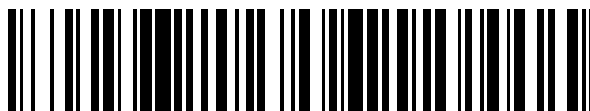


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 566**

51 Int. Cl.:

F01N 3/08 (2006.01)

F01N 3/36 (2006.01)

F02D 41/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.07.2011 PCT/JP2011/066628**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.01.2013 WO13008342**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2011 E 11826104 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2706207**

54 Título: **Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.07.2018

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

72 Inventor/es:
BISAIJI, YUKI;
YOSHIDA, KOHEI;
INOUE, MIKIO y
UMEMOTO, KAZUHIRO

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 675 566 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna

Campo técnico

5 La presente invención está relacionada con un método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna.

Antecedentes de la técnica

10 En la técnica se conoce un motor de combustión interna que dispone, en un pasaje de escape de motor, un catalizador de almacenamiento de NOx que almacena NOx que está contenido en el gas de escape cuando la relación aire-combustible del gas de escape que fluye entrando es pobre y que libera el NOx almacenado cuando la relación aire-combustible del gas de escape que fluye entrando se vuelve rica, que dispone una válvula de adición de combustible en el pasaje de escape de motor aguas arriba del catalizador de almacenamiento de NOx, que dispone un sensor de relación aire-combustible dentro del pasaje de escape de motor aguas abajo del catalizador de almacenamiento de NOx, y que alimenta combustible desde la válvula de adición de combustible al interior del pasaje de escape de motor para hacer rica la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al catalizador de almacenamiento de NOx cuando se libera NOx desde el catalizador de almacenamiento de NOx (por ejemplo, véase el documento de patente JP 2009-221939 A).

15 En este sentido, en este motor de combustión interna, por ejemplo, si se tapona la válvula de adición de combustible, la cantidad de alimentación de combustible cuando se alimenta combustible desde la válvula de adición de combustible para liberar NOx se vuelve más pequeña comparada con la cantidad de alimentación de combustible cuando la válvula de adición de combustible no está taponada. Como resultado, en este momento, la relación aire-combustible del gas de escape que fluye afuera del catalizador de almacenamiento de NOx se convierte en el lado pobre comparado con la relación aire-combustible cuando la válvula de adición de combustible no está taponada. Por lo tanto, en este motor de combustión interna, la relación aire-combustible del gas de escape cuando se alimenta combustible desde la válvula de adición de combustible para liberación de NOx es detectada por el sensor de relación aire-combustible. Cuando la relación aire-combustible del gas de escape que es detectada por el sensor de relación aire-combustible se convierte en el lado pobre comparado con la relación aire-combustible cuando la válvula de adición de combustible no está taponada, se dictamina que hay una anomalía en la válvula de adición de combustible.

20 Además, el documento de patente EP 1 544 429 A1 describe que en un pasaje de escape de un motor de combustión interna se dispone un catalizador de purificación de escape para purificar NOx bajo una relación aire-combustible pobre. Como portador de catalizador de este catalizador de purificación de escape, se usa alúmina, que tiene puntos base sobre la superficie de portador. La superficie de la alúmina se hace para que lleve platino dispersado sobre ella sin formar una capa de un absorbente de NOx que puede absorber NOx. La relación aire-combustible del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape se cambia temporalmente de pobre a rica antes de que la superficie entera del platino sufra envenenamiento de oxígeno.

25 Adicionalmente, el documento de patente EP 2 148 050 A1 describe que en un motor de combustión interna, en el pasaje de escape de motor se dispone un catalizador de reducción selectiva de NOx, y aguas arriba del catalizador de reducción selectiva de NOx se dispone un catalizador de almacenamiento de NOx que puede almacenar NOx contenido en el gas de escape. El catalizador de almacenamiento de NOx es alimentado con neblina de combustible, y el NOx almacenado en el catalizador de almacenamiento de NOx y el combustible alimentado se usan para producir un producto intermedio que comprende moléculas unidas que comprenden NH₂ y una molécula de hidrocarburo más que una relación equivalente con respecto a una molécula de NOx. Estos productos intermedios son adsorbidos en el catalizador de reducción selectiva de NOx, por lo que el producto intermedio adsorbido reduce el NOx en el gas de escape.

45 Compendio de la invención**Problema técnico**

Sin embargo, si este catalizador de almacenamiento de NOx llega a una alta temperatura, la tasa de purificación de NOx termina cayendo. Por lo tanto, existe el problema de que si el catalizador de almacenamiento de NOx llega a una alta temperatura, no se puede obtener una alta tasa de purificación de NOx.

50 Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna que pueda dar una alta tasa de purificación de NOx incluso cuando el catalizador de purificación de escape llega a una alta temperatura.

Solución al problema

El objeto anterior se resuelve mediante el tema de asunto de la reivindicación 1. Además a partir de las reivindicaciones dependientes se pueden extraer configuraciones ventajosas de la invención.

5 Según la presente invención, se proporciona un método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna en el que en un pasaje de escape de motor se dispone una válvula de alimentación de hidrocarburo para alimentar hidrocarburos, en el pasaje de escape de motor aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburo se dispone un catalizador de purificación de escape para hacer reaccionar NOx contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados, en el pasaje de escape de motor aguas abajo del catalizador de purificación de escape se dispone un sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo para detectar una relación más larga que el intervalo predeterminado, en el momento de funcionamiento de motor, la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape se hace que vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y al ser aumentado en cantidad de almacenamiento de NOx que está contenido en el gas de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburo se hace más largo que el intervalo predeterminado, en el momento de funcionamiento de motor, la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape se hace que vibre con el intervalo predeterminado de periodo por control de un periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo, y se hace que la amplitud del cambio de concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape esté dentro del intervalo predeterminado de amplitud por control de una cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo sobre la base de una señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo, en donde en dicho catalizador de purificación de escape, reacciona NOx contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados, por lo que se produce un producto intermedio de reducción que contiene nitrógeno e hidrocarburos y en donde el periodo de inyección de los hidrocarburos es un periodo necesario para producción continua del producto intermedio de reducción.

Efectos ventajosos de la invención

30 Es posible obtener una alta tasa de purificación de NOx incluso si el catalizador de purificación de escape va a una alta temperatura.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista general de un motor de combustión interna tipo ignición por compresión.

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

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

35 La figura 4 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gas de escape que fluye a un catalizador de purificación de escape.

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

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

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

La figura 8 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gas de escape que fluye a un catalizador de purificación de escape.

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

45 La figura 10 es una gráfica de tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gas de escape que fluye a un catalizador de purificación de escape.

La figura 11 es una gráfica de tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gas de escape que fluye a un catalizador de purificación de escape.

50 La figura 12 es una vista que muestra una relación entre una resistencia a la oxidación de un catalizador de purificación de escape y una relación aire-combustible mínima demandada X.

La figura 13 es una vista que muestra una relación entre una concentración de oxígeno en el gas de escape y una amplitud ΔH de una concentración de hidrocarburo que da la misma tasa de purificación de NOx.

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

- 5 La figura 15 es una vista que muestra una relación de un periodo de vibración ΔT de una concentración de hidrocarburo y una tasa de purificación de NOx.

La figura 16 es una vista que muestra un cambio en la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape etc.

La figura 17 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de NOx que escapa NOXA.

- 10 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 un objetivo de relación aire-combustible base.

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

- 15 Las figuras 22A y 22B son gráficas de tiempo que muestran cambios en la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape.

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

La figura 24 es una vista que muestra una salida de un sensor de relación aire-combustible.

La figura 25 es un diagrama de flujo para control operacional.

Las figuras 26 y 27 son diagramas de flujo que muestran una realización del control operacional I.

- 20 Las figuras 28 y 29 son diagramas de flujo que muestran otra realización del control operacional I.

La figura 30 es un diagrama de flujo que muestra todavía otra realización del control operacional I.

La figura 31 es una vista que muestra cambios en los que la relación aire-combustible de los flujos de gas de escape afuera del catalizador de purificación de escape.

Las figuras 32 y 33 son diagramas de flujo para ejecutar control rico II.

- 25 La figura 34 es una vista que muestra un cambio en un coeficiente de corrección K.

La figura 35 es una vista que muestra otra realización de una parte rodeada por A en los diagramas de flujo que se muestran en las figuras 26 y 27.

Las figuras 36A, 36B y 36c son vistas que muestran cambios en la relación aire-combustible que son detectados por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

- 30 La figura 37 es una vista que muestra regiones predeterminadas A y B.

La figura 38 es una vista que muestra todavía otra realización de una parte que está rodeada por A en los diagramas de flujo que se muestran en las figuras 26 y 27.

Descripción de realizaciones

La figura 1 es una vista general de un motor de combustión interna tipo ignición por compresión.

- 35 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 electrónicamente para inyectar combustible en cada cámara de combustión 2, 4 un colector de admisión, y 5 un colector de escape. El colector de admisión 4 se conecta a través de un conducto de admisión 6 a una salida de un compresor 7a de un turbocargador de escape 7, mientras que una entrada del compresor 7a se conecta a través de un detector de cantidad de aire de admisión 8 a un filtro de aire 9. Dentro del
- 40 conducto de admisión 6, se dispone una válvula estranguladora 10 impulsada por un motor de pasos. Además, alrededor del conducto de admisión 6, se dispone un dispositivo de refrigeración 11 para refrigerar el aire de admisión que fluye a través del interior del conducto de admisión 6. En el ejemplo mostrado en la figura 1, el agua de refrigeración de motor es guiada al interior del dispositivo de refrigeración 11 donde el agua de refrigeración de motor es usada para refrigerar el aire de admisión.

Por otro lado, el colector de escape 5 se conecta a una entrada de una turbina de escape 7b del turbocargador de escape 7. Una salida de la turbina de escape 7b se conecta a través de un tubo de escape 12a a una entrada del catalizador de purificación de escape 13, mientras que una salida del catalizador de purificación de escape 13 se conecta a través de un tubo de escape 12b a un filtro de partículas 14 para atrapar partículas que están contenidas en el gas de escape.

Dentro del tubo de escape 12a aguas arriba del catalizador de purificación de escape 13, se dispone una válvula de alimentación de hidrocarburo 15 para alimentar hidrocarburos que comprenden gasóleo u otro combustible usado como combustible para un motor de combustión interna tipo ignición por compresión. En el ejemplo mostrado en la figura 1, se usa gasóleo como hidrocarburos que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15. Obsérvese que, la presente invención también puede ser aplicada a un motor de combustión interna tipo ignición por chispa en el que se quema combustible bajo una relación aire-combustible pobre. En este caso, desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se alimentan hidrocarburos que comprenden gasolina u otro combustible usado como combustible de un motor de combustión interna tipo ignición por chispa.

Por otro lado, el colector de escape 5 y el colector de admisión 4 se conectan entre sí a través de un pasaje de recirculación de gas de escape (más adelante en esta memoria se le hace referencia como un "EGR") 16. Dentro del pasaje EGR 16, se dispone una válvula de control EGR controlada electrónicamente 17. Dentro del pasaje EGR 16, se dispone una válvula de control EGR controlada electrónicamente 17. Además, alrededor del pasaje EGR 16, se dispone un dispositivo de refrigeración 18 para refrigerar gas EGR que fluye a través del interior del pasaje EGR 16. En el ejemplo mostrado en la figura 1, el agua de refrigeración de motor es guiada al interior del dispositivo de refrigeración 18 donde el agua de refrigeración de motor es usada para enfriar el gas EGR. Por otro lado, cada inyector de combustible 3 se conecta a través de un tubo de alimentación de combustible 19 a un conducto común 20. Este conducto común 20 se conecta a través de una bomba de combustible de descarga variable controlada electrónicamente 21 a un depósito de combustible 22. El combustible que está almacenado dentro del depósito de combustible 22 es alimentado por la bomba de combustible 21 al interior del conducto común 20. El combustible que se alimenta al interior del conducto común 20 es alimentado a través de cada tubo de alimentación de combustible 19 al inyector de combustible 3.

Una unidad de control electrónico 30 comprende un ordenador digital provisto de una ROM (memoria de solo lectura) 32, una RAM (memoria de acceso aleatorio) 33, una CPU (microprocesador) 34, un puerto de entrada 35, y un puerto de salida 36, que se conectan entre sí mediante un bus bidireccional 31. Dentro del tubo de escape 12a aguas arriba de la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, se dispone un sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 para detectar una relación aire-combustible del gas de escape que escapa del motor, mientras que dentro del tubo de escape 12b aguas abajo del catalizador de purificación de escape 13, se dispone un sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 para detectar una relación aire-combustible del gas de escape que fluye afuera del catalizador de purificación de escape 13. Además, aguas abajo del catalizador de purificación de escape 13, se dispone un sensor de temperatura 24 para detectar la temperatura del catalizador de purificación de escape 13, mientras que en el filtro de partículas 14, se conecta un sensor de presión diferencial 26 para detectar una presión diferencial antes y después del filtro de partículas 14. Las señales de salida de estos sensores de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23, sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24, sensor de temperatura 25, sensor de presión diferencial 26, y detector de cantidad de aire de admisión 8 se aportan a través de convertidores respectivamente correspondientes AD 37 al puerto de entrada 35.

Además, un pedal de acelerador 40 tiene un sensor de carga 41 conectado a él que genera una tensión de salida proporcional a la cantidad de opresión L del pedal de acelerador 40. La tensión de salida del sensor de carga 41 se aporta a través de un convertidor AD correspondiente 37 al puerto de entrada 35. Además, en el puerto de entrada 35 se conecta un sensor de ángulo de cigüeñal 42 que genera un impulso de salida cada vez que rota un cigüeñal, por ejemplo, 15°. Por otro lado, el puerto de salida 36 se conecta a través de circuitos impulsores correspondientes 38 a cada inyector de combustible 3, motor de pasos para impulsar la válvula estranguladora 10, la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, la válvula de control EGR 17 y la bomba de combustible 21.

La figura 2 muestra esquemáticamente una parte de superficie de un portador de catalizador que es llevado sobre un sustrato del catalizador de purificación de escape 13. En este catalizador de purificación de escape 13, como se muestra en la figura 2, por ejemplo, se proporciona un portador de catalizador 50 hecho de alúmina sobre el que se llevan catalizadores de metales preciosos 51 y 52. Además, sobre este portador de catalizador 50, se forma una capa básica 53 que incluye al menos un elemento seleccionado de potasio K, sodio Na, cesio Cs, u otro metal alcali, bario Ba, calcio Ca, u otro metal alcalinotérreo, un lantánido u otra tierra rara y plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, iridio Ir, u otro metal que pueda donar electrones a NOx. El gas de escape fluye a lo largo de la parte superior del portador de catalizador 50, por lo que se puede decir que los catalizadores de metales preciosos 51 y 52 son llevados sobre la superficie de flujo de gas de escape del catalizador de purificación de escape 13. Además, la superficie de la capa básica 53 exhibe basicidad, por lo que la superficie de la capa básica 53 se llama la parte básica de superficie de flujo de gas de escape 54.

Por otro lado, en la figura 2, el catalizador de metales preciosos 51 comprende platino Pt, mientras que el catalizador de metales preciosos 52 comprende rodio Rh. Esto es, los catalizadores de metales preciosos 51 y 52 que son llevados sobre el portador de catalizador 50 comprenden platino Pt y rodio Rh. Obsérvese que, sobre el portador de

catalizador 50 del catalizador de purificación de escape 13, además de platino Pt y rodio Rh, puede ser llevado paladio Pd o, en lugar de rodio Rh, puede ser llevado paladio Pd. Esto es, los catalizadores de metales preciosos 51 y 52 que son llevados sobre el portador de catalizador 50 comprenden platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.

5 Si se inyectan hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 al gas de escape, los hidrocarburos son reformados por el catalizador de purificación de escape 13. En la presente invención, en este momento, los hidrocarburos reformados se usan para retirar el NOx en el catalizador de purificación de escape 13. La figura 3 muestra esquemáticamente la acción reformadora realizada en el catalizador de purificación de escape 13 en este momento. Como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos HC que son inyectados desde la válvula de
10 alimentación de hidrocarburo 15 se convierten en radicales de hidrocarburos HC con un pequeño número de carbono por el catalizador 51.

La figura 4 muestra la temporización de alimentación de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 y el cambio en la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13. Obsérvese que, los cambios en la relación aire-combustible (A/C) entrada dependen del cambio en la concentración de los hidrocarburos en el gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13, por lo que se puede decir que el cambio en la relación aire-combustible (A/C) entrada mostrado en la
15 figura 4 expresa el cambio en la concentración de los hidrocarburos. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos se vuelve más alta, la relación aire-combustible (A/C) entrada se vuelve más pequeña, por lo que, en la figura 4, cuanto más vaya al lado rico la relación aire-combustible (A/C) entrada, mayor será la concentración de
20 hidrocarburos.

La figura 5 muestra la tasa de purificación de NOx por el catalizador de purificación de escape 13 con respecto a las temperaturas de catalizador del catalizador de purificación de escape 13 cuando se hace cambiar periódicamente la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 para hacer, como se muestra en la figura 4, que cambie la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape que fluye al
25 catalizador de purificación de escape 13. Los inventores se implicaron durante mucho tiempo en investigación relacionada con purificación de NOx. En el proceso de investigación, aprendieron que si se hace que la concentración de los hidrocarburos vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13, como se muestra en la figura 5, se obtiene una tasa de purificación de NOx extremadamente alta incluso en una región de temperatura alta
30 de 400 °C o más alta.

Además, en este momento, sobre la superficie de la capa básica 53 se mantiene o adsorbe una gran cantidad de producto intermedio de reducción que contiene nitrógeno e hidrocarburos, esto es, sobre la parte básica de superficie de flujo de gas de escape 54 del catalizador de purificación de escape 13. Se aprende que este producto intermedio de reducción juega un papel central para obtener una alta tasa de purificación de NOx. A continuación,
35 esto se explicará con referencia a las figuras 6A y 6B. Obsérvese que, estas figuras 6A y 6B muestran esquemáticamente la parte de superficie del portador de catalizador 50 del catalizador de purificación de escape 13. Estas figuras 6A y 6B muestran la reacción que se presume que ocurre cuando se hace que la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

40 La figura 6A muestra cuando es baja la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13, mientras que la figura 6B muestra cuando se alimentan hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 y se vuelve más alta la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13.

Ahora, como se entenderá a partir de la figura 4, la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 es mantenida pobre excepto por un instante, por lo que el gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 normalmente pasa a un estado de exceso de oxígeno. Por lo tanto, el NO que está contenido en el gas de escape, como se muestra en la figura 6A, se oxida sobre el platino 51 y se convierte en NO₂. A continuación, este NO₂ se oxida aún más y se convierte en NO₃. Además parte del NO₂ se convierte en NO₂⁻. En este caso, la cantidad de producción de NO₃ es bastante mayor que la cantidad de producción de NO₂⁻. Por lo tanto, sobre el platino Pt 51, se produce una gran cantidad de NO₃ y una pequeña cantidad de NO₂⁻. Estos NO₃ y NO₂⁻ son de fuerte actividad. A continuación, a estos NO₃ y NO₂⁻ se les hace referencia como el NOx* activo.
50

Por otro lado, si se alimentan hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos son reformados y son radicalizados dentro del catalizador de purificación de escape 13. Como resultado, como se muestra en la figura 6B, la concentración de hidrógeno alrededor del NOx activo se vuelve más alta. En este sentido, si, después de que se produce el NOx activo, continúa el estado de una alta concentración de oxígeno alrededor del NOx activo durante un tiempo constante o más, el NOx activo se oxida y es absorbido en forma de iones de nitrato NO₃⁻ dentro de la capa básica 53. Sin embargo, si, antes de que trascurra este tiempo constante, se vuelve más alta la concentración de hidrocarburo alrededor del NOx activo, como se muestra en la figura 6B, el NOx activo reacciona sobre el platino 51 con los radicales de hidrocarburos HC para
60

formar de ese modo el producto intermedio de reducción. Este producto intermedio de reducción se adhiere o es adsorbido sobre la superficie de la capa básica 53.

Obsérvese que, en este momento, el primer producto intermedio de reducción producido se considera que es un compuesto nitrilo R-NO₂. Si se produce este compuesto nitrilo R-NO₂, el resultado se convierte en un compuesto nitrilo R-CN, pero este compuesto nitrilo R-CN únicamente puede sobrevivir un instante en este estado, por lo que se convierte inmediatamente en un compuesto isocianato R-NCO. Este compuesto isocianato R-NCO se convierte en un compuesto amina R-NH₂ si se hidroliza. Sin embargo, en este caso, lo que se hidroliza se considerado parte del compuesto isocianato R-NCO. Por lo tanto, como se muestra en la figura 6B, se cree que la mayoría del producto intermedio de reducción que es mantenida o adsorbida sobre la superficie de la capa básica 53 es el compuesto isocianato R-NCO y compuesto amina R-NH₂.

Por otro lado, como se muestra en la figura 6B, si el producto intermedio de reducción producido es rodeado por los hidrocarburos HC, el producto intermedio de reducción es bloqueado por los hidrocarburos HC y la reacción ya no continuará más. En este caso, si se reduce la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 y de ese modo la concentración de oxígeno se vuelve más alta, se oxidarán los hidrocarburos alrededor del producto intermedio de reducción. Como resultado, como se muestra en la figura 6A, el producto intermedio de reducción y el NO_x activo reaccionan. En este momento, el NO_x activo reacciona con el producto intermedio de reducción R-NCO o R-NH₂ para convertirse en N₂, CO₂, H₂O, por lo tanto se retira el NO_x.

De esta manera, en el catalizador de purificación de escape 13, al hacer más alta la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13, se produce un producto intermedio de reducción. La concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 se reduce y la concentración de oxígeno se eleva de modo que el NO_x activo reacciona con el producto intermedio de reducción y se retira el NO_x. Esto es, a fin de que el catalizador de purificación de escape 13 retire el NO_x, la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 tiene que ser cambiada periódicamente.

Por supuesto, en este caso, se necesita subir la concentración de los hidrocarburos a una concentración suficientemente alta como para producir el producto intermedio de reducción y se necesita bajar la concentración de los hidrocarburos a una concentración suficientemente baja como para hacer que el producto intermedio de reducción producido reaccione con el NO_x activo. Esto es, se necesita hacer que la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud. Obsérvese que, en este caso, se necesita mantener una cantidad suficiente de producto intermedio de reducción R-NCO o R-NH₂ sobre la capa básica 53, esto es, la parte básica de superficie de flujo de gas de escape 24, hasta que el producto intermedio de reducción producido reacciona con el NO_x activo. Por esta razón se proporciona la parte básica de superficie de flujo de gas de escape 24.

Por otro lado, si se alarga el periodo de alimentación de los hidrocarburos, el tiempo en el que la concentración de oxígeno se vuelve más alta se vuelve más largo en el periodo después de que se alimenten los hidrocarburos hasta que los hidrocarburos se alimentan a continuación. Por lo tanto, el NO_x* activo es absorbido en la capa básica 53 en forma de nitratos sin producir un producto intermedio de reducción. Para evitar esto, se necesita hacer que la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 vibre dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

Por lo tanto, en la presente invención, para hacer que reaccione el NO_x contenido en el gas de escape y los hidrocarburos reformados y producir el producto intermedio de reducción R-NCO o R-NH₂ que contiene nitrógeno e hidrocarburos, los catalizadores de metales preciosos 51 y 52 son llevados sobre la superficie de flujo de gas de escape del catalizador de purificación de escape 13. Para mantener el producto intermedio de reducción producido R-NCO o R-NH₂ dentro del catalizador de purificación de escape 13, se forma una parte básica de superficie de flujo de gas de escape 54 alrededor de los catalizadores de metales preciosos 51 y 52. El NO_x se reduce para la acción reductora del producto intermedio de reducción R-NCO o R-NH₂ mantenido sobre la parte básica de superficie de flujo de gas de escape 54, y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburo se hace el periodo de vibración requerido para continuación de la producción del producto intermedio de reducción R-NCO o R-NH₂. A propósito, en el ejemplo mostrado en la figura 4, el intervalo de inyección se hace de 3 segundos.

Si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburo, esto es, el periodo de alimentación de los hidrocarburos HC, se hace más largo que el intervalo predeterminado de periodo anterior, el producto intermedio de reducción R-NCO o R-NH₂ desaparece de la superficie de la capa básica 53. En este momento, el NO_x activo que se produce sobre el platino Pt 53, como se muestra en la figura 7A, se difunde en la capa básica 53 en forma de iones de nitrato NO₃⁻ y se convierte en nitratos. Esto es, en este momento, el NO_x en el gas de escape es absorbido en forma de nitratos dentro de la capa básica 53.

Por otro lado, la figura 7B muestra el caso donde la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 se hace la relación aire-combustible estequiométrica o rica cuando el NO_x es absorbido en forma de nitratos dentro de la capa básica 53. En este caso, cae la concentración de oxígeno en el gas de escape, por lo que la reacción procede en sentido opuesto (NO₃⁻→NO₂), y en consecuencia los nitratos

absorbidos en la capa básica 53 se convierten en iones de nitrato NO_3^- uno a uno y, como se muestra en la figura 7B, se liberan desde la capa básica 53 en forma de NO_2 . A continuación, el NO_2 liberado es reducido por los hidrocarburos HC y CO contenidos en el gas de escape.

5 La figura 8 muestra el caso de hacer la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 temporalmente rica ligeramente antes de que se sature la capacidad de absorción de NO_x de la capa básica 53. Obsérvese que, en el ejemplo mostrado en la figura 8, el intervalo de tiempo de este control rico es 1 minuto o más.

10 En este caso, el NO_x que fue absorbido en la capa básica 53 cuando la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape era pobre se libera todo de una vez desde la capa básica 53 y se reduce cuando la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape se hace temporalmente rica. Por lo tanto, en este caso, la capa básica 53 juega el papel de un absorbente para absorber temporalmente NO_x .

15 Obsérvese que, en este momento, a veces la capa básica 53 adsorbe temporalmente el NO_x . Por lo tanto, si se usa la expresión de almacenamiento como expresión que incluye tanto absorción como adsorción, en este momento, la capa básica 53 realiza el papel de un agente de almacenamiento de NO_x para almacenar temporalmente el NO_x . Esto es, en este caso, si la relación del aire y el combustible (hidrocarburos) que son suministrados al pasaje de admisión de motor, cámaras de combustión 2, y el pasaje de escape aguas arriba del catalizador de purificación de escape 13 se llama la relación aire-combustible del gas de escape, el catalizador de purificación de escape 13 funciona como catalizador de almacenamiento de NO_x que almacena el NO_x cuando la relación aire-combustible del gas de escape es pobre y libera el NO_x almacenado cuando cae la concentración de oxígeno en el gas de escape.

20 La figura 9 muestra la tasa de purificación de NO_x cuando se hace que el catalizador de purificación de escape 13 funcione como 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 de purificación de escape 13. Cuando se hace que el catalizador de purificación de escape 13 funcione como catalizador de almacenamiento de NO_x , como se muestra en la figura 9, cuando la temperatura de catalizador TC son de $300\text{ }^\circ\text{C}$ a $400\text{ }^\circ\text{C}$, se obtiene una tasa de purificación de NO_x extremadamente alta, pero cuando la temperatura de catalizador TC se vuelve una temperatura alta $400\text{ }^\circ\text{C}$ o más alta, la tasa de purificación de NO_x cae.

25 De esta manera, cuando la temperatura de catalizador TC llega a $400\text{ }^\circ\text{C}$ o más, la tasa de purificación de NO_x cae porque si la temperatura de catalizador TC llega a $400\text{ }^\circ\text{C}$ o más, los nitratos se descomponen por calor y son liberados en forma de NO_2 desde el catalizador de purificación de escape 13. Esto es, siempre que se almacena 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 en la figura 4 a las figuras 6A y 6B, como se entenderá de las figuras 6A y 6B, no se forman nitratos o incluso si se forman son extremadamente pequeños en cantidad, en consecuencia, 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 .

35 Por lo tanto, en la presente invención, se dispone una válvula de alimentación de hidrocarburo 15 para alimentar hidrocarburos dentro de un pasaje de escape de motor, aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 dentro del pasaje de escape de motor, se dispone un catalizador de purificación de escape 13 para hacer reaccionar NO_x contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 en el pasaje de escape de motor, catalizadores de metales preciosos 51 y 52 son
40 llevados sobre la superficie de flujo de gas de escape del catalizador de purificación de escape 13, se forma una parte básica de superficie de flujo de gas de escape 54 alrededor de los catalizadores de metales preciosos 51 y 52, el catalizador de purificación de escape 13 reduce el NO_x que está contenido en el gas de escape si la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 se hace que vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y al ser
45 aumentado en cantidad de almacenamiento de NO_x que está contenido en el gas de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburo se hace más largo que este intervalo predeterminado, y, en el momento de funcionamiento de motor, la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 se hace que vibre dentro del intervalo predeterminado de amplitud y con el intervalo predeterminado de periodo para reducir de ese modo el NO_x que está contenido en el gas de escape en el
50 catalizador de purificación de escape 13, según la reivindicación 1.

55 Esto es, se puede decir que el método de purificación de NO_x que se muestra en la figura 4 a las figuras 6A y 6B es un nuevo método de purificación de NO_x diseñado para retirar NO_x sin formar casi nitratos en el caso de usar un catalizador de purificación de escape que lleva catalizadores de metales preciosos y forma una capa básica que puede absorber NO_x . En realidad, cuando se usa este nuevo método de purificación de NO_x , los nitratos que son detectados de la capa básica 53 se vuelven mucho más pequeños en cantidad comparados con el caso en el que se hace que el catalizador de purificación de escape 13 funcione como catalizador de almacenamiento de NO_x . Obsérvese que, a este nuevo método de purificación de NO_x se le hace referencia como el primer método de purificación de NO_x .

A continuación, haciendo referencia de la figura 10 a la figura 15, se explicará un poco más en detalle este primer

método de purificación de NOx.

La figura 10 muestra agrandado el cambio en la relación aire-combustible (A/C)entrada mostrada en la figura 4. Obsérvese que, como se ha explicado anteriormente, el cambio en la relación aire-combustible (A/C)entrada del gas de escape que fluye a este catalizador de purificación de escape 13 muestra simultáneamente el cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13. Obsérvese que, en la figura 10, ΔH muestra la amplitud del cambio en la concentración de los hidrocarburos HC que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13, mientras que ΔT muestra el periodo de vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13.

Además, en la figura 10, (A/C)_b muestra la relación aire-combustible base que muestra la relación aire-combustible del gas de combustión para generar la salida de motor. En otras palabras, esta relación aire-combustible base (A/C)_b muestra la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 cuando se para la alimentación de hidrocarburos. Por otro lado, en la figura 10, X muestra el límite superior de la relación aire-combustible (A/C)entrada usado para producir el producto intermedio de reducción sin que el NOx activo producido sea almacenado del todo en forma de nitratos dentro de la capa básica 53. Para hacer que el NOx activo y los hidrocarburos reformados reaccionen para producir un producto intermedio de reducción, la relación aire-combustible (A/C)entrada tiene que hacerse menor que 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 los hidrocarburos requeridos para hacer que el NOx activo e hidrocarburos reformados reaccionen para producir un producto intermedio de reducción. Para producir el producto intermedio de reducción, la concentración de los hidrocarburos tiene que hacerse más alta que este límite inferior X. En este caso, si se produce el producto intermedio de reducción es determinado por la relación de la concentración de oxígeno y concentración de hidrocarburo alrededor del NOx activo, esto es, la relación aire-combustible (A/C)entrada. El límite superior X de la relación aire-combustible requerido para producir el producto intermedio de reducción se llamará más adelante la relación aire-combustible mínima demandada.

En el ejemplo mostrado en la figura 10, la relación aire-combustible mínima demandada X es rica, por lo tanto, en este caso, para formar el producto intermedio de reducción, la relación aire-combustible (A/C)entrada se hace instantáneamente la relación aire-combustible mínima demandada X o menos, esto es, rica. A diferencia de esto, en el ejemplo mostrado en la figura 11, la relación aire-combustible mínima demandada X es pobre. En este caso, la relación aire-combustible (A/C)entrada es mantenida pobre mientras se reduce periódicamente la relación aire-combustible (A/C)entrada para formar el producto intermedio de reducción.

En este caso, que la relación aire-combustible mínima demandada X se vuelva rica o se vuelva pobre depende de la resistencia a la oxidación del catalizador de purificación de escape 13. En este caso, el catalizador de purificación de escape 13, por ejemplo, se hace más fuerte en resistencia a la oxidación si se aumenta la cantidad llevada del metal precioso 51 y se vuelve más fuerte en resistencia a la oxidación si se fortalece la acidez. Por lo tanto, la resistencia a la oxidación del catalizador de purificación de escape 13 cambia debido a la cantidad llevada del metal precioso 51 o la fuerza de la acidez.

Ahora, si se usa un catalizador de purificación de escape 13 con una fuerte resistencia a la oxidación, como se muestra en la figura 11, si se mantiene pobre la relación aire-combustible (A/C)entrada mientras se baja periódicamente la relación aire-combustible (A/C)entrada, los hidrocarburos terminan oxidándose completamente cuando se reduce la relación aire-combustible (A/C)entrada. Como resultado, ya no se puede producir un producto intermedio de reducción. A diferencia de esto, cuando se usa un catalizador de purificación de escape 13 con una fuerte resistencia a la oxidación, como se muestra en la figura 10, si se hace rica periódicamente la relación aire-combustible (A/C)entrada, cuando se hace rica la relación aire-combustible (A/C)entrada, parte de los hidrocarburos no se oxidarán completamente, pero se oxidarán parcialmente, esto es, los hidrocarburos se reformarán, en consecuencia se producirá un producto intermedio de reducción. Por lo tanto, cuando se usa un catalizador de purificación de escape 13 con una fuerte resistencia a la oxidación, la relación aire-combustible mínima demandada X tiene que hacerse rica.

Por otro lado, cuando se usa un catalizador de purificación de escape 13 con una débil resistencia a la oxidación, como se muestra en la figura 11, si se mantiene pobre la relación aire-combustible (A/C)entrada mientras se baja periódicamente la relación aire-combustible (A/C)entrada, parte de los hidrocarburos no se oxidarán completamente, sino que se oxidarán parcialmente, esto es, los hidrocarburos se reformarán, y en consecuencia se producirá un producto intermedio de reducción. A diferencia de esto, cuando se usa un catalizador de purificación de escape 13 con una débil resistencia a la oxidación, como se muestra en la figura 10, si se hace rica la relación aire-combustible (A/C)entrada periódicamente, una gran cantidad de hidrocarburos escapará del catalizador de purificación de escape 13 sin ser oxidados y en consecuencia aumentará la cantidad de hidrocarburos que se consumen desperdiciadamente. Por lo tanto, cuando se usa un catalizador de purificación de escape 13 con una débil resistencia a la oxidación, la relación aire-combustible mínima demandada X tiene que hacerse pobre.

Esto es, se aprende que la relación aire-combustible mínima demandada X, como se muestra en la figura 12, tiene que ser reducida cuanto más fuerte es la resistencia a la oxidación del catalizador de purificación de escape 13. De

esta manera la relación aire-combustible mínima demandada X se vuelve pobre o rica debido a la resistencia a la oxidación del catalizador de purificación de escape 13. A continuación, tomando como ejemplo el caso en el que la relación aire-combustible mínima demandada X es rica, se explicará la amplitud del cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 y el periodo de vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13.

Ahora, si la relación aire-combustible base (A/C)_b se vuelve más grande, esto es, si la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos se vuelve más alta, aumenta la cantidad de alimentación de hidrocarburos requerida para hacer la relación aire-combustible (A/C) entrada la relación aire-combustible mínima demandada X o menos y junto con esto también aumenta el exceso de cantidad de hidrocarburos que no contribuye a la producción del producto intermedio de reducción. En este caso, para retirar bien el NO_x, como se ha explicado anteriormente, se necesita hacer que el exceso de hidrocarburos se oxide. Por lo tanto, para retirar bien el NO_x, cuanto más grande es la cantidad de exceso hidrocarburos, más grande es la cantidad de oxígeno que se requiere.

En este caso, si se sube la concentración de oxígeno en el gas de escape, se puede aumentar la cantidad de oxígeno. Por lo tanto, para retirar bien el NO_x, cuando es alta la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de alimentar los hidrocarburos, se necesita subir la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de alimentar los hidrocarburos. Esto es, cuanto más alta es la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de alimentar los hidrocarburos, más grande se tiene que hacer la amplitud de la concentración de hidrocarburos.

La figura 13 muestra la relación entre la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de alimentar los hidrocarburos y la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburo cuando se obtiene la misma tasa de purificación de NO_x. Para obtener la misma tasa de purificación de NO_x, de la figura 13, se aprende que cuanto más alta es la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de alimentar los hidrocarburos, mayor se tiene que hacer la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos. Esto es, para obtener la misma tasa de purificación de NO_x, cuanto más alta es la relación aire-combustible base (A/C)_b, mayor se tiene que hacer la amplitud ΔT de la concentración de hidrocarburo. En otras palabras, para retirar bien el NO_x, cuanto más baja sea la relación aire-combustible base (A/C)_b, más se puede reducir la amplitud ΔT de la concentración de hidrocarburo.

En este sentido, la relación aire-combustible base (A/C)_b se vuelve la más baja en el momento de una operación de aceleración. En este momento, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburo es aproximadamente 200 ppm, es posible retirar bien el NO_x. La relación aire-combustible base (A/C)_b es normalmente mayor que el tiempo de operación de aceleración. Por lo tanto, como se muestra en la figura 14, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburo es 200 ppm o más, se puede obtener una excelente tasa de purificación de NO_x.

Por otro lado, se aprende que cuando la relación aire-combustible base (A/C)_b es la más alta, si se hace que la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburo sea 10000 ppm o así, se obtiene una excelente tasa de purificación de NO_x. Por lo tanto, el intervalo predeterminado de la amplitud de la concentración de hidrocarburo se hace de 200 ppm a 10000 ppm.

Además, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburo se vuelve más largo, la concentración de oxígeno alrededor del NO_x activo se vuelve más alta en el periodo de tiempo después de alimentar los hidrocarburos a cuando los hidrocarburos son alimentados a continuación. En este caso, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburo se vuelve más largo que aproximadamente 5 segundos, la mayoría del NO_x activo empieza a ser absorbido en forma de nitratos dentro de la capa básica 53. Por lo tanto, como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburo se vuelve más largo que aproximadamente 5 segundos, la tasa de purificación de NO_x cae. Por lo tanto, el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburo tiene que hacerse de 5 segundos o menos.

Por otro lado, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburo se vuelve aproximadamente 0,3 segundos o menos, los hidrocarburos alimentados empiezan a acumularse sobre la superficie de flujo de gas de escape del catalizador de purificación de escape 13, por lo tanto, como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburo se vuelve aproximadamente 0,3 segundos o menos, la tasa de purificación de NO_x cae. Por lo tanto, en la presente invención, el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburo se hace de 0,3 segundos a 5 segundos.

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

En este segundo método de purificación de NO_x, como se muestra en la figura 16, cuando la cantidad de NO_x almacenado ΣNO_x del NO_x que es almacenado en la capa básica 53 supera una cantidad permisible predeterminada MAX, la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 se hace temporalmente rica. Si la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de

escape se hace rica, el NOx que estaba almacenado en la capa básica 53 cuando la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape era pobre se libera de la capa básica 53 todo de una vez y se reduce. Debido a esto, se retira el NOx.

5 La cantidad de NOx almacenado Σ NOX se calcula, por ejemplo, a partir de la cantidad de NOx que escapa del motor. La cantidad de NOx que escapa NOXA de NOx que escapa del motor por unidad de tiempo es almacenado por adelantado en la ROM 32 como función de la salida de par de motor Te y velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 17. La cantidad de NOx almacenado Σ NOX se calcula a partir de la cantidad de NOx de escape NOXA. En este caso, como se ha explicado anteriormente, el periodo durante el que la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape se hace rica es usualmente 1 minuto o más.

10 En este segundo método de purificación de NOx, como se muestra en la figura 18, el inyector de combustible 3 inyecta combustible adicional WR en la cámara de combustión 2 en adición a la salida de generación-uso de combustible Q de modo que se hace rica la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13. Obsérvese que, en la figura 18, la abscisa indica el ángulo de cigüeñal. Este combustible adicional WR se inyecta con una temporización con la que se quemará, pero no aparece como salida de motor, esto es, ligeramente antes de 90°DPMS después del punto muerto superior de compresión. Esta cantidad de combustible WR es almacenada por adelantado en la ROM 32 como función de la salida de par de motor Te y velocidad de motor N en forma de mapa tal como se muestra en la figura 19. Por supuesto, en este caso, también es posible hacer que aumente la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 para hacer rica la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape.

20 Ahora, volviendo de nuevo a la explicación del primer método de purificación de NOx, para usar el primer método de purificación de NOx para retirar bien el NOx como se ha explicado anteriormente, la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburo tienen que ser controlados adecuadamente. Esto es, para usar el primer método de purificación de NOx para retirar bien el NOx, se necesita controlar la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburo de modo que la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 se convierte en la relación aire-combustible mínima demandada X o menos, y se necesita controlar el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburo de 0,3 segundos a 5 segundos.

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

40 Ahora entonces, el grado de apertura óptimo de la válvula estranguladora 10 y el grado de apertura óptimo de la válvula de control EGR 17 según el estado de funcionamiento del motor se encuentran por adelantado mediante experimentos. Además, la relación aire-combustible base (A/C)b óptima que se obtiene cuando la válvula estranguladora 10 y la válvula de control EGR 17 se hacen los grados de apertura óptima también se encuentra por adelantado mediante experimentos. La figura 20A muestra la relación aire-combustible base (A/C)b óptima que se encuentra mediante experimentos como función de la velocidad de motor N y la salida de par de motor Te. Obsérvese que, las líneas continuas en la figura 20A expresan las líneas de relación aire-combustible equivalentes de las relaciones aire-combustible mostradas por los valores numéricos.

45 En el momento de funcionamiento de motor, la cantidad de inyección de combustible desde el inyector de combustible 3 se controla de modo que la relación aire-combustible del gas de escape que escapa del motor se convierte en la relación aire-combustible base (A/C)b óptima que se muestra en la figura 20A. Obsérvese que, la relación aire-combustible base (A/C)b óptima que se muestra en la figura 20A es almacenada por adelantado en la ROM 32 como función de la velocidad de motor N y la salida de par de motor Te en forma de mapa tal como se muestra en la figura 20B.

50 Además, el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo ΔT y el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo WT que dan la tasa de purificación de NOx más alta cuando la acción de purificación de NOx es realizada por el primer método de purificación de NOx se encuentran por adelantado mediante experimentos. La figura 21A muestra el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo ΔT que se encuentra mediante experimentos como función de la velocidad de motor N y la salida de par de motor Te. Obsérvese que, las líneas continuas en la figura 21A muestran el periodo de inyección de hidrocarburos equivalente. Como se entenderá a partir de la figura 21A, el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo ΔT se vuelve más corto cuanto menor es la velocidad de motor N y se vuelve más corto cuanto más alta es la salida de par de motor Te.

El periodo de inyección de hidrocarburo óptimo ΔT que se muestra en la figura 21A es almacenado por adelantado en la ROM 32 como función de la velocidad de motor N y la salida de par de motor Te en forma de mapa tal como se

muestra en la figura 21B. Además, el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo WT que se encuentra mediante experimentos también es almacenado por adelantado en la ROM 32 como función de la velocidad de motor N y la salida de par de motor Te en forma de mapa tal como se muestra en la figura 20C.

5 La figura 22A muestra un cambio de la relación aire-combustible (A/C)entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 cuando el periodo de inyección de hidrocarburo se hace el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo ΔT que se muestra en la figura 21B y el periodo de inyección de hidrocarburo se hace el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo WT que se muestra en la figura 21C, mientras que la figura 22B muestra un cambio en la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 en este momento.

10 Como se entenderá a partir de la figura 22A y la figura 22B, una relación aire-combustible de pico de lado rico (A/C)r de la relación aire-combustible (A/C)entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 se vuelve rica, mientras que una relación aire-combustible de pico de lado rico (A/C)p de la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 se vuelve pobre. Se cree que esto provoca que parte de los hidrocarburos que son suministrados se depositen una vez sobre el catalizador de purificación de escape 13, luego se evaporan con una diferencia de tiempo por la que se suavizan los cambios en la relación aire-combustible del gas de escape que fluye afuera del catalizador de purificación de escape 13, por lo que el valor de pico de la relación aire-combustible se vuelve más pequeño.

20 El pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)p que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 cuando el periodo de inyección de hidrocarburo se hace el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo ΔT que se muestra en la figura 21B y el periodo de inyección de hidrocarburo se hace el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo WT que se muestra en la figura 21C se encuentra por adelantado mediante experimentos. El pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)p que se encuentra por adelantado mediante experimentos es almacenado por adelantado como el objetivo de pico de relación aire-combustible (A/C)t con respecto a la diferentes estados de funcionamiento de motor. Esto objetivo de pico de relación aire-combustible (A/C)t es almacenado por adelantado en la ROM 32 como función de la velocidad de motor N y salida de par de motor Te en forma de mapa como se muestra en la figura 23.

25 La figura 24 muestra esquemáticamente la relación entre la corriente de salida I de los sensores de relación aire-combustible 23 y 24 y la relación aire-combustible. A partir de la figura 24, se entenderá que la corriente de salida I de los sensores de relación aire-combustible 23 y 24 cambia según la relación aire-combustible y por lo tanto es posible detectar la relación aire-combustible a partir de la corriente de salida I de los sensores de relación aire-combustible 23 y 24.

30 Si el periodo de inyección de hidrocarburo se desvía del periodo de inyección de hidrocarburo óptimo WT que se muestra en la figura 21C, el pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)p de la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 también se desvía del objetivo de pico de relación aire-combustible (A/C)t que se muestra en la figura 23. En este momento, si se controla el periodo de inyección de hidrocarburo, de modo que el pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)p de la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 se convierte en el objetivo de pico de relación aire-combustible (A/C)t que se muestra en la figura 23, el periodo de inyección de hidrocarburo se convierte en el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo WT que se muestra en la figura 21C y como resultado se puede asegurar la máxima tasa de purificación de NOx.

35 De esta manera, si se dispone el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 en el catalizador de purificación de escape 13, se hace posible usar la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 como la base para controlar el periodo de inyección de hidrocarburo al periodo de inyección de hidrocarburo óptimo. Por lo tanto, en la presente invención, el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 para detectar la relación aire-combustible del gas de escape se dispone en el pasaje de escape de motor aguas abajo del catalizador de purificación de escape 13, y la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se controla sobre la base de la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 de modo que la amplitud del cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluye al catalizador de purificación de escape 13 llega dentro de un intervalo predeterminado de amplitud.

45 Explicando esto un poco más en detalle, como se muestra en la figura 22A, cuando el periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se controla de modo que la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 vibra un intervalo predeterminado de periodo como se muestra en la figura 22B, también vibra la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24. En este caso, en la realización según la presente invención, cuando el pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)p que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 se convierte en lado pobre de la relación aire-combustible predeterminada (A/C)t, se hace que aumente la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, mientras que cuando el pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)p que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 se convierte en el lado rico de la relación aire-

combustible predeterminada (A/C)t, se hace que disminuya la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15.

A continuación se explicará la rutina de control operacional que se muestra en la figura 25. Obsérvese que, esta rutina es ejecutada por interrupción cada un periodo de tiempo fijo.

5 Haciendo referencia a la figura 25, primero, en la etapa 60, a partir de la señal de salida del sensor de temperatura 25 se dictamina si una temperatura TC del catalizador de purificación de escape 13 supera una temperatura de activación TCo. Cuando $TC < TCo$, esto es, cuando el catalizador de purificación de escape 13 no está activado, se dictamina que se debe usar el segundo método de purificación de NOx, entonces la rutina procede a la etapa 61. En la etapa 61, se calcula la cantidad de NOx NOXA de escape por unidad de tiempo a partir del mapa que se muestra en la figura 17. A continuación, en la etapa 62, la cantidad de NOx de escape NOXA se añade al ΣNOX para calcular la cantidad de NOx almacenado ΣNOX . A continuación, en la etapa 63, se dictamina si la cantidad de NOx almacenado ΣNOX supera el valor permisible MAX.

15 Cuando en la etapa 63 se dictamina que $\Sigma NOX \leq MAX$, la rutina procede a la etapa 64 donde se realiza procesamiento para inyectar combustible desde el inyector de combustible 3. En este momento, se inyecta combustible desde el inyector de combustible 3 para dar una relación aire-combustible pobre predeterminada que es determinada a partir del estado de funcionamiento del motor térmico. A diferencia de esto, cuando en la etapa 63 se dictamina que $\Sigma NOX > MAX$, la rutina procede a la etapa 65 donde se realiza el control rico I. Esto es, se calcula la cantidad de combustible adicional WR a partir del mapa que se muestra en la figura 19 y se realiza la acción de inyección de combustible adicional. En este momento, el NOx almacenado se libera del catalizador de purificación de escape 13. A continuación, en la etapa 66, se borra ΣNOX .

20 Por otro lado, cuando en la etapa 60 se dictamina que $TC \geq TCo$, esto es, cuando el catalizador de purificación de escape 13 está activado, la rutina procede a la etapa 67 donde se dictamina si $TC < TCo$ en el momento de la interrupción anterior. Cuando $TC < TCo$ en el momento de la interrupción anterior, esto es, cuando el catalizador de purificación de escape 13 está ahora activado, la rutina procede a la etapa 68 donde se realiza el control rico II. En este momento también se calcula la cantidad de combustible adicional WR a partir del mapa que se muestra en la figura 19, se realiza la acción de inyección del combustible adicional, y el NOx almacenado se libera del catalizador de purificación de escape 13. A continuación, en la etapa 69, se borra ΣNOX .

25 A diferencia de esto, cuando $TC \geq TCo$ incluso en el momento de la interrupción anterior, esto es, cuando el catalizador de purificación de escape 13 ya está activado, la rutina procede a la etapa 70 donde se realiza el control operacional I. En este control operacional I, se realiza una acción de purificación de NOx por el primer método de purificación de NOx según la presente invención. Esto es, cuando el catalizador de purificación de escape 13 no está activado, se realiza una acción de purificación de NOx por el segundo método de purificación de NOx. Si el catalizador de purificación de escape 13 está activado, el segundo método de purificación de NOx se conmuta al primer método de purificación de NOx.

30 Cuando el segundo método de purificación de NOx se conmuta al primer método de purificación de NOx, si el catalizador de purificación de escape 13 almacena NOx, el NOx que es almacenado desde el catalizador de purificación de escape 13 se libera todo de una vez sin ser reducido. Por lo tanto, en el ejemplo que se muestra en la figura 25, para parar el NOx que es almacenado desde el catalizador de purificación de escape 13 siendo liberado de esta manera todo de una vez sin ser reducido, justo antes de que el segundo método de purificación de NOx se conmute al primer método de purificación de NOx, en la etapa 68, se realiza el control rico II para liberar el NOx almacenado desde el catalizador de purificación de escape 13 por el segundo método de purificación de NOx.

A continuación se explicará el control operacional I que es realizado en la etapa 70, esto es, la acción de purificación de NOx por el primer método de purificación de NOx. La figura 26 y la figura 27 muestran una primera realización de este control operacional I.

45 Haciendo referencia a la figura 26, primero, en la etapa 80, el valor objetivo de la relación aire-combustible base, esto es, el objetivo de relación aire-combustible (A/C)b, se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 20B. A continuación, en la etapa 81, se calcula la cantidad de aire de admisión GA a partir de la señal de salida del detector de cantidad de aire de admisión 8. A continuación, en la etapa 82, se calcula la cantidad de inyección de combustible Q para generación de salida desde el inyector de combustible 3 que es requerida para hacer la relación aire-combustible base el objetivo de relación aire-combustible (A/C)b a partir del objetivo de relación aire-combustible (A/C)b y la cantidad de aire de admisión GA. A continuación, en la etapa 83, se calcula el tiempo de inyección de combustible QT a partir de esta cantidad de inyección de combustible Q, a continuación, en la etapa 84, se realiza procesamiento de inyección de combustible para inyectar combustible desde el inyector de combustible 3 según este tiempo de inyección de combustible QT.

50 A continuación, en la etapa 85, se calcula el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo ΔT a partir del mapa que se muestra en la figura 21B. A continuación, en la etapa 86, se calcula el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo WT a partir del mapa que se muestra en la figura 21C. A continuación, en la etapa 87, se calcula el objetivo de pico de relación aire-combustible (A/C)t a partir del mapa que se muestra en la figura 23. A continuación, en la

etapa 88, se detecta el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ a partir de la salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24.

5 A continuación, en la etapa 89, se dictamina si el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ es mayor que el valor del objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$ más un pequeño valor constante α . Cuando $(A/C)_p > (A/C)_t + \alpha$, la rutina procede a la etapa 90 donde se añade un valor constante ΔK al coeficiente de corrección K durante el periodo de inyección de hidrocarburo WT. A continuación, la rutina procede a la etapa 93 donde un periodo de inyección de hidrocarburo WT multiplicado por el coeficiente de corrección K ($K \cdot WT$) se hace el periodo de inyección de hidrocarburo final WTO.

10 Por otro lado, cuando en la etapa 89 se dictamina que no se cumple $(A/C)_p > (A/C)_t + \alpha$, la rutina procede a la etapa 91 donde se dictamina si el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ es menor que el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$ menos el valor constante α . Cuando $(A/C)_p < (A/C)_t - \alpha$, la rutina procede a la etapa 92 donde el coeficiente de corrección K se reduce el valor constante ΔK tras lo cual la rutina procede a la etapa 93. A continuación, en la etapa 94, se realiza procesamiento de inyección de hidrógeno para inyectar hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 según el periodo de inyección de hidrocarburo final WTO.

15 De esta manera, en esta realización, cuando $(A/C)_p > (A/C)_t + \alpha$, se aumenta el periodo de inyección de hidrocarburo, mientras que cuando $(A/C)_p < (A/C)_t - \alpha$, se hace que disminuya el periodo de inyección de hidrocarburo, por lo que se hace que el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ coincida con el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$. Como resultado, se puede obtener una alta tasa de purificación de NOx.

20 En este sentido, en la primera realización de este control operacional I, la cantidad de inyección de combustible Q para generación de salida que es requerida para hacer la relación aire-combustible base el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$ se calcula sobre la base de la cantidad de aire de admisión GA que es detectada por el detector de aire de admisión 8, entonces se calcula el tiempo de inyección de combustible QT a partir de esta cantidad de inyección de combustible Q . En este caso, siempre que el detector de cantidad de aire de admisión 8 esté funcionando normalmente, la relación aire-combustible base es mantenida en el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$. En este sentido, en este caso, por ejemplo, si el detector de cantidad de aire de admisión 8 se ha deteriorado y esa señal de salida del detector de aire de admisión 8 ya no muestra con precisión la cantidad de aire de admisión, la relación aire-combustible base ya no coincidirá con el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$.

30 Por otro lado, en la primera realización del control operacional I, se usa el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 para hacer el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$ control de realimentación de la cantidad de alimentación de hidrocarburo. En este caso, incluso si la relación aire-combustible base se ha desviado del objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$, el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ se controla para convertirse en el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$. Esto es, en la primera realización de este control operacional I, incluso si se desvía la relación aire-combustible base, el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ se controla para convertirse en el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$.

40 Sin embargo, el pico de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_r$ de la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13, que da la tasa más alta de purificación de NOx, se determina con respecto a la relación aire-combustible base. Este pico de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_r$ que da la tasa más alta de purificación de NOx cambia proporcionalmente si la relación aire-combustible base cambia. Por lo tanto, cuando la relación aire-combustible base se desvía del objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$, la relación aire-combustible base se retorna preferiblemente al objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$.

45 Por lo tanto, en la segunda realización del control operacional I que se muestra en la etapa 70 de la figura 25, se usa el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 para controlar la relación aire-combustible base al objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$. Esto es, en la segunda realización de este control operacional I, la relación aire-combustible del gas de escape que escapa del motor es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23, y el tiempo de inyección de combustible QT desde el inyector de combustible 3 es corregido de modo que la relación aire-combustible detectada se convierte en el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$. Si se usa el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 de esta manera, incluso si se deteriora el detector de cantidad de aire de admisión 8, la relación aire-combustible base puede ser mantenida en el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$.

50 La figura 28 y la figura 29 muestran la rutina para que trabaje la segunda realización de este control operacional I. Obsérvese que, en la rutina que se muestra en la figura 28 y la figura 29, las etapas 100 a 103 son las mismas que las etapas 80 a 83 de la figura 26. En la rutina que se muestra en la figura 28 y la figura 29, las etapas 111 y 120 son las mismas que las etapas 85 a 94 de la figura 26 y la figura 27.

55 Esto es, haciendo referencia a la figura 28, primero, en la etapa 100, el valor objetivo de la relación aire-combustible base, esto es, el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$, 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 de cantidad de aire de admisión 8. A continuación, en la etapa 102, a partir del objetivo de

relación aire-combustible $(A/C)_b$ y la cantidad de aire de admisión GA , se calcula la cantidad de inyección de combustible Q para generación de salida desde el inyector de combustible 3 que es requerida para hacer la relación aire-combustible base el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$. A continuación, en la etapa 103, se calcula el tiempo de inyección de combustible QT a partir de esta cantidad de inyección de combustible Q .

5 A continuación, en la etapa 104, se usa la salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 como la base para detectar la relación aire-combustible real $(A/C)_a$ del gas de escape que escapa del motor. A continuación, en la etapa 105, se dictamina si la relación aire-combustible real $(A/C)_a$ es mayor que el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$ más un pequeño valor constante β . Cuando $(A/C)_a > (A/C)_b + \beta$, la rutina procede a la etapa 106 donde el coeficiente de corrección G para el tiempo de inyección de combustible QT se aumenta un valor constante AG . A continuación, la rutina procede a la etapa 106 donde el tiempo de inyección de combustible QT multiplicado por el coeficiente de corrección G , esto es, el valor $(G \cdot QT)$, se hace el tiempo final de inyección de combustible QTO .

15 Por otro lado, cuando en la etapa 105 se dictamina que no se cumple $(A/C)_a > (A/C)_b + \beta$, la rutina procede a la etapa 107 donde se dictamina si la relación aire-combustible real $(A/C)_a$ del gas de escape que escapa del motor es menor que el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_b$ menos un valor constante β . Cuando $(A/C)_a < (A/C)_b - \beta$, la rutina procede a la etapa 108 donde el coeficiente de corrección G se reduce un valor constante ΔG , entonces la rutina procede a la etapa 109. A continuación, en la etapa 110, se realiza procesamiento para inyectar combustible desde el inyector de combustible 3 según el tiempo de inyección de combustible QTO .

20 De esta manera, en esta realización, cuando $(A/C)_a > (A/C)_b + \beta$, se aumenta el tiempo de inyección de combustible, mientras que cuando $(A/C)_a < (A/C)_b - \beta$, se hace que disminuya el tiempo de inyección de combustible, por lo que la relación aire-combustible real del gas de escape que escapa del motor, esto es, la relación aire-combustible real base $(A/C)_a$, se hace que coincida con el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$.

25 A continuación, en la etapa 111, se calcula el periodo de inyección de hidrocarburo 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 hidrocarburo óptimo WT a partir del mapa que se muestra en la figura 21C. A continuación, en la etapa 113, se calcula el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$ a partir del mapa que se muestra en la figura 23. A continuación, en la etapa 114, se detecta el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ a partir de la salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24.

30 A continuación, en la etapa 115, se dictamina si el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ es mayor que el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$ más un pequeño valor constante α . Cuando $(A/C)_p > (A/C)_t + \alpha$, la rutina procede a la etapa 116 donde el coeficiente de corrección K para el periodo de inyección de hidrocarburo WT se aumenta un valor constante ΔK . A continuación, la rutina procede a la etapa 119 donde el periodo de inyección de hidrocarburo WT multiplicado por el coeficiente de corrección K , esto es, el valor $(K \cdot WT)$, se hace el periodo de inyección de hidrocarburo final WTO .

35 Por otro lado, cuando en la etapa 115 se dictamina que no se cumple que $(A/C)_p > (A/C)_t + \alpha$, la rutina procede a la etapa 117 donde se dictamina si el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ es menor que el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$ menos un valor constante α . Cuando $(A/C)_p < (A/C)_t - \alpha$, la rutina procede a la etapa 118 donde el coeficiente de corrección K se reduce un valor constante ΔK , entonces la rutina procede a la etapa 119. A continuación, en la etapa 120, se realiza procesamiento de inyección de hidrocarburo para inyectar hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 según el periodo de inyección de hidrocarburo final WTO .

40 De esta manera, cuando $(A/C)_p > (A/C)_t + \alpha$, se aumenta el periodo de inyección de hidrocarburo, mientras que cuando $(A/C)_p < (A/C)_t - \alpha$, se hace que disminuya el periodo de inyección de hidrocarburo, por lo que el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ se hace que coincida con el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$.

45 De esta manera, en la segunda realización de este control operacional I, sobre la base de la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 dispuesto en el pasaje de escape de motor aguas arriba de la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 y la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24, se controla la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 de modo que la amplitud del cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 llega dentro de un intervalo predeterminado de amplitud. En este caso, en la segunda realización de este control operacional I, la cantidad de combustible que es alimentada a la cámara de combustión de motor 2 se controla sobre la base de la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 de modo que la relación aire-combustible del gas de escape que escapa del motor, esto es, la relación aire-combustible base, se convierte en una relación aire-combustible predeterminada, esto es, el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$. Sobre la base de la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24, el pico de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ del gas de escape que fluye afuera del catalizador de purificación de escape 13 se controla para convertirse en el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$. Esto es, en la segunda realización de este control operacional I, en un estado donde la relación aire-combustible base se mantiene en el objetivo de relación aire-combustible $(A/C)_b$, el pico de lado rico de relación

aire-combustible (A/C)_r de la relación aire-combustible (A/C) entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 es controlada con precisión en el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b, por lo que se puede obtener una alta tasa de purificación de NO_x.

5 A continuación se explicará una tercera realización del control operacional I que se muestra en la etapa 70 de la figura 25. En esta tercera realización del control operacional I, se usa la relación aire-combustible real (A/C)_a que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 y el pico real de lado rico de relación aire-combustible (A/C)_p que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 para calcular el periodo de inyección de hidrocarburo WTO desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 a partir de la diferencia entre la relación aire-combustible real (A/C)_a que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 y el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b y la diferencia del pico real de lado rico de relación aire-combustible (A/C)_p que se detecta del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 y el objetivo de pico de relación aire-combustible (A/C)_t sobre la base de la siguiente fórmula.

$$WTO \leftarrow WT \cdot [1 + K1 \cdot ((A/C)_a - (A/C)_b) + K2 \cdot ((A/C)_p - (A/C)_t)]$$

15 donde, WT es el periodo de inyección de hidrocarburo desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 que se calcula a partir del mapa de la figura 21C, y K1 y K2 con constantes positivas.

A partir de la fórmula anterior, se entiende que cuando la relación aire-combustible real (A/C)_a que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 está en el lado pobre a partir del objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b, se hace que aumente la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, mientras que cuando la relación aire-combustible real (A/C)_a que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 está en el lado rico a partir del objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b, se hace que disminuya la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15. Además, se aprende que cuando el pico real de lado rico de relación aire-combustible (A/C)_p que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 está en el lado pobre a partir del objetivo de pico de relación aire-combustible (A/C)_t, se hace que aumente la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, mientras que cuando el pico real de lado rico de relación aire-combustible (A/C)_p que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 está en el lado rico a partir del objetivo de pico de relación aire-combustible (A/C)_t, se hace que disminuya la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15.

Expresando esto en términos un poco más generales, en la tercera realización de este control operacional I, cuando la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 está en el lado pobre de una relación aire-combustible predeterminada, se aumenta la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, mientras que cuando la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 está en el lado rico de la relación aire-combustible predeterminada, se hace que disminuya la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15. Cuando el pico de lado rico de relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 está en el lado pobre de una relación aire-combustible predeterminada, se aumenta la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, mientras que cuando el pico de lado rico de relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 está en el lado rico de la relación aire-combustible predeterminada, se hace que disminuya la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15.

La figura 30 muestra la rutina de la tercera realización del control operacional I que es realizado en la etapa 70 de la figura 25.

Haciendo referencia a la figura 30, primero, en la etapa 130, se calcula el valor objetivo de la relación aire-combustible base, esto es, el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b, a partir del mapa que se muestra en la figura 20B. A continuación, en la etapa 131, se usa el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 para detectar la relación aire-combustible real (A/C)_a del gas de escape que escapa del motor. A continuación, en la etapa 132, se calcula la cantidad de aire de admisión GA a partir de la señal de salida del detector de cantidad de aire de admisión 8. A continuación, en la etapa 133, la cantidad de inyección de combustible Q para generación de salida desde el inyector de combustible 3 que es requerida para hacer la relación aire-combustible base se calcula el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b a partir del objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b y la cantidad de aire de admisión GA. A continuación, en la etapa 134, el tiempo de inyección de combustible QT se calcula a partir de esta cantidad de inyección de combustible Q, a continuación, en la etapa 135, se realiza procesamiento de inyección de combustible para inyectar combustible desde el inyector de combustible 3 según este tiempo de inyección de combustible QT.

A continuación, en la etapa 136, se calcula el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo ΔT a partir del mapa que se muestra en la figura 21B.

A continuación, en la etapa 137, se calcula el periodo de inyección de hidrocarburo óptimo WT a partir del mapa que

se muestra en la figura 21C. A continuación, en la etapa 138, se calcula el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_t$ a partir del mapa que se muestra en la figura 23. A continuación, en la etapa 139, se detecta el pico real de lado rico de relación aire-combustible $(A/C)_p$ a partir de la salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24. A continuación, en la etapa 140, se calcula el periodo de inyección de hidrocarburo WTO desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 sobre la base de la siguiente fórmula.

$$WTO \leftarrow WTO \cdot [1 + K1 \cdot ((A/C)_a - (A/C)_b) + K2 \cdot ((A/C)_p - (A/C)_t)]$$

A continuación, en la etapa 141, se realiza procesamiento de inyección de hidrocarburo para inyectar hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 según el periodo de inyección de hidrocarburo calculado WTO.

A continuación, se explicará brevemente la diagnosis de la dificultad del catalizador de purificación de escape 13. En la realización según la presente invención, como se muestra en la figura 25, justo antes de conmutar el segundo método de purificación de NOx al primer método de purificación de NOx, se realiza control rico II para liberar el NOx almacenado por el segundo método de purificación de NOx. Cuando se realiza este control rico II, se realiza la diagnosis de la dificultad del sistema de purificación de escape 13, esto es, se dictamina si se ha deteriorado el sistema de purificación de escape 13.

La figura 31 muestra los cambios en la relación aire-combustible del gas de escape $(A/C)_a$ que fluye al sistema de purificación de escape 13 y los cambios en la relación aire-combustible del gas de escape $(A/C)_c$ que escapa del sistema de purificación de escape 13 cuando se realiza este control rico II. El periodo de tiempo trt donde se hace rica la relación aire-combustible del gas de escape que fluye entrando $(A/C)_a$ son varios segundos. Este periodo de tiempo trt se hace que cambie según la cantidad del NOx almacenado. $(A/C)_{rt}$ muestra el objetivo de relación aire-combustible rica cuando se realiza control rico II. La cantidad de combustible adicional WR alimentado a la cámara de combustión 2 se controla aprendiendo cada vez que se realiza control rico II de modo que la relación aire-combustible real $(A/C)_a$ que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 se convierte en el objetivo de relación aire-combustible rica $(A/C)_{rt}$.

Por otro lado, el sistema de purificación de escape 13 tiene la capacidad para almacenar oxígeno en el catalizador. Cuando, de esta manera, el sistema de purificación de escape 13 tiene una capacidad de almacenamiento de oxígeno, cuando se hace rica la relación aire-combustible del gas de escape que fluye entrando $(A/C)_a$, los hidrocarburos excesivos en el gas de escape reaccionan con el oxígeno almacenado y se oxidan. En este momento, mientras se está realizando la acción de oxidación de los hidrocarburos excesivos en el gas de escape, la relación aire-combustible del gas de escape descargado $(A/C)_c$ es mantenida en la relación aire-combustible estequiométrica como se muestra por el periodo de tiempo ts de la figura 31. En este sentido, en este caso, si se deteriora el sistema de purificación de escape 13, la capacidad de almacenamiento de oxígeno cae. Si cae la capacidad de almacenamiento de oxígeno, cuando se hace rica la relación aire-combustible del gas de escape de flujo entrante $(A/C)_a$, se hace más corto el periodo de tiempo ts durante el que la relación aire-combustible del gas de escape $(A/C)_c$ que escapa se mantiene en la relación aire-combustible estequiométrica. Por lo tanto, es posible detectar que el sistema de purificación de escape 13 se ha deteriorado porque se hace más corto el periodo de tiempo ts durante el que la relación aire-combustible del gas de escape $(A/C)_c$ que es descargado se mantiene en la relación aire-combustible estequiométrica.

A continuación se explicarán la figura 32 y la figura 33 que muestran este control rico II.

Haciendo referencia a la figura 32, primero, en la etapa 150, se calcula la cantidad de inyección de combustible Q para generación de salida que se muestra en la figura 18 y se calcula la cantidad de combustible adicional WR a partir del mapa que se muestra en la figura 19. A continuación, en la etapa 151, la relación aire-combustible real del gas de escape que fluye entrando $(A/C)_a$ es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23. A continuación, en la etapa 152, se dictamina si la relación aire-combustible del gas de escape que fluye entrando $(A/C)_a$ es mayor que el objetivo de relación aire-combustible rica $(A/C)_{rt}$ más un pequeño valor constante d . Cuando $(A/C)_a > (A/C)_{rt} + d$, la rutina procede a la etapa 153 donde el valor constante ΔGR se añade al valor aprendido GR para la cantidad de combustible adicional WR. A continuación, la rutina procede a la etapa 156 donde la cantidad de combustible adicional WR multiplicada con el valor aprendido GR ($GR \cdot WR$) se hace la cantidad de combustible adicional final WRO.

Por otro lado, cuando en la etapa 152 se dictamina que no se cumple $(A/C)_a > (A/C)_{rt} + d$, la rutina procede a la etapa 154 donde se dictamina si la relación aire-combustible real del gas de escape que fluye entrando $(A/C)_a$ es menor que el objetivo de pico de relación aire-combustible $(A/C)_{rt}$ menos un valor constante α . Cuando $(A/C)_a < (A/C)_{rt} - d$, la rutina procede a la etapa 155 donde se sustrae un valor constante ΔGR del valor aprendido GR, entonces la rutina procede a la etapa 156. A continuación, en la etapa 157, se realiza procesamiento de inyección de combustible para inyectar el combustible adicional WRO además de la cantidad de inyección de combustible Q desde el inyector de combustible 3 según la cantidad de combustible adicional final WRO.

De esta manera, cuando $(A/C)_a > (A/C)_{rt} + d$, se aumenta el combustible adicional WR, mientras que cuando $(A/C)_a < (A/C)_{rt} - d$, se disminuye el combustible adicional WR, por lo que se hace que la relación aire-combustible real del gas de escape de flujo entrante $(A/C)_a$ coincida con el objetivo de relación aire-combustible rica $(A/C)_{rt}$.

A continuación, en la etapa 158, la relación aire-combustible real del gas de escape descargado (A/C)_c es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24. A continuación, en la etapa 159, se dictamina si la relación aire-combustible real del gas de escape descargado (A/C)_c es menor que la relación aire-combustible estequiométrica más un pequeño valor constante h y es mayor que la relación aire-combustible estequiométrica menos el valor constante h, esto es, la relación aire-combustible del gas de escape que escapa (A/C)_c, es aproximadamente la relación aire-combustible estequiométrica. Cuando la relación aire-combustible del gas de escape que escapa (A/C)_c es aproximadamente la relación aire-combustible estequiométrica, la rutina procede a la etapa 160 donde se añade un tiempo fijo Δt a la duración T_s de relación aire-combustible estequiométrica.

A continuación, en la etapa 161, se espera el tiempo Δt , entonces la rutina procede a la etapa 162 donde se dictamina si ha transcurrido el tiempo rico que se muestra mediante trt en la figura 31. Cuando no ha transcurrido el tiempo rico, la rutina retorna a la etapa 150. Esto es, hasta que transcurre el tiempo rico, la rutina retorna a la etapa 150 cada tiempo Δt . A diferencia de esto, cuando ha transcurrido el tiempo rico, la rutina procede a la etapa 163 donde se dictamina si la duración T_s de relación aire-combustible estequiométrica es más larga que el tiempo de referencia de dictamen de deterioro $X T_s$. Cuando $T_s > X T_s$, se dictamina que el sistema de purificación de escape 13 no está deteriorado, entonces la rutina procede a la etapa 164 donde se borra T_s . A diferencia de esto, cuando $T_s < X T_s$, se dictamina que el sistema de purificación de escape 13 está deteriorado y la rutina procede a la etapa 165 donde se emite una alarma.

A continuación, se explicará la diagnosis de la dificultad del sistema de purificación de escape, en particular la válvula de alimentación de hidrocarburo 15.

Ahora, en la segunda realización del control operacional I que se muestra en la figura 28 y la figura 29, como se ha explicado antes, la relación aire-combustible base se controla sobre la base de la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 para ser mantenida en el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b. En el estado donde la relación aire-combustible base es mantenida en el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b de esta manera, se usa la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 como la base de modo que el pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)_r de la relación aire-combustible (A/C)entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 es controlada con precisión en el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b, por lo que se puede obtener una alta tasa de purificación de NO_x.

En este sentido, cuando la relación aire-combustible base es mantenida en el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b y el pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)_r de la relación aire-combustible (A/C)entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 es controlado con precisión en el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b de esta manera, si ocurre una anomalía en el sistema de purificación de escape, por ejemplo, si ocurre una anomalía en la acción de alimentación de hidrocarburo de la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, el efecto de esa anomalía aparece rápidamente en la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24. Por lo tanto, si se realiza la diagnosis de la dificultad para el sistema de purificación de escape cuando la relación aire-combustible base es mantenida en el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b y el pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)_r de la relación aire-combustible (A/C)entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 es controlado con precisión en el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b de esta manera, es posible encontrar con precisión dificultad en el sistema de purificación de escape.

Por lo tanto, en una realización según la presente invención, cuando la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se controla sobre la base de ambos la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba 23 y la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 de modo que la amplitud del cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluye al catalizador de purificación de escape 13 llega dentro de un intervalo predeterminado de amplitud, se usa la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 como la base para realizar la diagnosis de la dificultad del sistema de purificación de escape.

A continuación, se explicará el método de diagnosis de dificultad del sistema de purificación de escape con referencia al caso en el que, como dificultad del sistema de purificación de escape, la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se ha taponado.

Ahora entonces, si se taponada la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, se disminuye la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15. Por lo tanto, cuando la relación aire-combustible base es mantenida en el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b y el pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)_r de la relación aire-combustible (A/C)entrada del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de escape 13 es controlado con precisión en el objetivo de relación aire-combustible (A/C)_b, esto es, cuando se está realizando la segunda realización del control operacional I que se muestra en la figura 28 y figura 29, si la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 está taponada y se disminuye la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, se hace que aumente el coeficiente de corrección K que se muestra en las etapas 116, 118 y 119 de la figura 29 para hacer que el pico de lado rico de relación aire-combustible (A/C)_r de la relación aire-combustible (A/C)entrada del gas de escape que

fluye al catalizador de purificación de escape 13 coincide con el objetivo de relación aire-combustible (A/C)b.

En este caso, cuanto más se disminuye la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, más se aumenta el coeficiente de corrección K. Esto es, como se muestra en la figura 34, cuanto más se aumenta la cantidad de taponamiento de la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, más se aumenta el coeficiente de corrección K. Por lo tanto, a partir del valor del coeficiente de corrección K es posible dictaminar que la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 está taponada. El valor del coeficiente de corrección K cuando la cantidad de taponamiento de la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 pasa sobre una cantidad permisible es almacenado como valor límite XK por adelantado. Cuando el valor del coeficiente de corrección K supera este valor límite XK, se emite una alarma que muestra que la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se ha taponado.

Cuando se usa este método de diagnóstico de dificultad, en lugar de la parte de diagrama de flujo que está rodeada por la línea de puntos y trazos A en la figura 29, se usa la parte de diagrama de flujo que se muestra en la figura 35. En este caso, como se muestra en la figura 35, tras realizar procesamiento para inyectar hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 en la etapa 120, en la etapa 121 se dictamina si el coeficiente de corrección K es menor que el valor límite XK. Cuando se dictamina que $K > XK$, la rutina procede a la etapa 122 donde se emite una alarma.

Obsérvese que, cuando se aumenta más el valor del coeficiente de corrección K, más se hace que aumente el tiempo de inyección de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15. Si, en este momento, el coeficiente de corrección K supera el valor límite XK, la tasa de aumento del tiempo de inyección de hidrocarburos también supera la tasa predeterminada correspondiente al valor límite XK. Por lo tanto, si se expresa este método de diagnóstico de dificultad de otro modo, cuando el pico de lado rico de relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 está en el lado pobre de la relación aire-combustible predeterminada, se hace que aumente el tiempo de inyección de hidrocarburos para aumentar la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15. En este momento, si la tasa de aumento del tiempo de inyección de hidrocarburos supera una tasa predeterminada, se dictamina que la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 está taponada.

A continuación se explicará un método para detectar anomalías de la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, por ejemplo, taponamiento de la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 calculando la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 a partir de la señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 y usando la cantidad de inyección de los hidrocarburos así calculada.

La figura 36A muestra el cambio en la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 cuando se está realizando la acción de purificación de NOx por el primer método de purificación de NOx.

En este momento, la relación aire-combustible que es detectada usualmente por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24, como se muestra en I de la figura 36, vibra al lado rico de la relación aire-combustible base (A/C)b. Esto es, cuando se controla el periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 de modo que la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape 13 vibra dentro de un intervalo predeterminado de periodo, la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 usualmente vibra al lado rico de la relación aire-combustible base (A/C)b.

En este momento, el área S de la parte que se muestra mediante sombreado, esto es, el valor integrado de la diferencia entre la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 y la relación aire-combustible base (A/C)b, expresa la cantidad real de inyección de los hidrocarburos por inyección desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15. Obsérvese que, el área mencionada anteriormente S y el valor integrado muestran el área S y el valor integrado por fluctuación de la relación aire-combustible. Esto mismo también es cierto a continuación.

Este área S se puede calcular a partir del objetivo de cantidad de inyección de los hidrocarburos que se calcula según el estado de funcionamiento del motor. El área superficial S que se calcula a partir del objetivo de cantidad de inyección se llama de esta manera el área de referencia So. Cuando el objetivo de cantidad de inyección y la cantidad de inyección realmente inyectada son iguales, el área S se vuelve igual al área de referencia So. Sin embargo, cuando el objetivo de cantidad de inyección y la cantidad de inyección realmente inyectada no son iguales, el área S no se volverá igual al área de referencia So. Por ejemplo, cuando la cantidad de inyección realmente inyectada es más pequeña comparada con el objetivo de cantidad de inyección, el área S se vuelve más pequeña que el área de referencia So. Por lo tanto, si se compara el área S que se calcula sobre la base de la señal de detección del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 con el área de referencia So que se calcula a partir del objetivo de cantidad de inyección, se hace posible dictaminar si se están inyectando normalmente hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15.

Por lo tanto, en una realización según la presente invención, se dictamina si se están inyectando normalmente hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, por ejemplo, si la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 está taponada sobre la base del valor integrado de la diferencia entre la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 y la relación aire-combustible base (A/C)_b. En este caso, en un ejemplo específico, cuando el área S se vuelve más pequeña que el área de referencia So multiplicada con un valor constante C (<1,0), esto es, el valor C·So, se dictamina que la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 está taponada.

En este sentido, si el periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se vuelve corto, como se muestra en II de la figura 36A, la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 cambia hacia el lado rico antes de retornar a la relación aire-combustible base (A/C)_b debido a la siguiente acción de inyección de hidrocarburos. Si la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 ya no retorna a la relación aire-combustible base (A/C)_b de esta manera, el área superficial calculada S ya no expresará la cantidad de inyección real de hidrocarburo.

Por lo tanto, como se muestra en I de la figura 36B, cuando la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 ya no retorna a la relación aire-combustible base (A/C)_b, la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 se hace que retorne a la relación aire-combustible base (A/C)_b alargando, como se muestra con II en la figura 36B, el periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15.

Esto es, en la realización según la presente invención, cuando se usa el valor integrado de la diferencia entre la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 y la relación aire-combustible base (A/C)_b como la base para dictaminar si la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 está taponada, si el periodo de inyección de los hidrocarburos es demasiado corto para detectar con precisión la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, se hace más largo el periodo de inyección de los hidrocarburos. Además, en este caso, la cantidad de hidrocarburos que es suministrada tiene impedido volverse insuficiente al aumentar la cantidad de inyección de los hidrocarburos por inyección desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15.

Por otro lado, como se muestra con I en la figura 36C, si la cantidad de inyección de los hidrocarburos por inyección desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se vuelve más grande, parte de los hidrocarburos pasan rectos a través del catalizador de purificación de escape 13. Sin embargo, si hidrocarburos pasan rectos a través del catalizador de purificación de escape 13 de esta manera, surge el problema de que los hidrocarburos que pasan rectos a través provoca que la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 se desvíe al lado pobre. Esto es, en el sensor de relación aire-combustible, la relación aire-combustible se detecta a partir de la cantidad de oxígeno excesivo o insuficiente cuando se hace que los hidrocarburos y el oxígeno en el gas de escape reaccionen sobre el sensor de relación aire-combustible. Sin embargo, los hidrocarburos pasados a través son de peso molecular grande, por lo que no reaccionarán sobre el sensor de relación aire-combustible. Como resultado, se dictaminará que la cantidad de oxígeno está presente en una cantidad más grande que la cantidad real de oxígeno y de ese modo la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 se desvía al lado pobre.

Si la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 se desvía al lado pobre de esta manera, la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 ya no puede ser detectada con precisión. Por lo tanto, en la realización según la presente invención, como se muestra con I en la figura 36C, para impedir que hidrocarburos pasen rectos a través del catalizador de purificación de escape 13 cuando la cantidad de inyección de los hidrocarburos por inyección desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 es grande, como se muestra con II en la figura 36C, se reduce la cantidad de inyección de los hidrocarburos por inyección desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15.

Esto es, en la realización según la presente invención, cuando se usa el valor integrado de la diferencia entre la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 y la relación aire-combustible base (A/C)_b como la base para dictaminar si la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 está taponada, si la cantidad de inyección de los hidrocarburos se vuelve demasiado grande como para detectar con precisión la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15, se hace más pequeña la cantidad de inyección de los hidrocarburos.

Obsérvese que, como se muestra con I en la figura 36B, existe la posibilidad de que la relación aire-combustible que es detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 no retorne a la relación aire-combustible base (A/C)_b en el momento de baja velocidad de motor, funcionamiento con baja o media carga que se muestra mediante la región A de la figura 37. Por lo tanto, en un ejemplo específico, cuando el estado de funcionamiento del motor es el estado de funcionamiento de motora baja velocidad y baja o media carga que se muestra mediante la región A, como se muestra con II en la figura 36B, se hace más largo el periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 y se aumenta la cantidad de inyección de los hidrocarburos por inyección.

Por otro lado, como se muestra con I en la figura 36C, existe la posibilidad de que la cantidad de inyección de los hidrocarburos por inyección desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se haga más grande en el momento de velocidad alta de motor, funcionamiento con carga baja que se muestra mediante la región B de la figura 37. Por lo tanto, en un ejemplo específico, cuando el estado de funcionamiento del motor es el estado de funcionamiento de motor a alta velocidad y carga baja que se muestra mediante la región B, como se muestra con II en la figura 36C, se reduce la cantidad de inyección de los hidrocarburos por inyección desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15.

Cuando se usa el método de diagnóstico de dificultad que fue explicado sobre la base de las figuras 36A, 36B y 36C y la figura 37, en lugar de la parte de diagrama de flujo que está rodeada por la línea de punto y trazos A en la figura 29, se usa la parte de diagrama de flujo que se muestra en la figura 38. En este caso, como se muestra en la figura 38, primero, en la etapa 170, se dictamina si la temporización es una para diagnóstico de dificultad. Cuando no es la temporización para diagnóstico de dificultad, la rutina procede a la etapa 173 donde se realiza procesamiento para inyectar hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15. A diferencia de esto, cuando la temporización es una para diagnóstico de dificultad, la rutina procede a la etapa 171 donde se dictamina si el estado de funcionamiento del motor está en la región de funcionamiento A que se muestra en la figura 37. Cuando el estado de funcionamiento del motor no está en la región de funcionamiento A que se muestra en la figura 37, la rutina procede a la etapa 172 donde se dictamina si el estado de funcionamiento del motor está en la región de funcionamiento B que se muestra en la figura 37. Cuando el estado de funcionamiento del motor no está en la región de funcionamiento B que se muestra en la figura 37, la rutina procede a la etapa 173.

Por otro lado, cuando en la etapa 171 se dictamina que el estado de funcionamiento del motor está en la región de funcionamiento A que se muestra en la figura 37, la rutina procede a la etapa 174 donde el periodo de inyección de los hidrocarburos ΔT desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 es multiplicado por un valor de corrección predeterminado F ($>1,0$). A continuación, en la etapa 175, el periodo de inyección de hidrocarburo WTO desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 que fue calculado en la etapa 119 de la figura 29 es multiplicado por el valor de corrección F. A continuación, la rutina procede a la etapa 173. En este momento, se alarga el periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 y se aumenta la cantidad de inyección de los hidrocarburos por inyección.

Además, cuando, en la etapa 172, se dictamina que el estado de funcionamiento del motor está en la región de funcionamiento B que se muestra en la figura 37, la rutina procede a la etapa 176 donde el periodo de inyección de hidrocarburo WTO desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 que fue calculado en la etapa 119 de la figura 29 es multiplicado por un valor de corrección J ($<1,0$). A continuación, la rutina procede a la etapa 173. En este momento, se hace que disminuya la cantidad de inyección de los hidrocarburos de cada inyección desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15.

A continuación, en la etapa 177, se calcula el valor integral de la diferencia entre la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo 24 y la relación aire-combustible base (A/C)_b, esto es, el área S por fluctuación de la relación aire-combustible que se muestra en la figura 36A. A continuación, en la etapa 178, se calcula el área de referencia S₀ a partir del objetivo de cantidad de inyección de hidrocarburos. A continuación, en la etapa 179, se dictamina si el área S es mayor que el área de referencia S₀ multiplicada por el valor constante C ($<1,0$), esto es, el valor C·S₀. Cuando $S < C \cdot S_0$, se dictamina que la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 está taponada, entonces la rutina procede a la etapa 180 donde se emite una alarma.

Obsérvese que, como otro ejemplo, en el pasaje de escape de motor aguas arriba del catalizador de purificación de escape 13, se puede disponer un catalizador de oxidación para reformar los hidrocarburos.

Lista de signos de referencia

- 4... colector de admisión
- 5... colector de escape
- 7... turbocargador de escape
- 5 12, 12a... tubo de escape
- 13... catalizador de purificación de escape
- 14... filtro de partículas
- 15... válvula de alimentación de hidrocarburo

REIVINDICACIONES

1. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna en el que una válvula de alimentación de hidrocarburo (15) para alimentar hidrocarburos se dispone en un pasaje de escape de motor, un catalizador de purificación de escape (13) para hacer reaccionar NOx contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados se dispone en el pasaje de escape de motor aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburo (15), un sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) para detectar una relación aire-combustible del gas de escape se dispone en el pasaje de escape de motor aguas abajo del catalizador de purificación de escape (13), catalizadores de metales preciosos (51, 52) son llevados sobre una superficie de flujo de gas de escape del catalizador de purificación de escape (13) y una parte básica de superficie de flujo de gas de escape (54) se forma alrededor de los catalizadores de metales preciosos (51, 52), el catalizador de purificación de escape (13) reduce NOx que está contenido en el gas de escape si una concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape (13) se hace que vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y al ser aumentado en cantidad de almacenamiento de NOx que está contenido en el gas de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburo se hace más largo que el intervalo predeterminado, en el momento de funcionamiento de motor, la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape (13) se hace que vibre dentro del intervalo predeterminado de periodo por control de un periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15), y la amplitud del cambio de concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape se hace que esté dentro del intervalo predeterminado de amplitud por control de una cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) sobre la base de una señal de salida del sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24),
- caracterizado por que
- en dicho catalizador de purificación de escape (13), reacciona NOx contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados, por lo que se produce un producto intermedio de reducción que contiene nitrógeno e hidrocarburos y en donde el periodo de inyección de los hidrocarburos es un periodo necesario para producción continua del producto intermedio de reducción.
2. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1 en donde un sensor de relación aire-combustible aguas arriba (23) para detectar la relación aire-combustible del gas de escape se dispone en el pasaje de escape de motor aguas arriba de dicha válvula de alimentación de hidrocarburo (15), y la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) se controla de modo que la amplitud del cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape (13) llega dentro del intervalo predeterminado de amplitud sobre la base tanto de una señal de salida de dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba (23) como de la señal de salida de dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24).
3. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2 en donde una cantidad de combustible que es alimentado a una cámara de combustión de motor se controla sobre la base de la señal de salida de dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba (23) de modo que la relación aire-combustible del gas de escape que escapa del motor se hace que sea una relación aire-combustible predeterminada.
4. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 3 en donde cuando la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) se controla sobre la base tanto de la señal de salida de dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba (23) como de la señal de salida de dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) de modo que la amplitud del cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape (13) llega dentro del intervalo predeterminado de amplitud de la relación aire-combustible, se realiza una diagnosis de la dificultad del sistema de purificación de escape sobre la base de la señal de salida de dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24).
5. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 4 en donde cuando el periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) se controla de modo que la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape (13) vibra dentro del intervalo predeterminado de periodo, la relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) también vibra, cuando un pico de lado rico de relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) llega a un lado pobre de una relación aire-combustible predeterminada, se hace que un tiempo de inyección de hidrocarburos aumente para aumentar la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15), y cuando una tasa de aumento del tiempo de inyección de hidrocarburos supera una tasa predeterminada en este momento, se dictamina que la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) está taponada.

6. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 4 en donde cuando el periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) se controla de modo que la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape (13) vibra dentro del intervalo predeterminado de periodo, la relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) vibra a un lado rico de una relación aire-combustible base, y se dictamina si la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) está taponada sobre la base de un valor integrado de una diferencia entre dicha relación aire-combustible detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) y la relación aire-combustible base.
7. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 6 en donde cuando se usa el valor integrado de la diferencia entre la relación aire-combustible detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) y la relación aire-combustible base como la base para dictaminar si la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) está taponada, el periodo de inyección de los hidrocarburos se hace más largo cuando el periodo de inyección de los hidrocarburos es demasiado corto para detectar con precisión la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15).
8. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 6 en donde cuando se usa el valor integrado de la diferencia entre la relación aire-combustible detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) y la relación aire-combustible base como la base para dictaminar si la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) está taponada, la cantidad de inyección de los hidrocarburos se hace más pequeña cuando la cantidad de inyección de los hidrocarburos es demasiado grande para detectar con precisión la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15).
9. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2 en donde cuando el periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) se controla de modo que la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape (13) se hace que vibre dentro del intervalo predeterminado de periodo, la relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) también vibra, cuando la relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba (23) está en un lado pobre de una relación aire-combustible predeterminada, se aumenta la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15), mientras que cuando la relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas arriba (23) está en un lado rico de la relación aire-combustible predeterminada, se disminuye la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15), y, cuando un pico de lado rico de relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) está en un lado pobre de una relación aire-combustible predeterminada, se aumenta la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) mientras que cuando el pico de lado rico de relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) está en un lado rico de la relación aire-combustible predeterminada, se disminuye la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15).
10. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1 en donde cuando el periodo de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) se controla de modo que la concentración de los hidrocarburos que fluyen adentro del catalizador de purificación de escape (13) vibra dentro del intervalo predeterminado de periodo, también vibra la relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24), y cuando un pico de lado rico de relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) está en un lado pobre de una relación aire-combustible predeterminada, se aumenta la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15) mientras que cuando el pico de lado rico de relación aire-combustible que es detectada por dicho sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo (24) está en un lado rico de la relación aire-combustible predeterminada, se disminuye la cantidad de inyección de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo (15).
11. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 7, en donde el periodo de inyección de los hidrocarburos es de 0,3 segundos a 5 segundos.
12. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en donde dicho catalizador de metales preciosos (51, 52) comprende platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
13. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en donde sobre la superficie de flujo de gas de escape del catalizador de purificación de escape (13) se forma una capa básica (53) que contiene un metal alcali, un metal alcalinotérreo, una tierra rara, o un metal que puede donar electrones a NOx y en donde una superficie de dicha capa básica (53) forma dicha parte básica de superficie de flujo de gas de escape (54).

Fig. 1

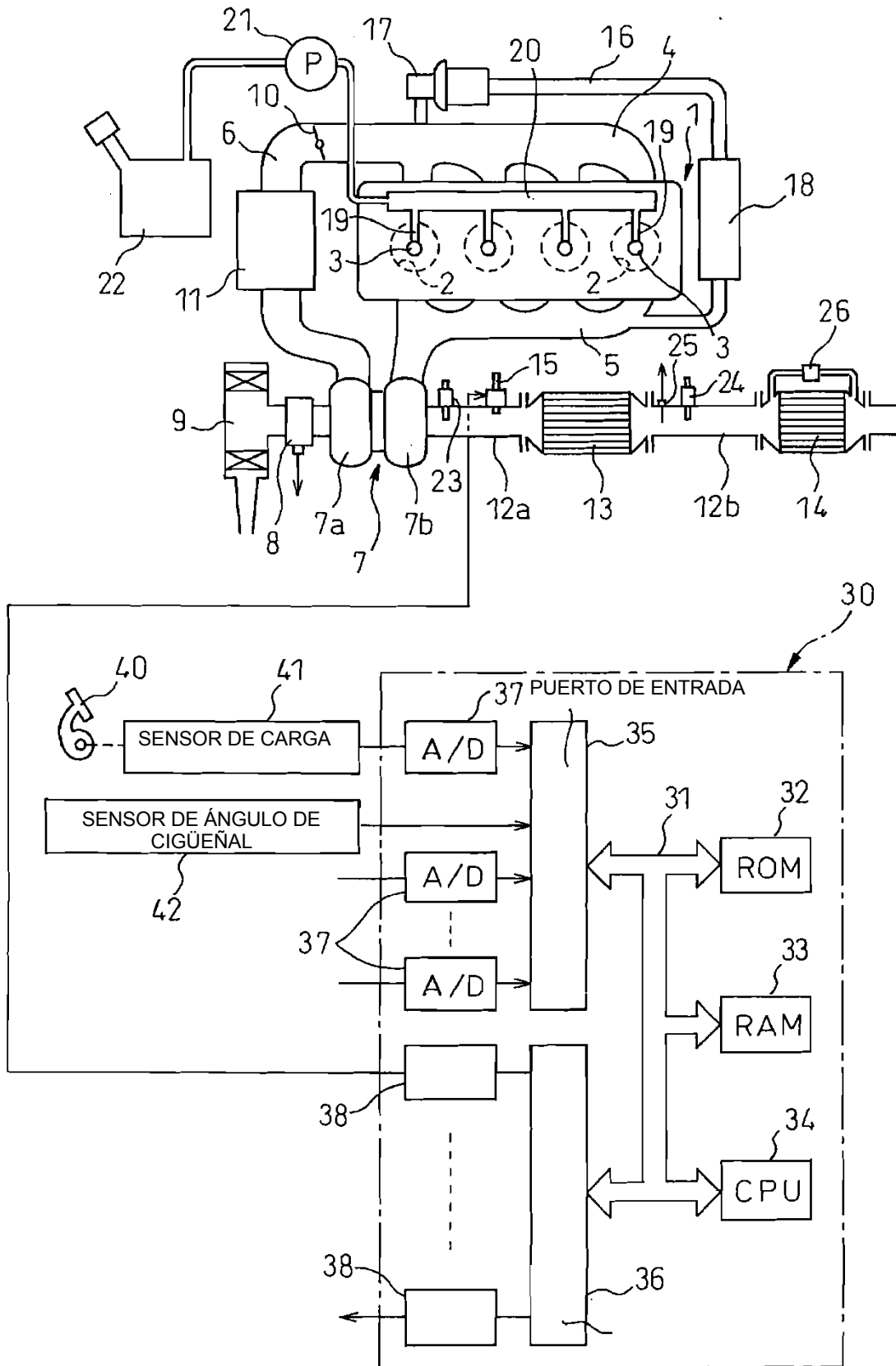


Fig.2

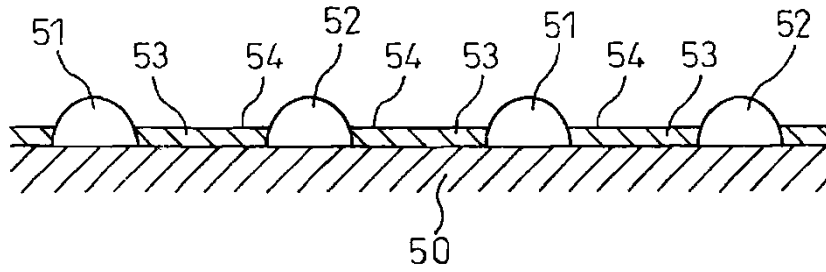


Fig.3

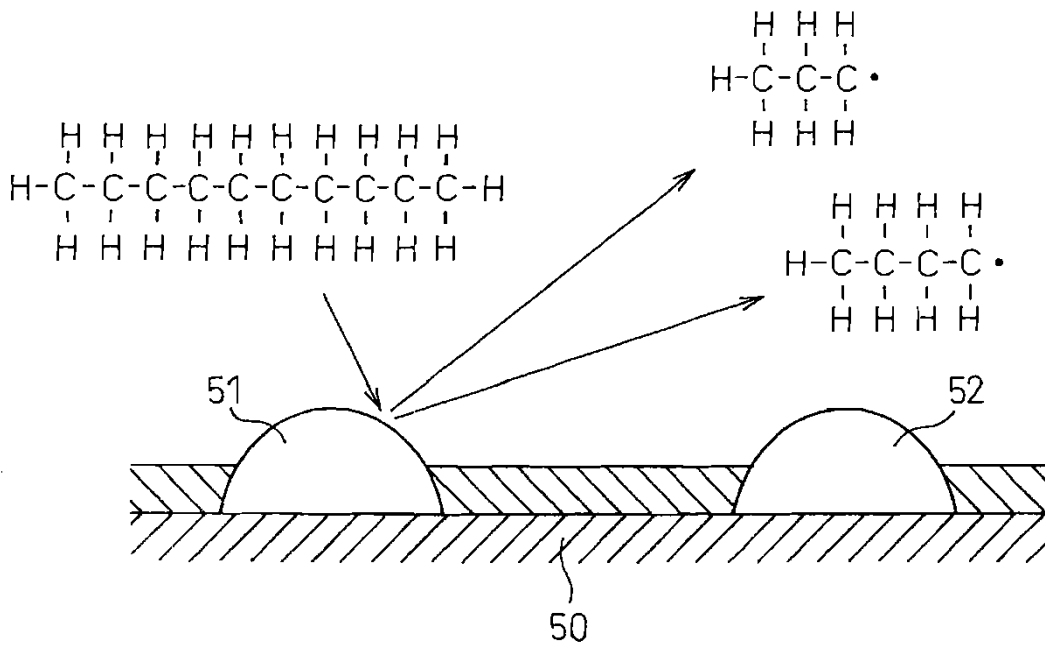


Fig.4

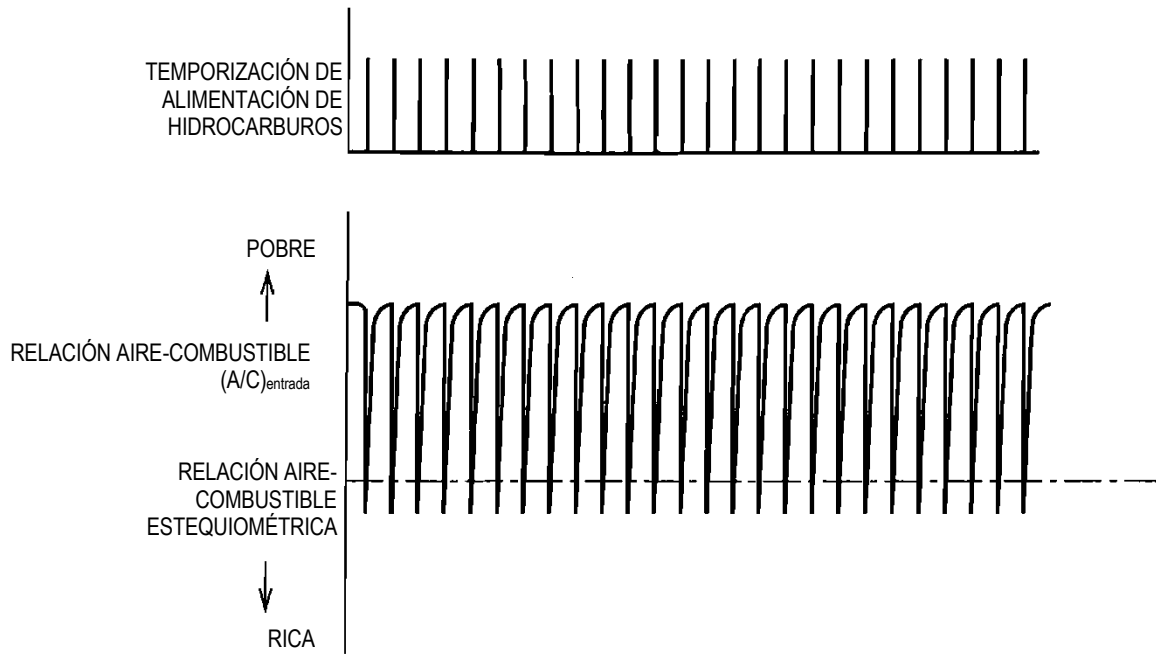


Fig.5

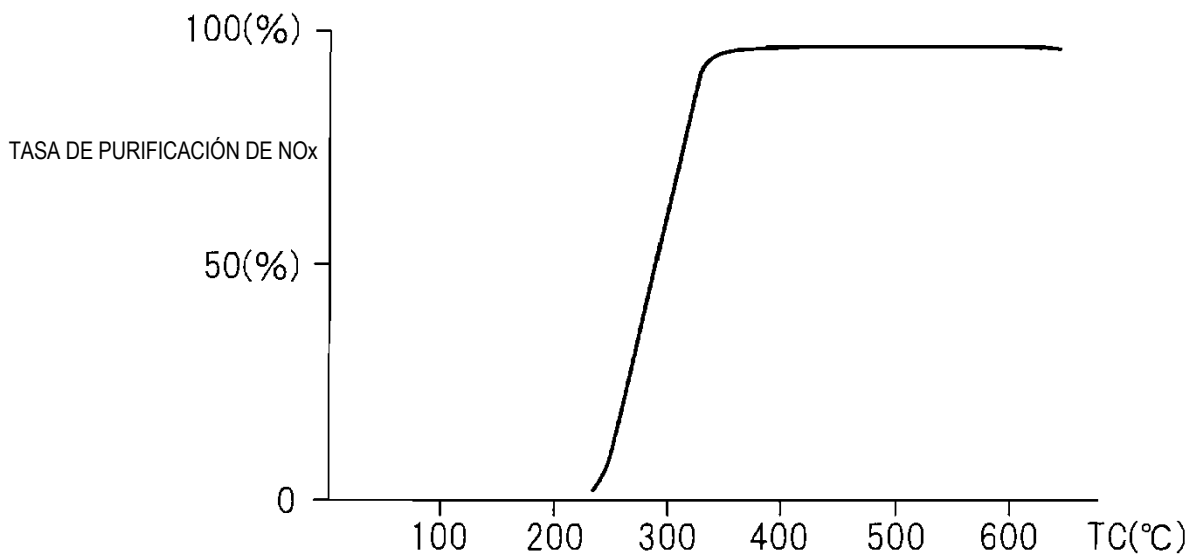


Fig.6A

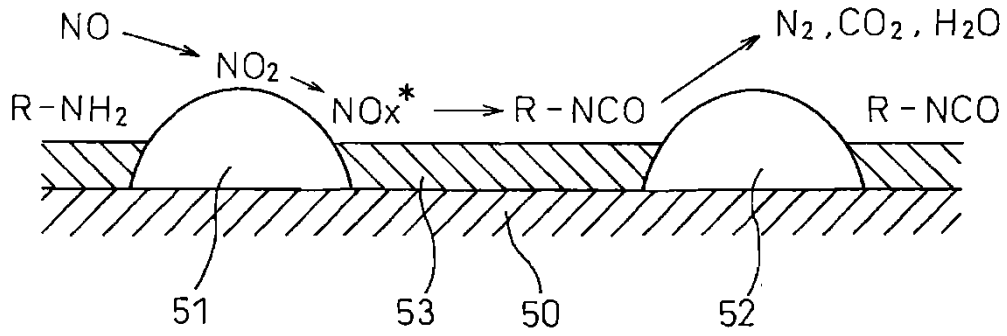


Fig.6B

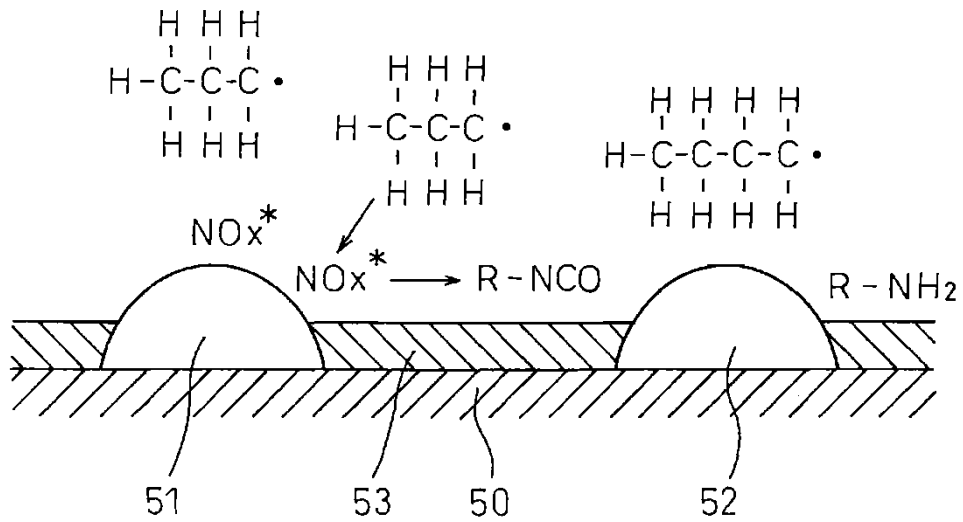


Fig.7A

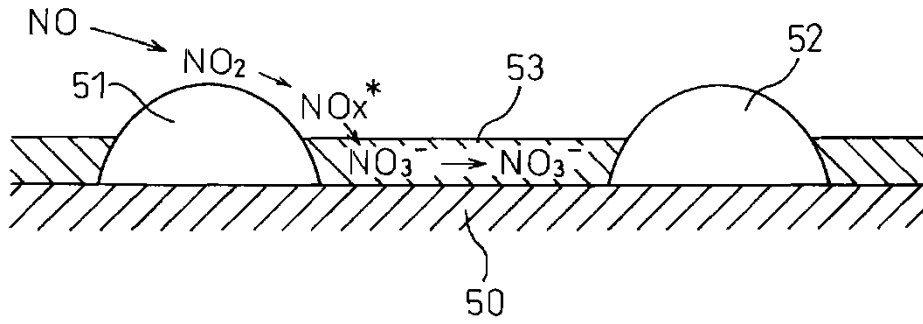


Fig.7B

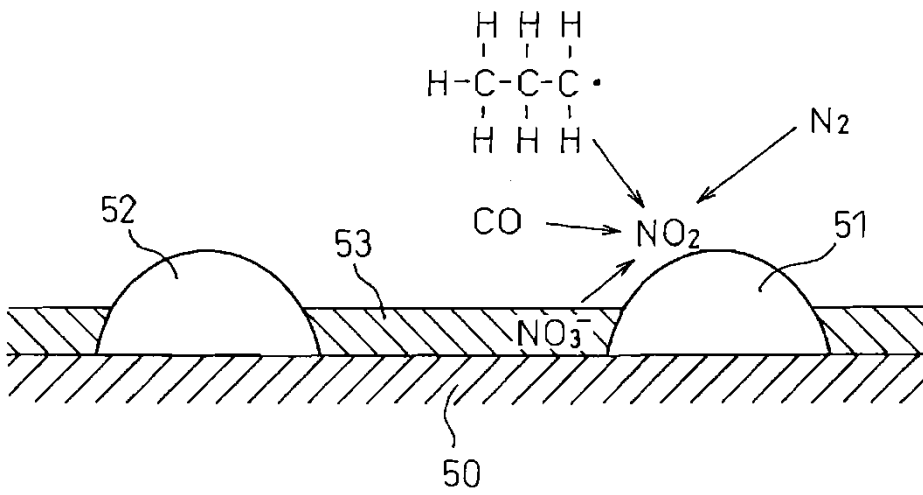


Fig.8

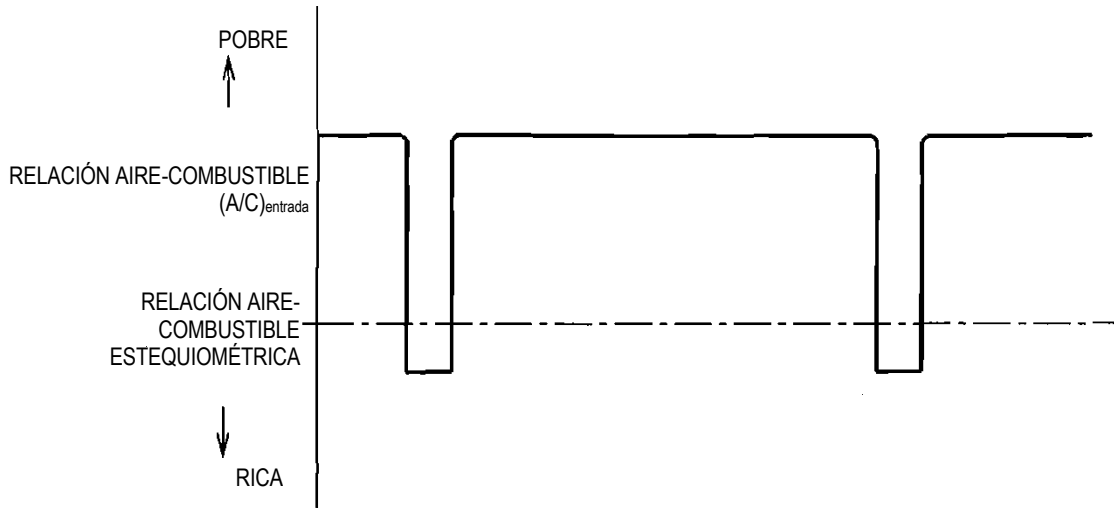


Fig.9

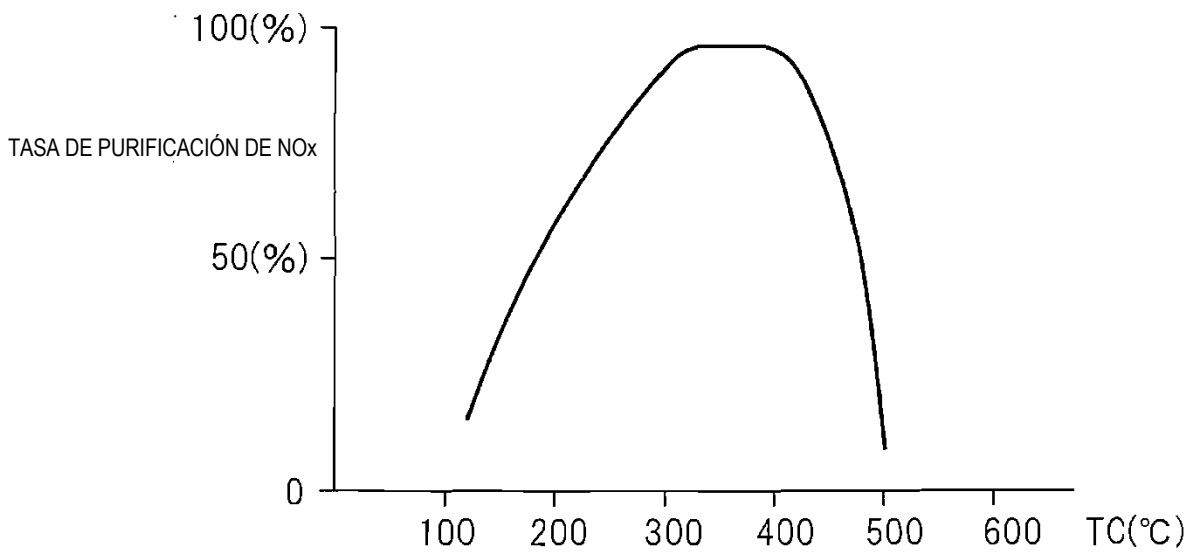


Fig.10

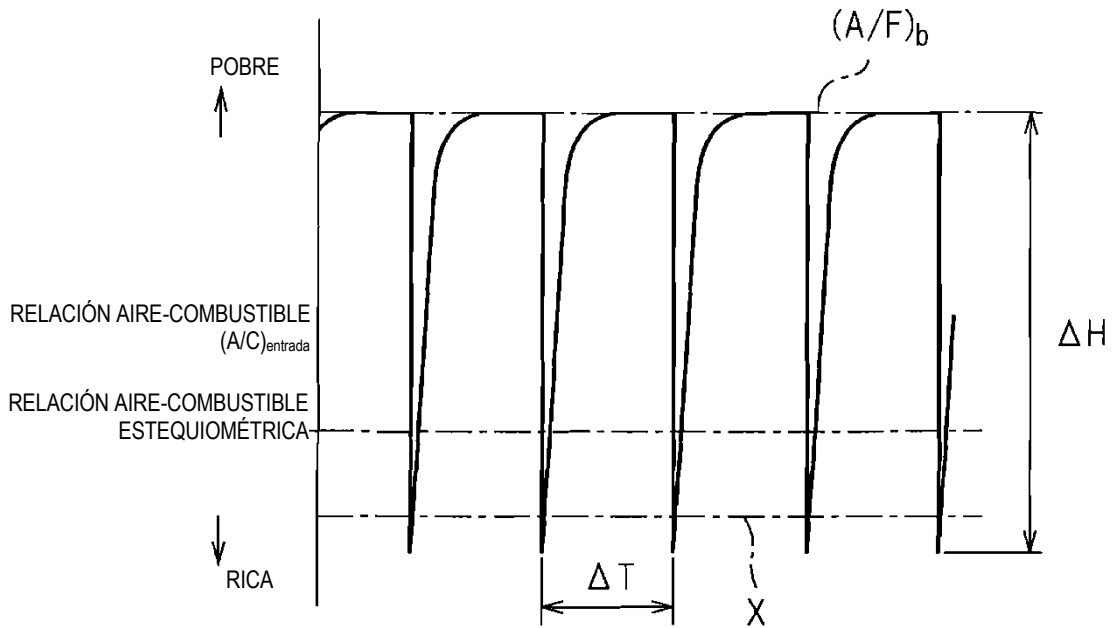


Fig.11

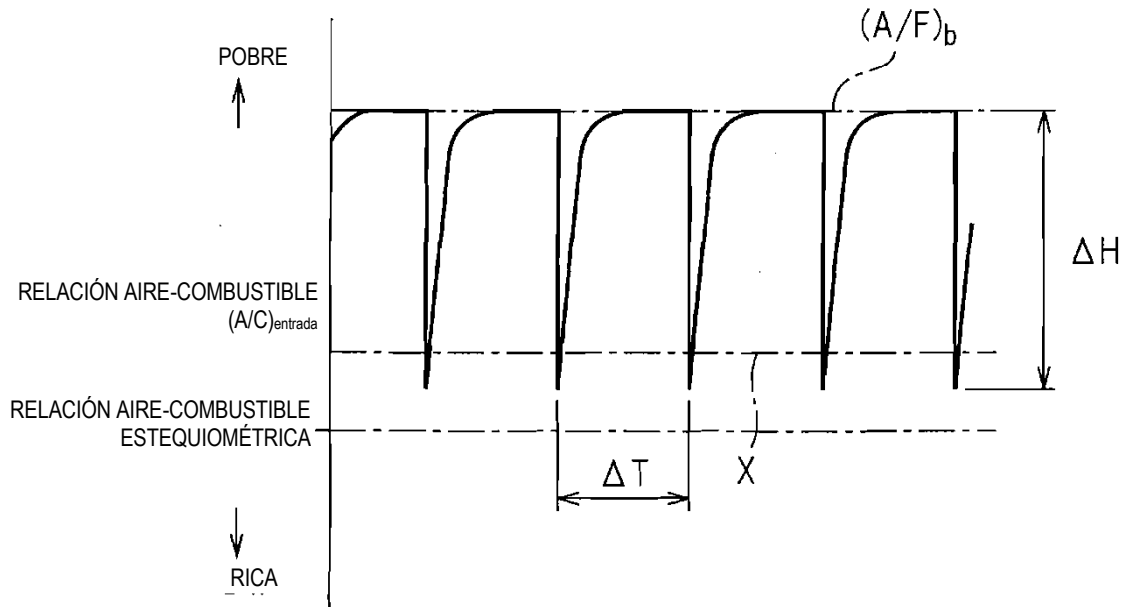


Fig.12

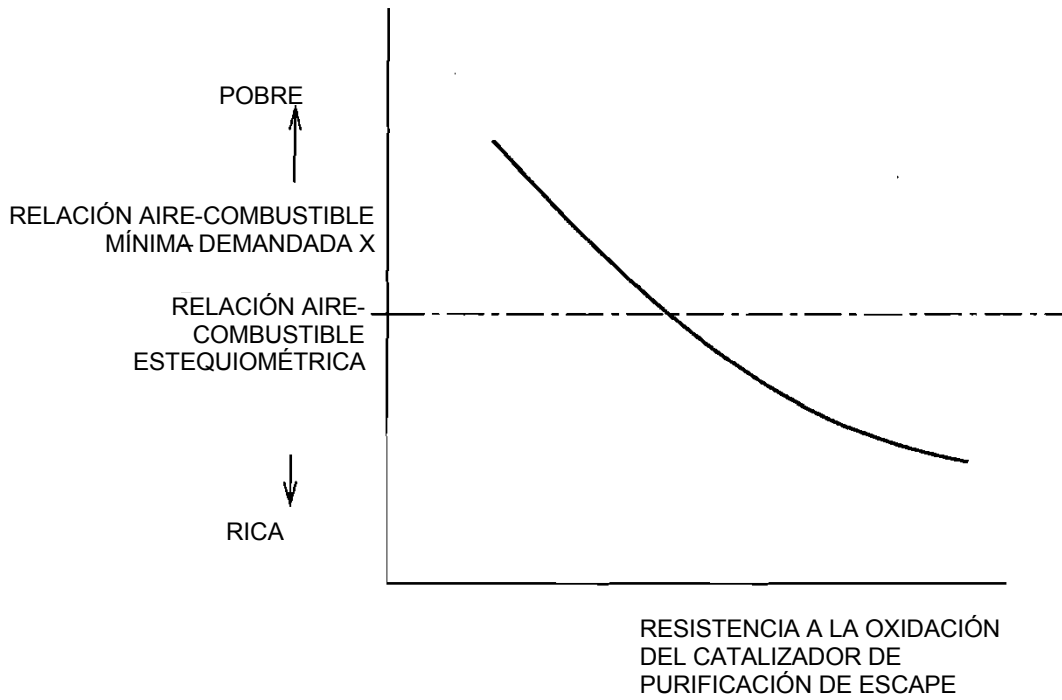


Fig.13

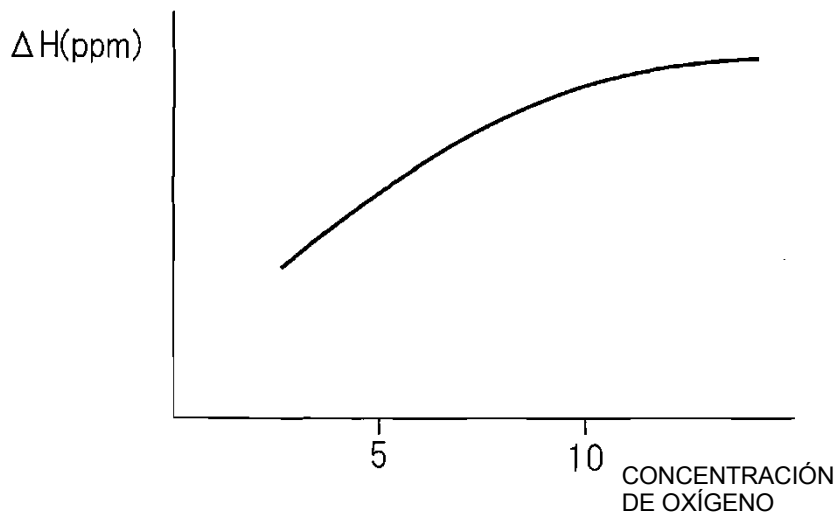


Fig.14

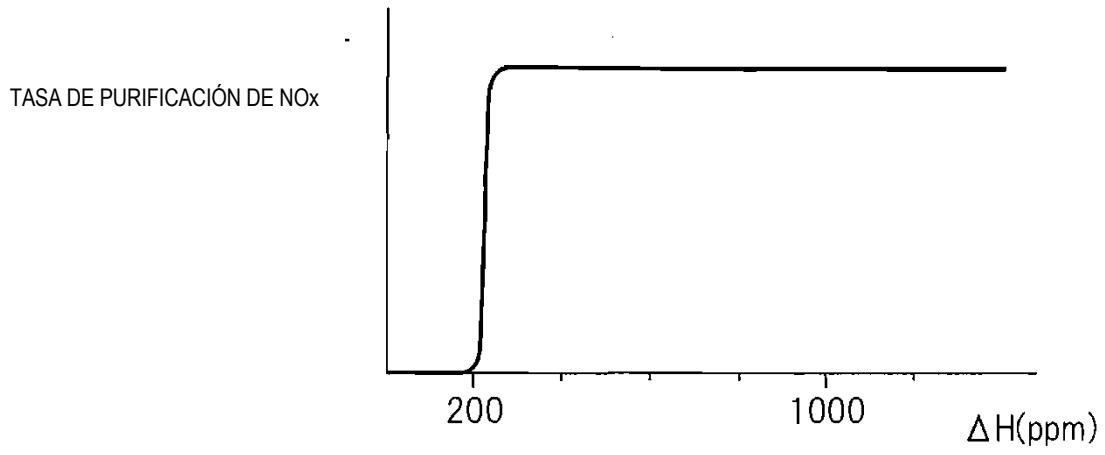


Fig.15

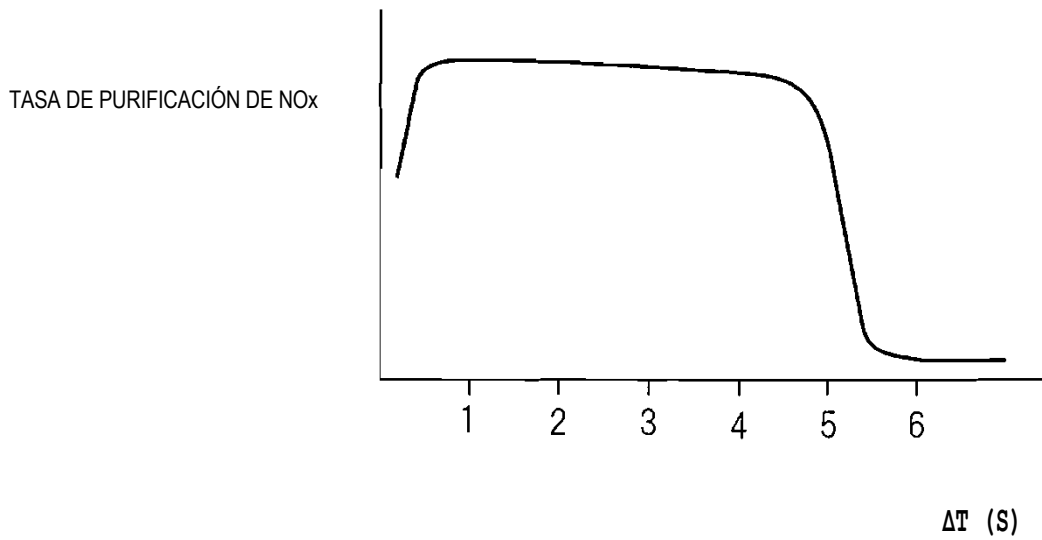


Fig.16

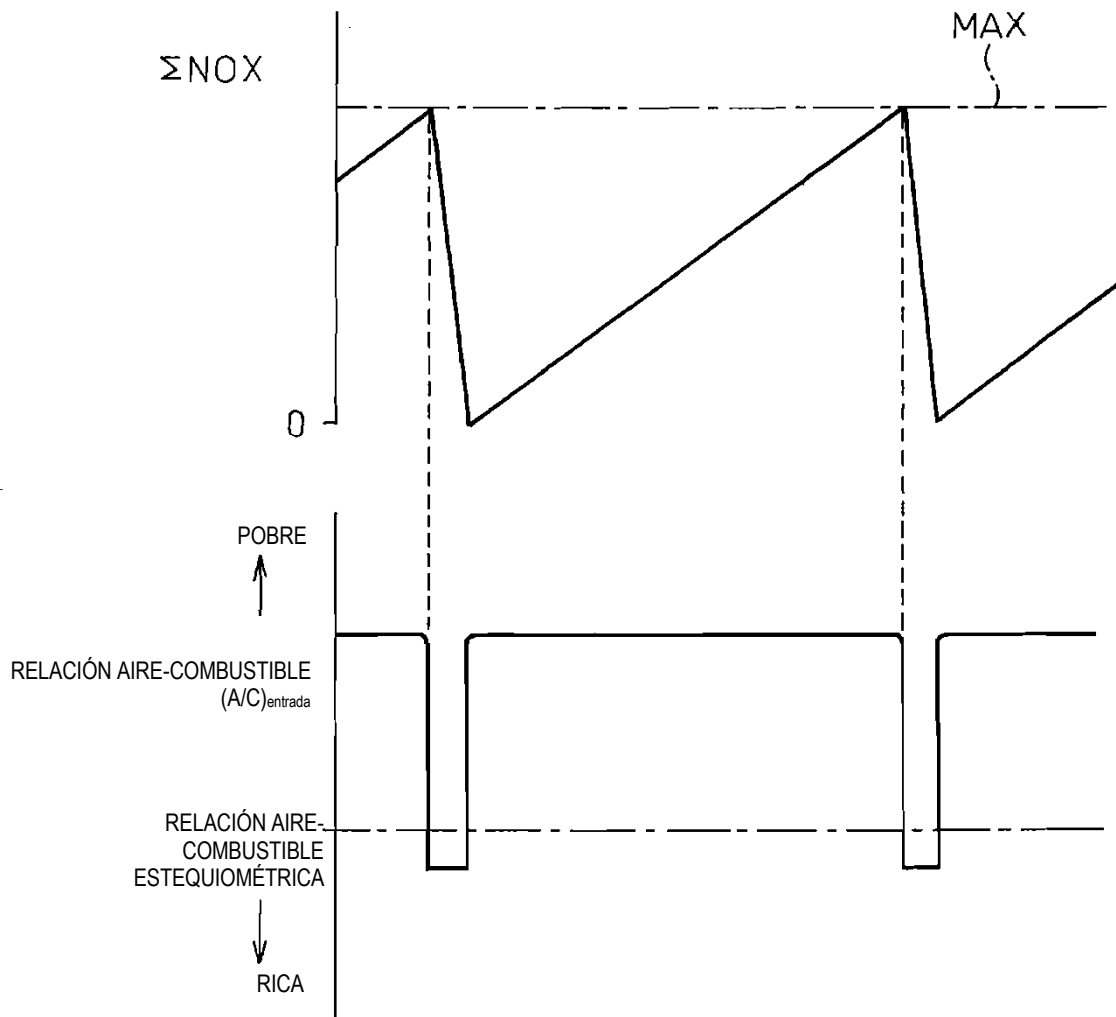


Fig.17

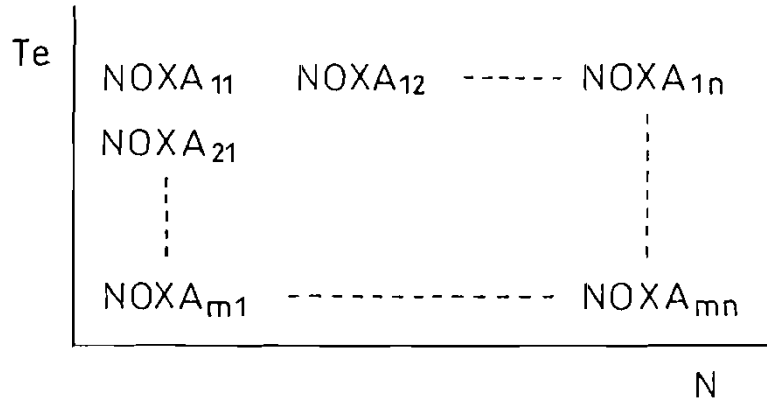


Fig.18

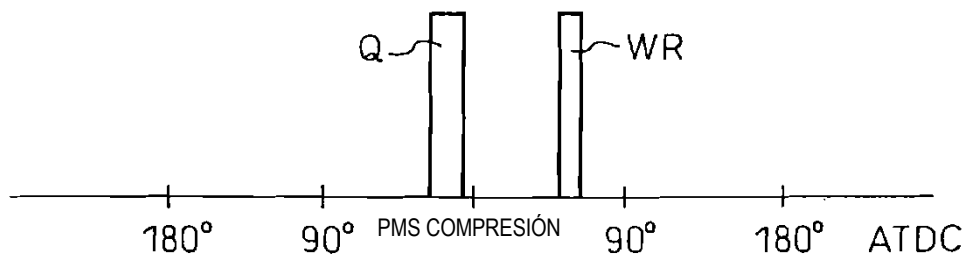


Fig.19

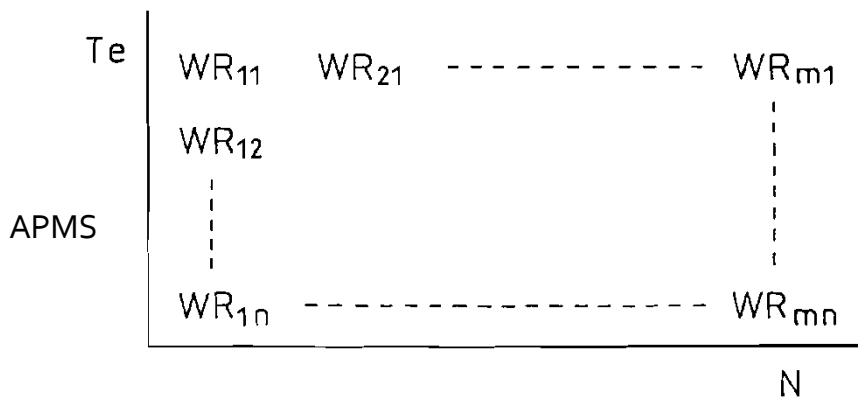


Fig.20A

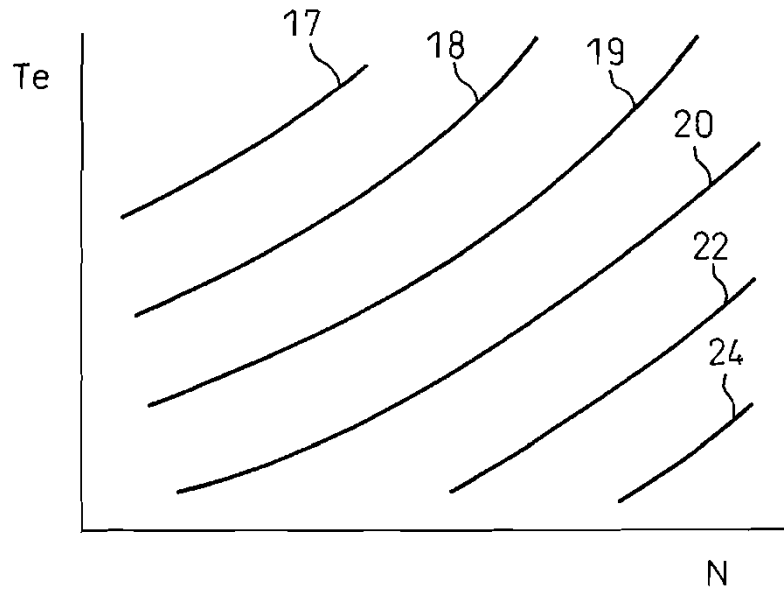


Fig.20B

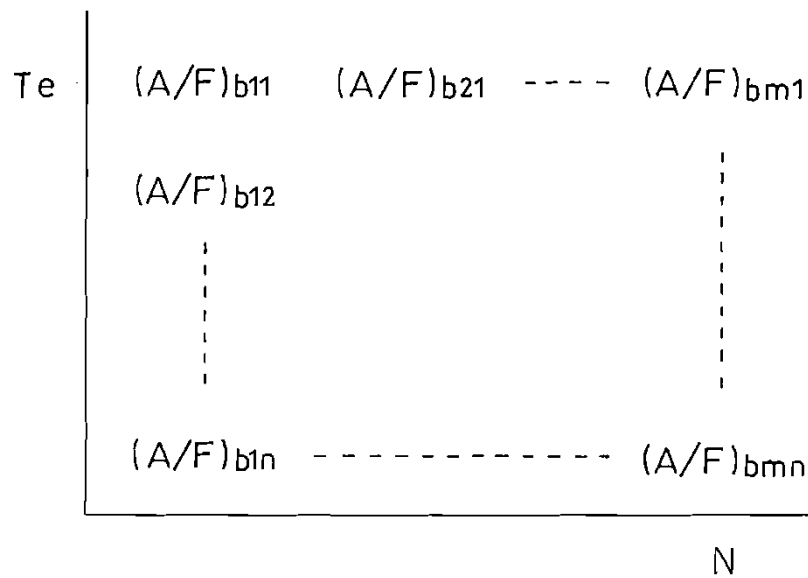


Fig.21A

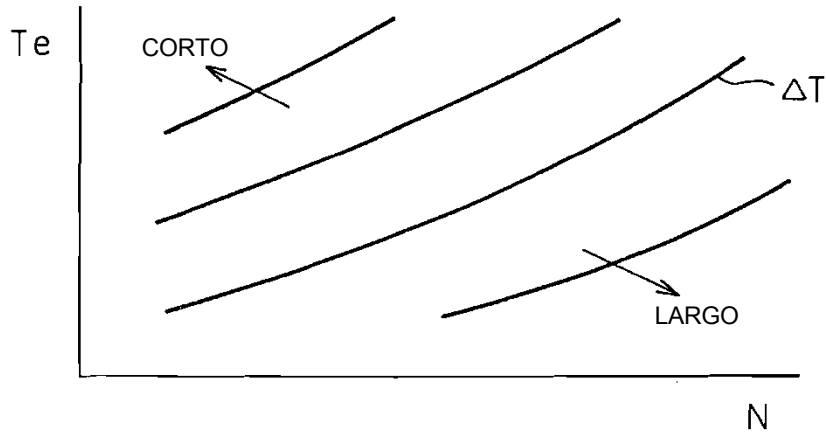


Fig.21B

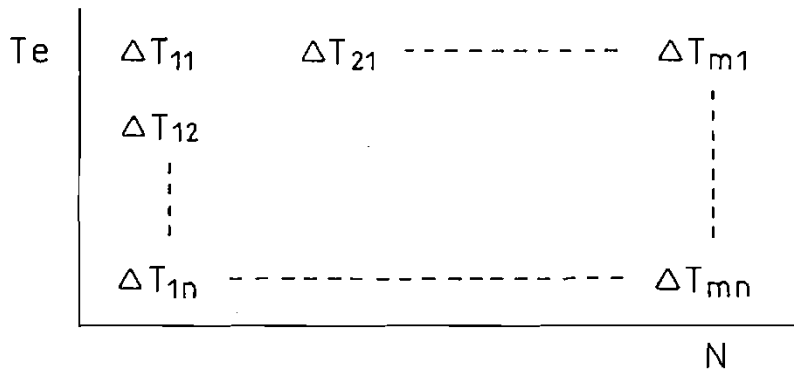


Fig.21C

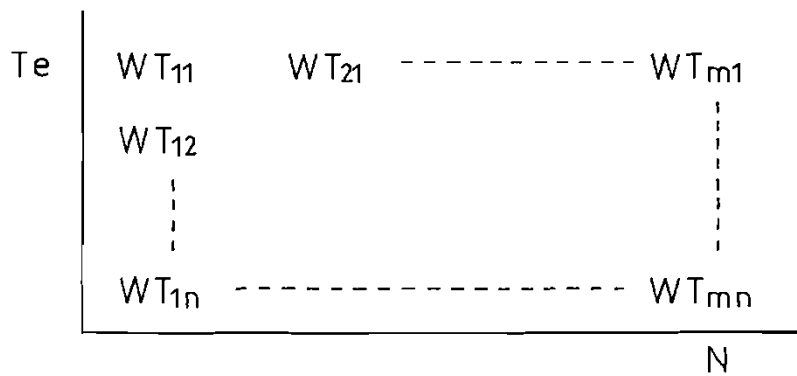


Fig.22A

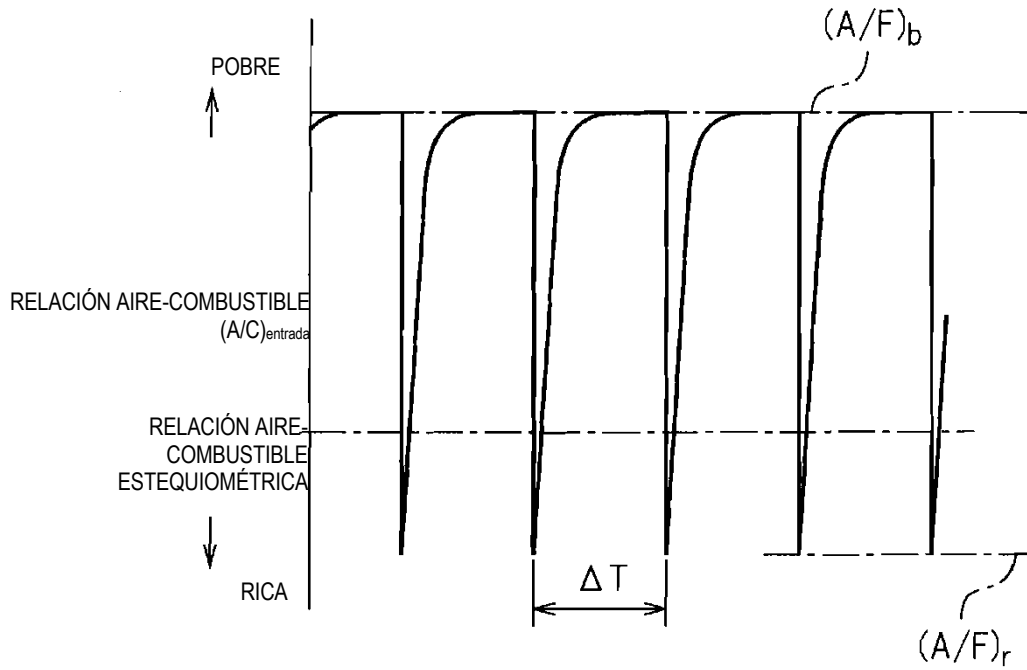


Fig.22B

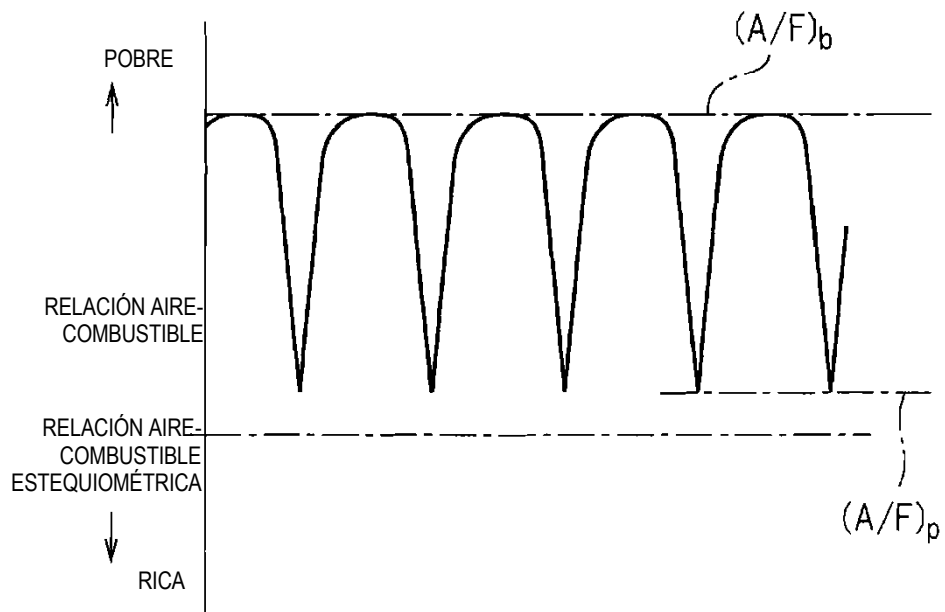


Fig.23

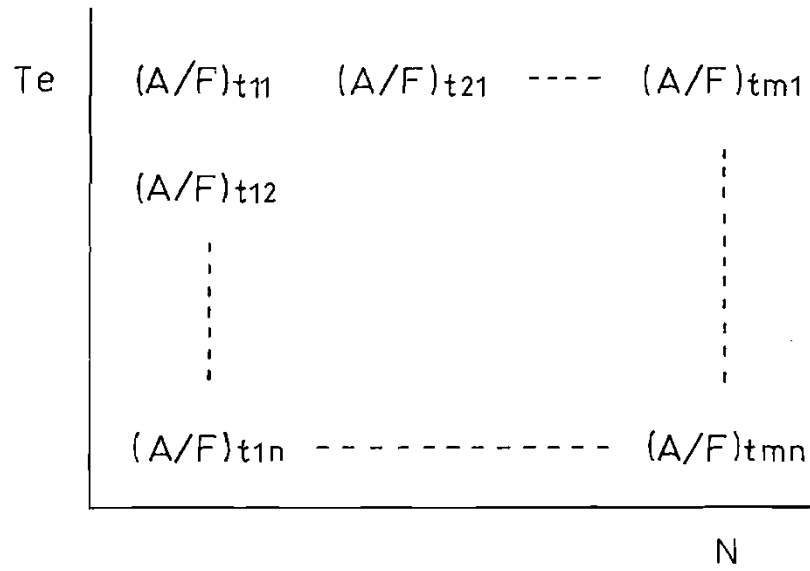


Fig.24

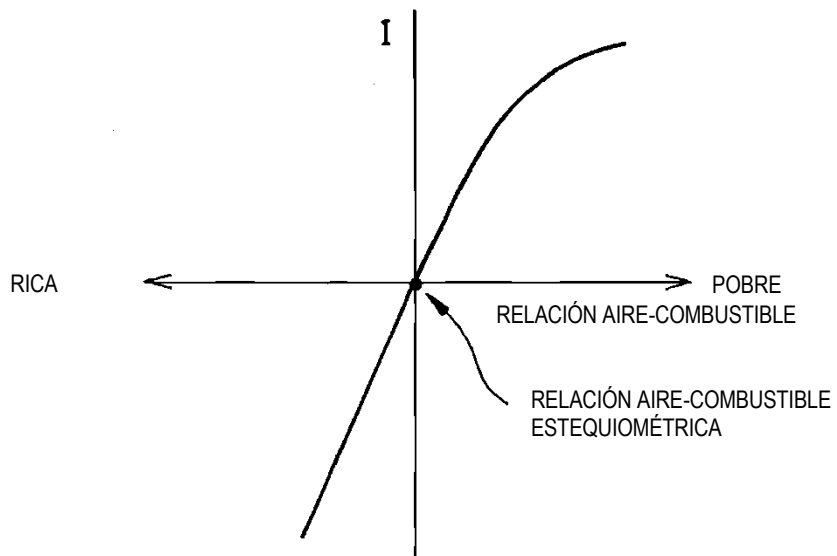


Fig.25

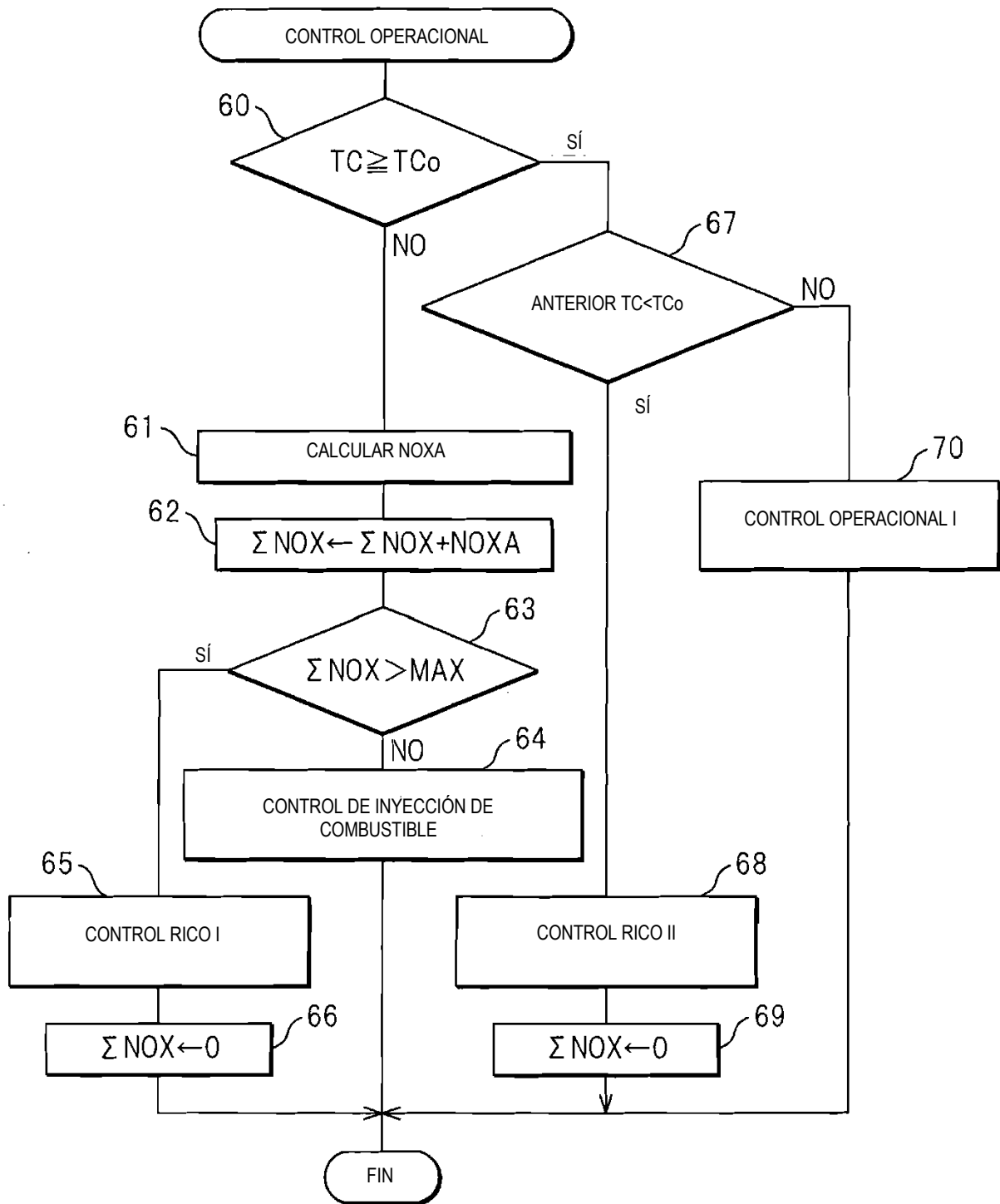


Fig.26

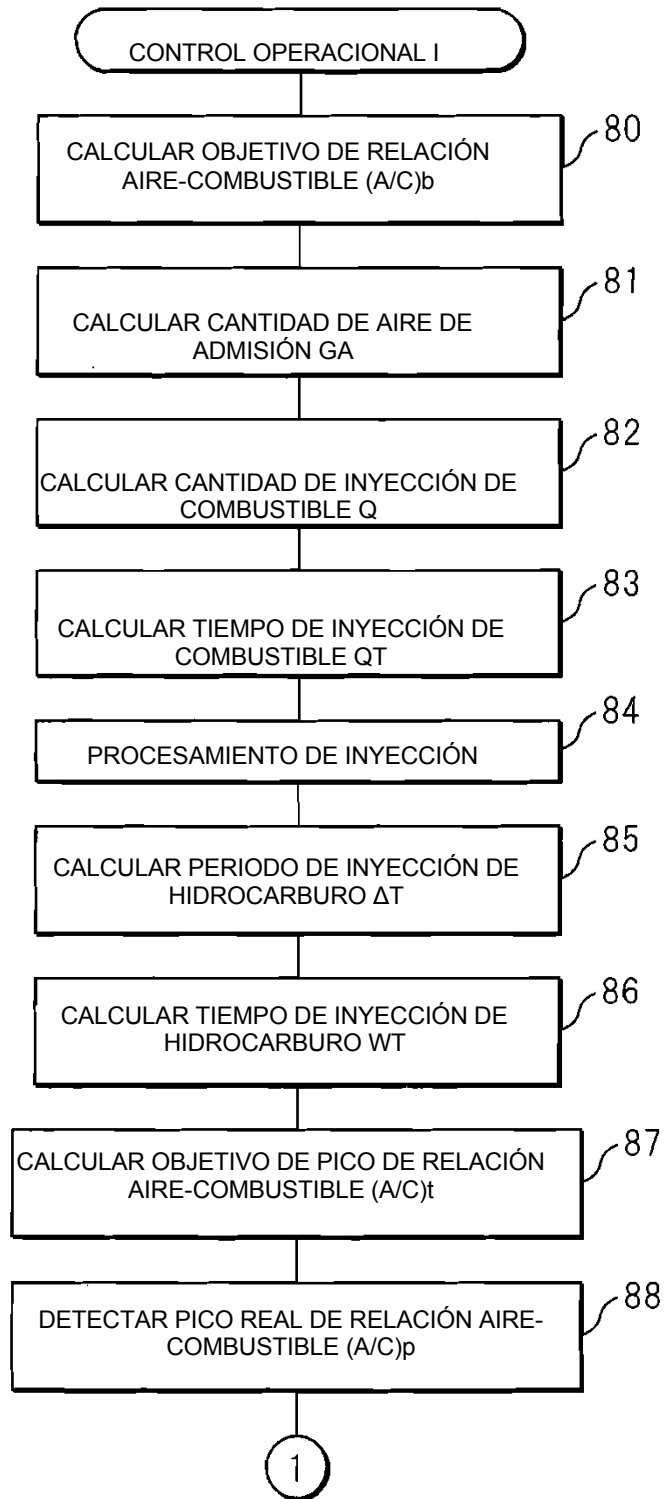


Fig.27

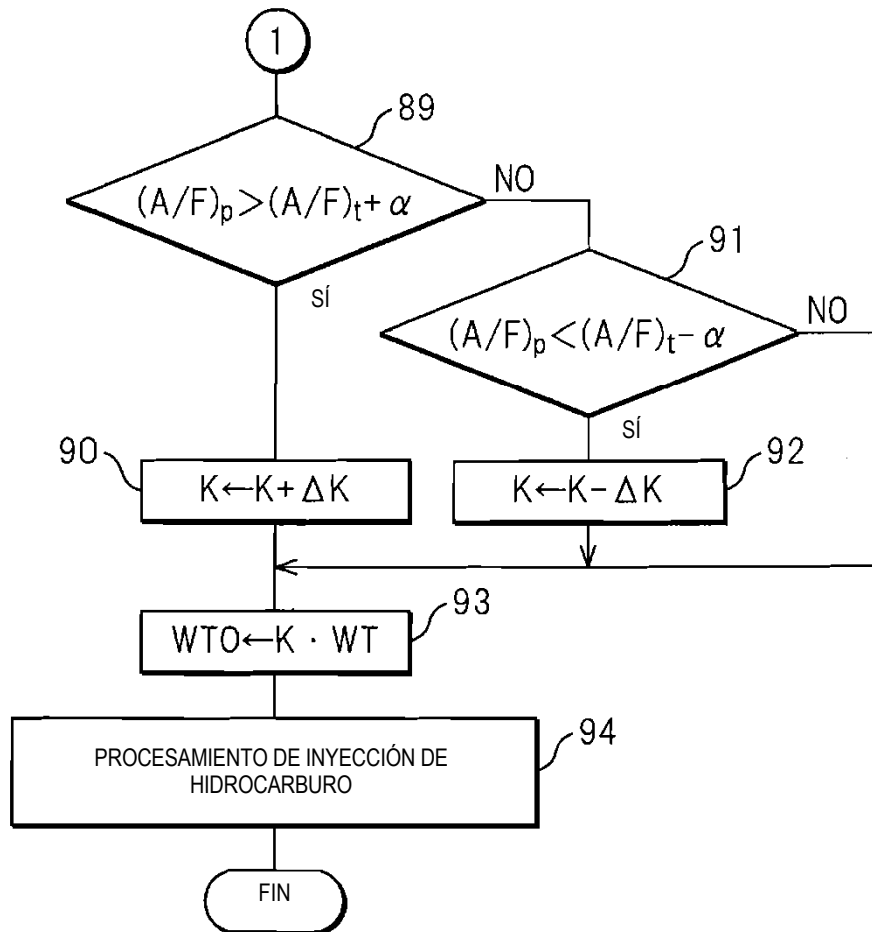


Fig.28

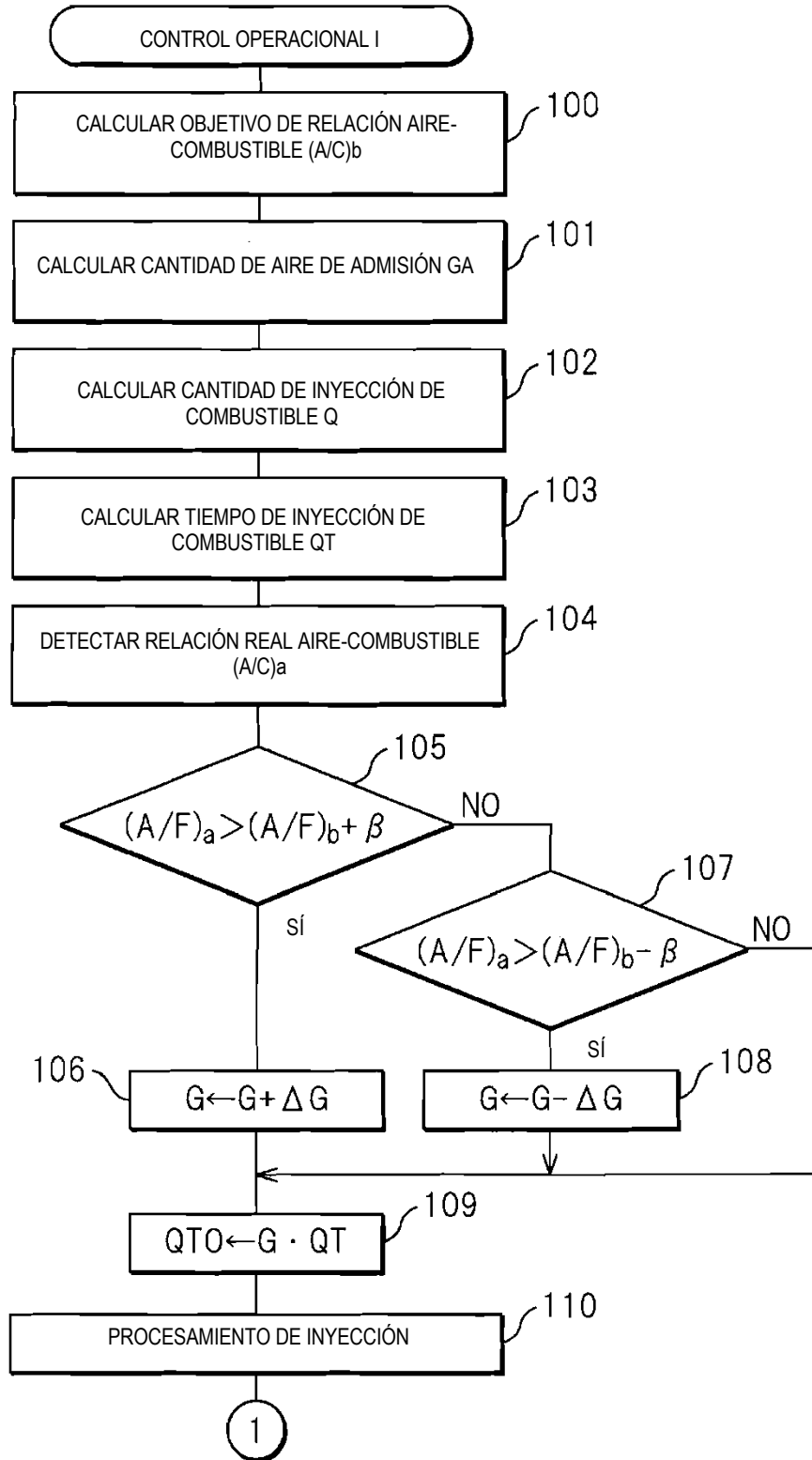


Fig.29

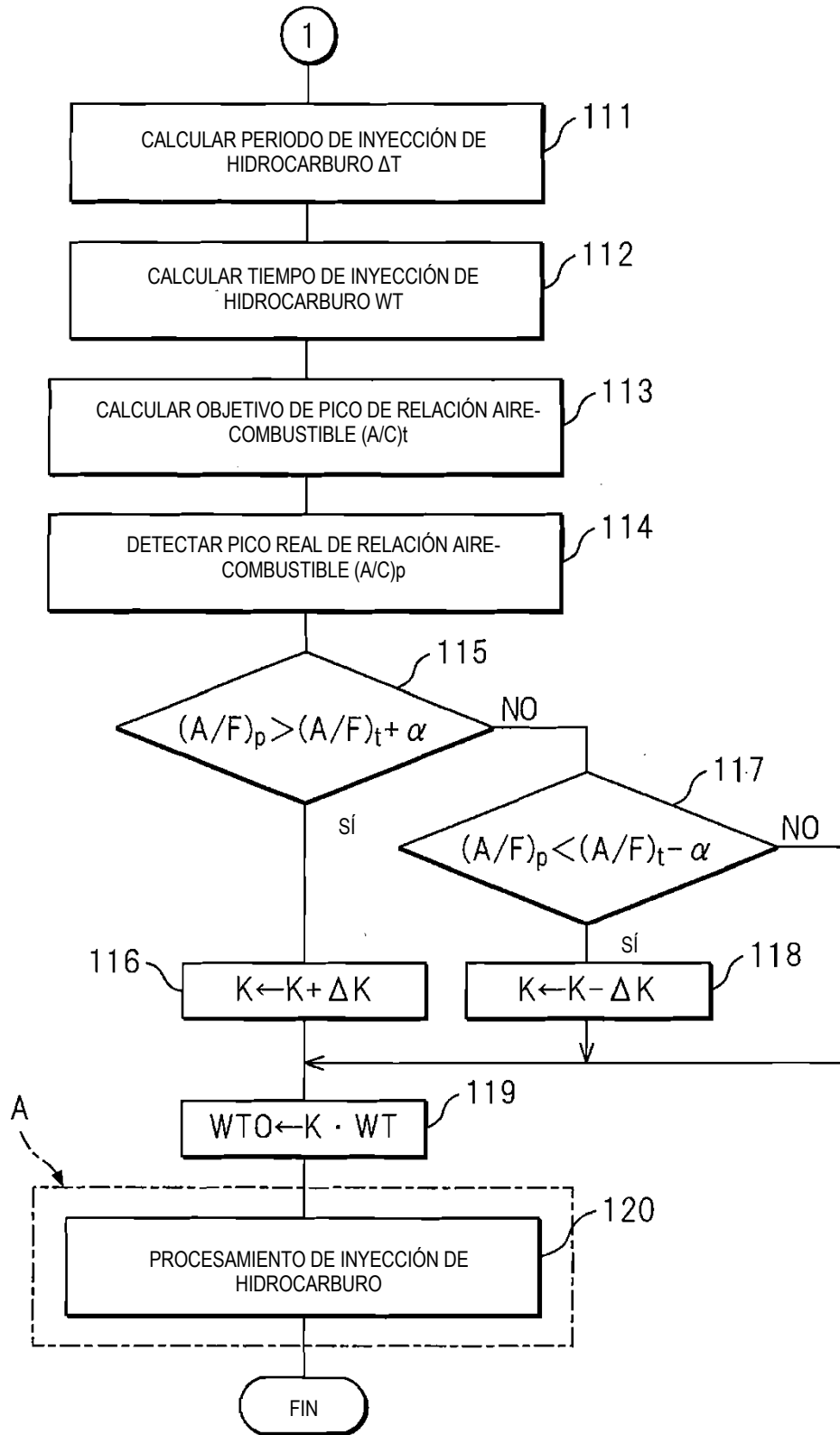


Fig.30

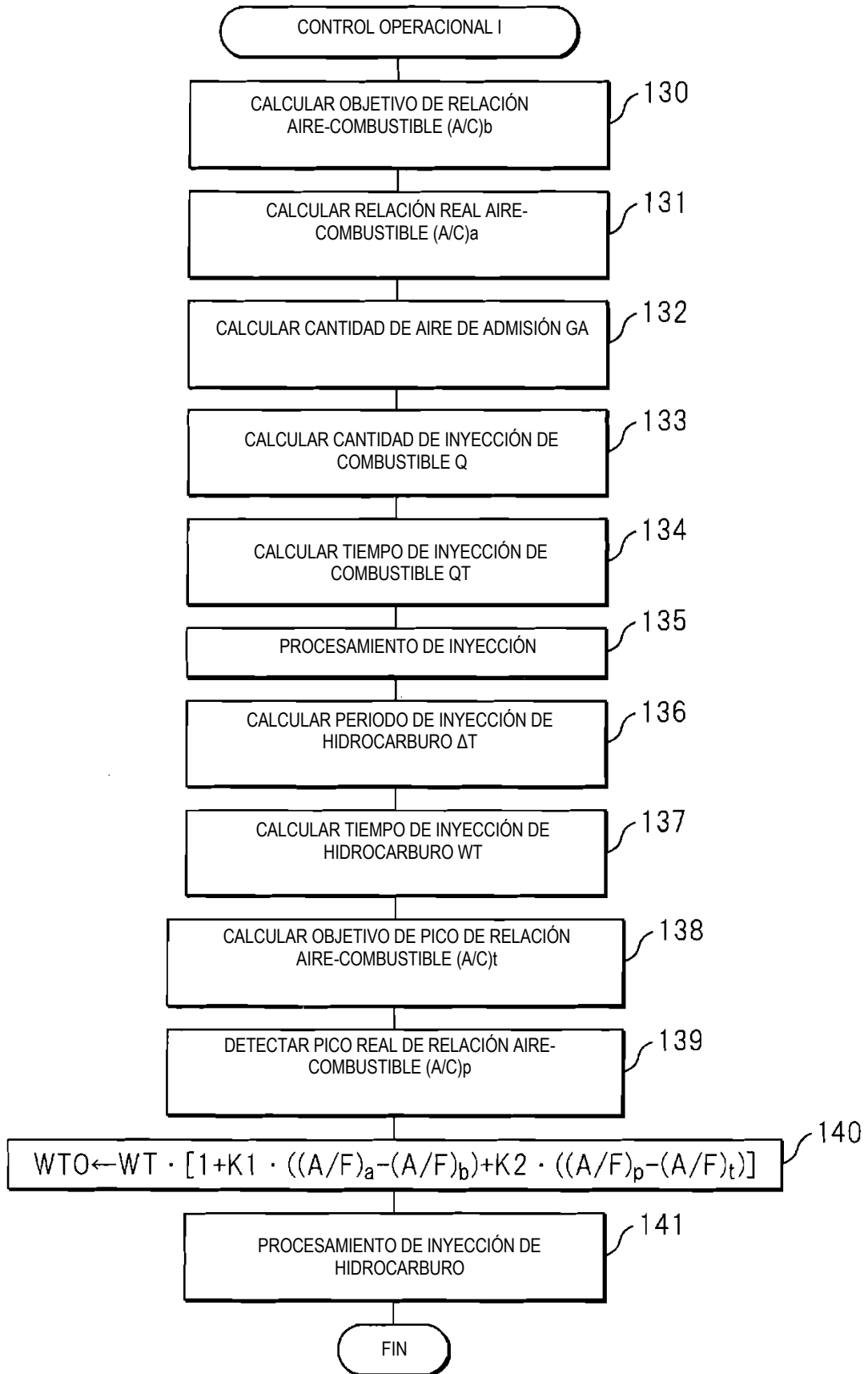


Fig.31

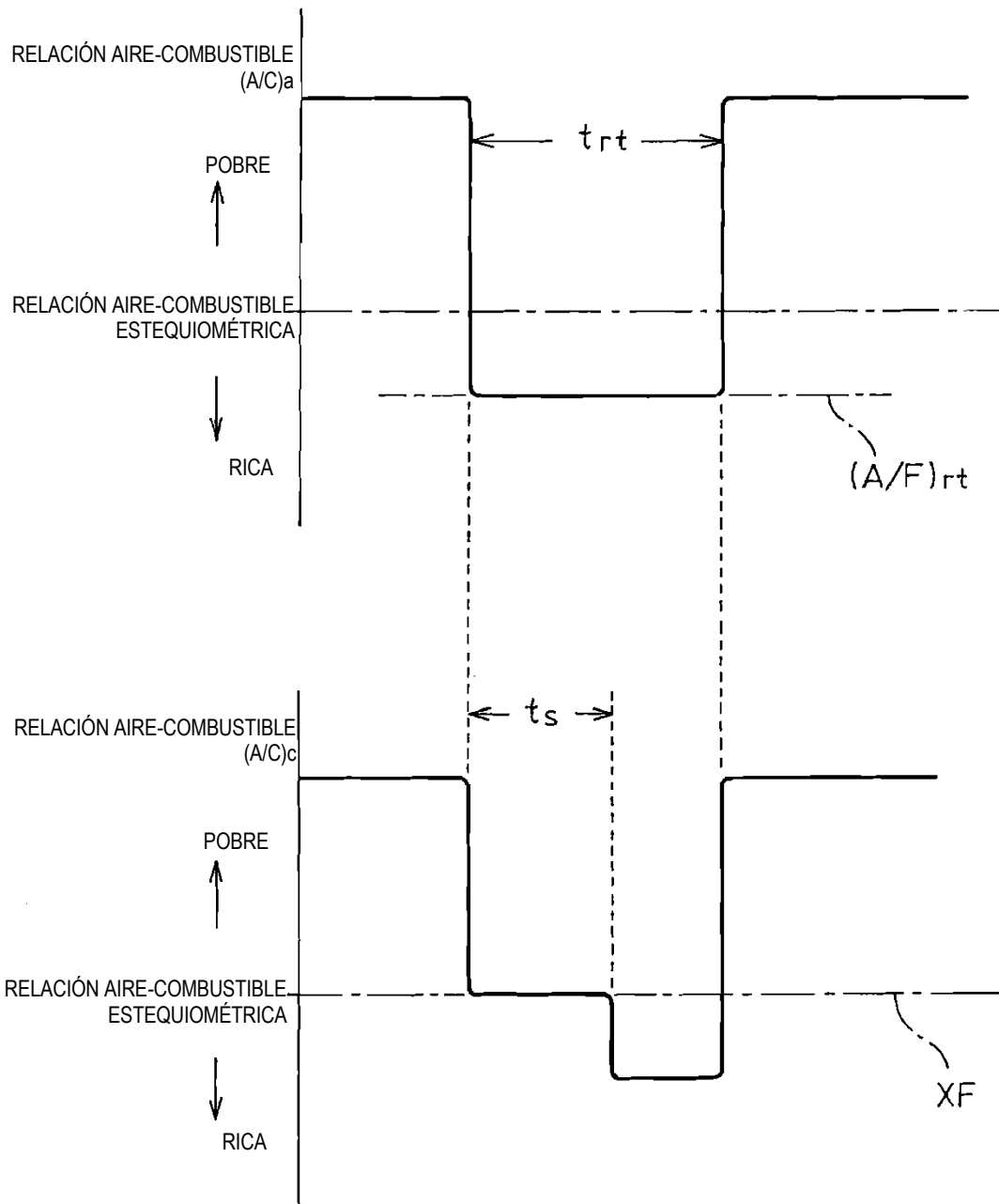


Fig.32

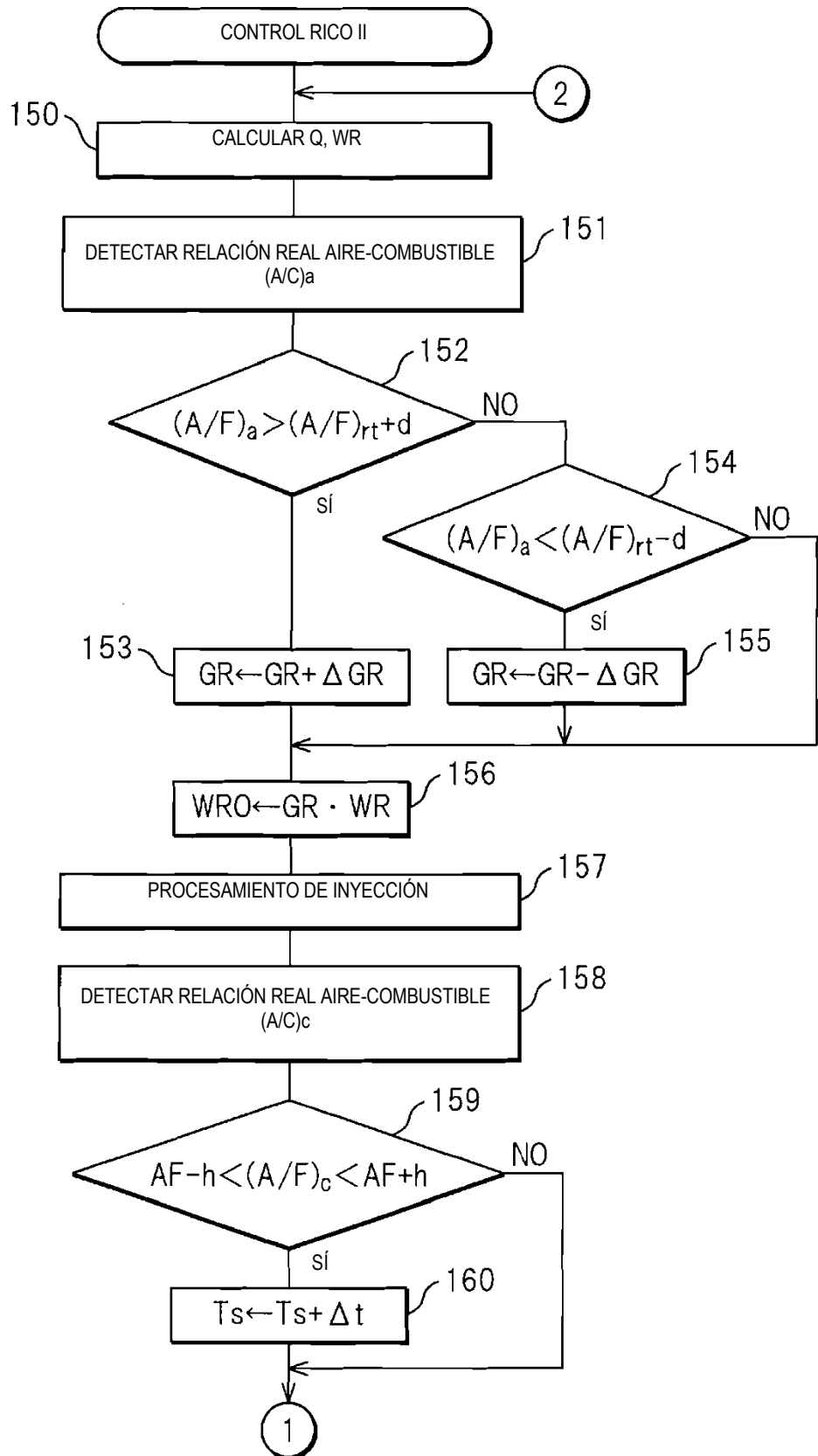


Fig.33

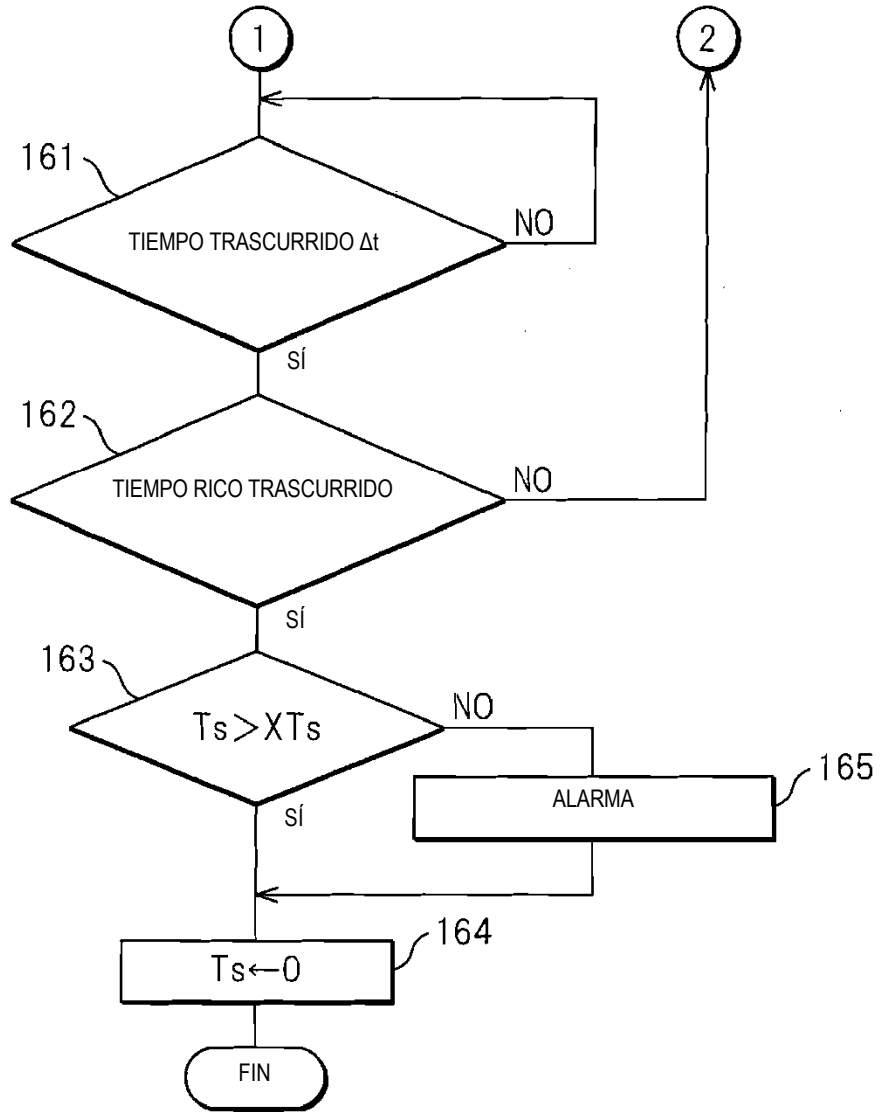


Fig.34

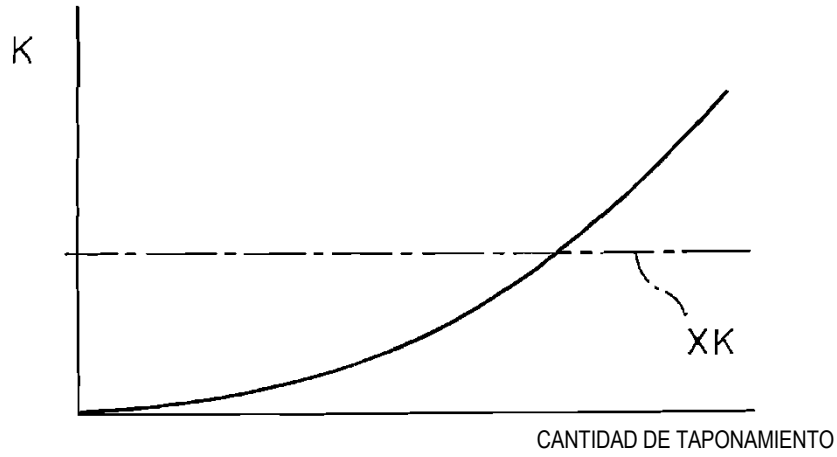


Fig.35

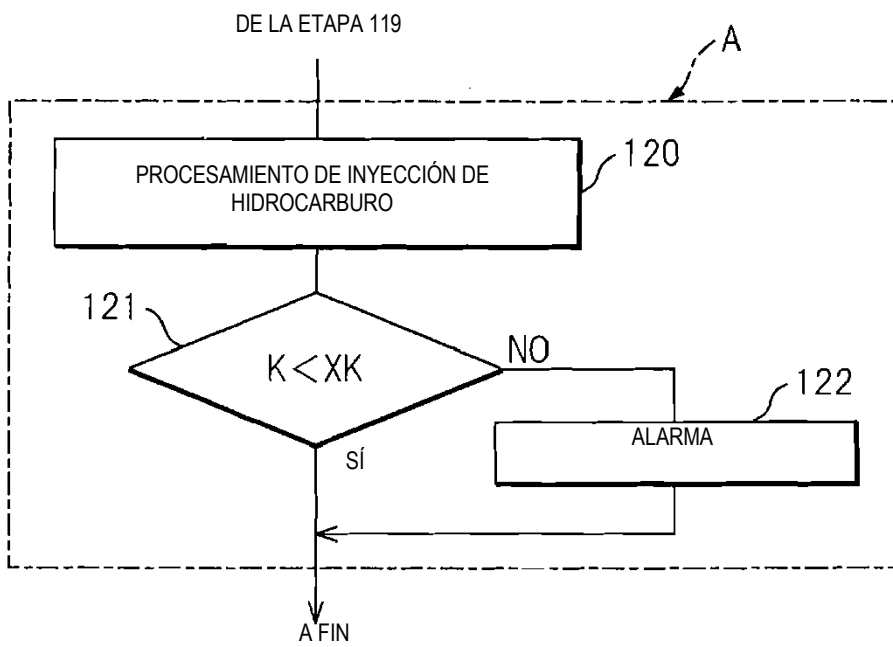


Fig.36A

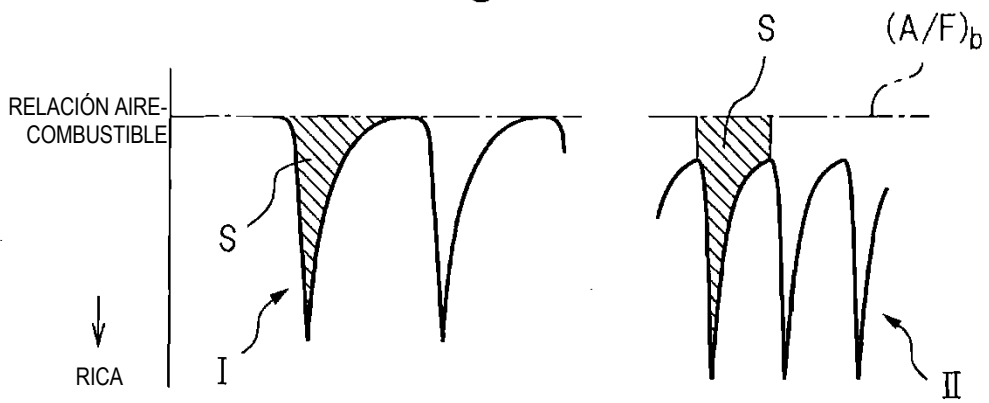


Fig.36B

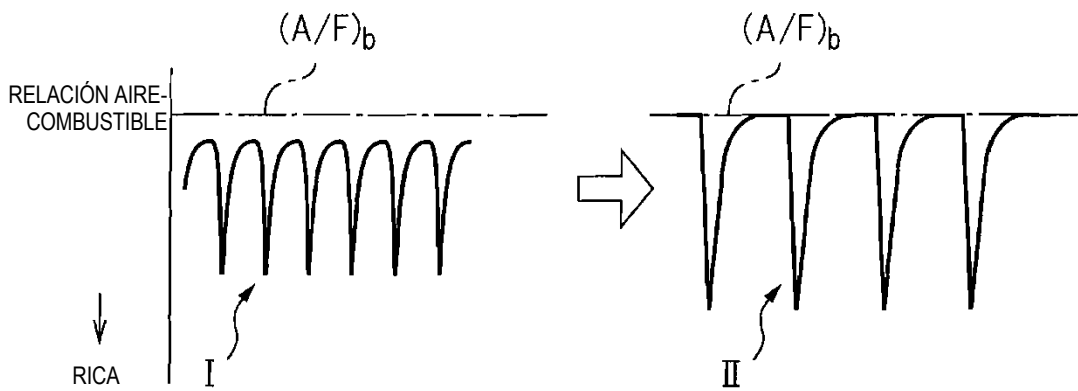


Fig.36C

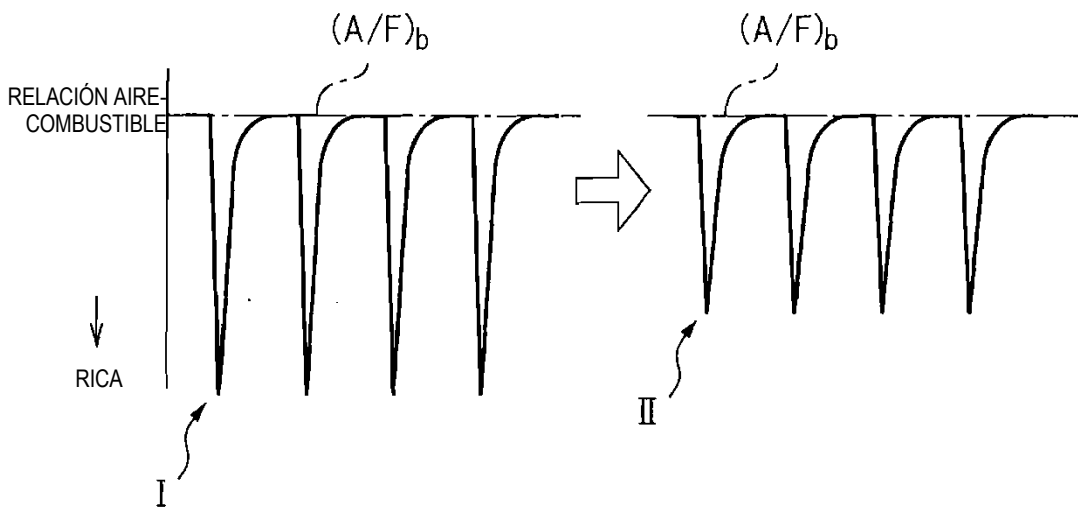


Fig.37

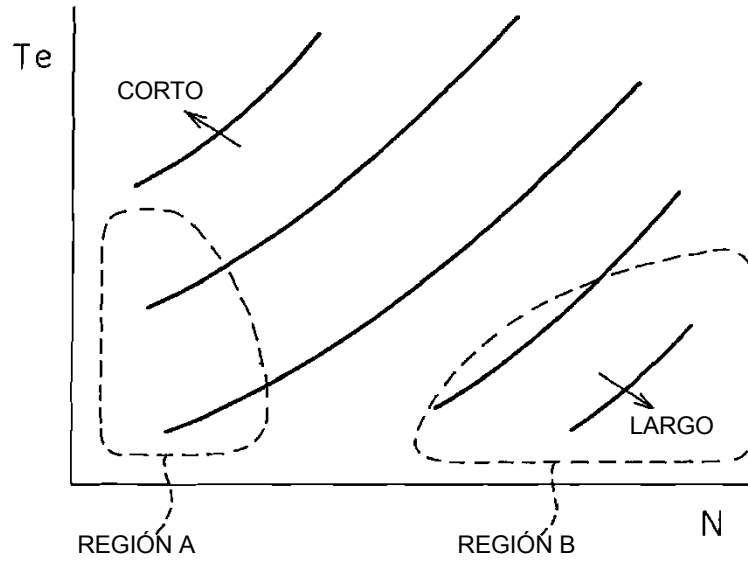


Fig.38

