

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 614**

51 Int. Cl.:

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04021603 .8**

96 Fecha de presentación: **10.09.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1515015**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2005**

54 Título: **Aparato para la depuración de gases de escape de un motor de combustión interna**

30 Prioridad:
11.09.2003 JP 2003320028

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.07.2012

73 Titular/es:
**Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha
1, Toyota-cho
Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP y
KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOSHOKKI**

72 Inventor/es:
**Matsuoka, Hiroki y
Yamamoto, Yukihiisa**

74 Agente/Representante:
Isern Jara, Jorge

ES 2 384 614 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

Aparato para la depuración de gases de escape de un motor de combustión interna.

La presente invención se refiere a un aparato para la depuración de gases de escape de un motor de combustión interna, que aumenta la temperatura de un catalizador dispuesto en el sistema de escape del motor al suministrar componentes de combustible sin quemar al catalizador.

Tal como se ha dado a conocer en la publicación de Patente Japonesa publicada No. 5-44434, algunos de los aparatos depuradores de gases de escape aplicados a motores diesel para vehículos comprenden un catalizador para purificar los gases de escape y una válvula de adición de combustible para añadir combustible a los gases de escape, antes de que los gases de escape sean depurados por el catalizador. En este aparato de depuración de los gases de escape, se lleva a cabo de manera típica un proceso de incremento de la temperatura, en el que se añade combustible al escape desde la válvula de adición de combustible, para aumentar la temperatura del lecho del catalizador.

En el procedimiento de aumento de combustible, la adición de combustible al escape desde la válvula de adición de combustible alimenta directamente combustible al catalizador. Como resultado, componentes de combustible no quemados, tales como hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), y oxígeno (O₂) son suministrados al catalizador. Los componentes del combustible no quemados son oxidados en el escape del catalizador y generan calor. De acuerdo con ello, la temperatura del catalizador aumenta.

No obstante, dependiendo de las condiciones de funcionamiento del motor, el catalizador puede ser desactivado durante el proceso de incremento de temperatura debido a un descenso de la temperatura del escape. Esto dificulta la oxidación de los componentes de combustible no quemados y provoca que los componentes de combustible no quemados se acumulen y permanezcan sobre el catalizador. Como resultado, el área superficial del catalizador expuesta al escape se reduce, lo que reduce adicionalmente el nivel de activación del catalizador. De esta manera, la temperatura del lecho del catalizador disminuye, incluso si se suministran componentes de combustible no quemados.

Si el catalizador es desactivado durante el proceso de incremento de temperatura, los componentes de combustible no quemados que se han suministrado al catalizador son enviados hacia el exterior sin haber quemado por completo. Por lo tanto, la emisión de gases en el escape puede empeorar. Por ejemplo, se puede emitir una gran cantidad de humos. Además, si una gran cantidad de componentes sin quemar se acumulan sobre la superficie del catalizador, el incremento de la temperatura del escape y la desactivación derivada del catalizador provocan que el combustible no quemado depositado sobre la superficie del catalizador se oxide de manera repentina. Como consecuencia, se produce una gran cantidad de calor en un tiempo muy reducido, lo que puede incrementar excesivamente la temperatura del catalizador.

El documento DE 19739751 A1 da a conocer un sistema de depuración de gases de escape que calcula el nivel de óxido nitroso en los gases de escape del motor a partir de la posición detectada del pedal del acelerador y de las revoluciones del motor, que se utiliza conjuntamente con la temperatura de funcionamiento del catalizador (13) de los gases de escape detectada en una serie de puntos, para controlar la alimentación de hidrocarburos para el catalizador, para asegurar la conversión catalítica de los óxidos nitrosos. Un dispositivo de realimentación (30) puede ser utilizado para realimentar una parte de los gases de escape del motor nuevamente hacia la admisión de aire del motor, con la alimentación de hidrocarburos para el catalizador, corregida durante la aceleración inicial.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

De acuerdo con ello, es un objetivo de la presente invención dar a conocer un aparato para la depuración de gases de escape de un motor de combustión interna, que elimina de manera satisfactoria las desventajas debidas a la desactivación de un catalizador durante un proceso de incremento de la temperatura.

Para conseguir el anterior y otros objetivos y, de acuerdo con los objetivos de la presente invención, se da a conocer un aparato para la depuración de los gases de escape, que lleva a cabo un proceso de incremento de temperatura, en el que el aparato suministra componentes de combustible no quemados a un catalizador dispuesto en un sistema de escape de un motor de combustión interna, incrementando de esta manera la temperatura del lecho del catalizador. El aparato comprende medios de suspensión. En el caso en el que se detecta que se ha incrementado la temperatura del lecho del catalizador por el suministro de componentes de combustible no quemados después del inicio del proceso de incremento de la temperatura, los medios de suspensión suspenden el suministro de componentes de combustible no quemados al catalizador si la temperatura del lecho de este último se detecta que se ha disminuido hasta un nivel igual o inferior a una temperatura de activación determinada que indica que el catalizador está en estado activado.

La presente invención da a conocer, además, un procedimiento de depuración de gases de escape en el que se lleva a cabo un proceso de incremento de temperatura. En el proceso de incremento de temperatura, se suministran componentes de combustible no quemados a un catalizador dispuesto en un sistema de escape de un motor de combustión interna, de manera que la temperatura del lecho del catalizador se incrementa. El procedimiento

comprende: detectar que la temperatura del lecho del catalizador se ha incrementado por el suministro de componentes de combustible no quemados después del inicio del proceso de incremento de temperatura y; en el caso en el que se detecta que se ha incrementado la temperatura del lecho del catalizador, suspender el suministro de componentes de combustible no quemados al catalizador, si la temperatura del lecho del catalizador se detecta que ha disminuido a un nivel igual o inferior a una temperatura de determinación de activación que indica que el catalizador está en estado activado.

Otros aspectos y ventajas de la presente invención quedarán evidentes de la siguiente descripción, considerada conjuntamente con los dibujos adjuntos, que muestran a título de ejemplo los principios de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención, junto con los objetivos y ventajas de la misma, se comprenderá mejor haciendo referencia a la siguiente descripción de las realizaciones actualmente preferentes, junto con los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra un motor de combustión interna, según una realización de la presente invención;

La figura 2 es un diagrama que muestra la relación entre la temperatura THCI de los gases de admisión y una temperatura de referencia TEMPNSR;

La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra una rutina para determinar si se puede llevar a cabo un procedimiento para detectar el estado desactivado de un catalizador;

La figura 4 es un diagrama de flujo que muestra una rutina relativa al proceso de suspensión;

La figura 5 es un diagrama de flujo que muestra un estado en el que se lleva a cabo el proceso de suspensión de la figura 4;

La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra parte de una rutina relativa a un proceso de suspensión de acuerdo con una primera modificación; y

La figura 7 es un diagrama de flujo que muestra una rutina para determinar si se puede llevar a cabo un procedimiento para desactivar el estado desactivado de un catalizador, según una segunda modificación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERENTES

Un aparato para la depuración de los gases de escape de un motor de combustión interna, según una realización de la presente invención, se describirá a continuación haciendo referencia a los dibujos.

La figura 1 muestra la configuración de un motor de combustión interna 10, de acuerdo con esta realización. El motor de combustión interna 10 es un motor diesel que tiene un dispositivo de inyección de combustible de conducto común y un turbocompresor 11. El motor de combustión interna 10 comprende un conducto de admisión 12, cámaras de combustión 13, y un conducto de escape 14 como componentes principales.

El conducto de admisión 12 forma un sistema de admisión del motor de combustión interna 10. En la parte superior del conducto de admisión 12 está situado un filtro de aire 15. Desde el filtro de aire 15 hacia el lado de abajo están dispuestos el medido de flujo 16, un compresor 17 incorporado en el turbocompresor 11, un refrigerador intermedio 18, y una válvula de estrangulación de la admisión 19, todo ello en el conducto de admisión 12. El conducto de admisión 12 está ramificado en un colector de admisión 20 situado más abajo de la válvula de estrangulación de la admisión 19 y conectado a cada una de las cámaras de combustión 13 del motor de combustión interna 10 con intermedio de aberturas de admisión 21.

En el conducto de escape 14, que forma el sistema de escape del motor de combustión interna 10, una abertura de escape 22 está conectada a cada una de las cámaras de combustión 13. Las aberturas de escape 22 están conectadas a una turbina de escape 24 del turbocompresor 11, con el intermedio del colector de escape 23. En una sección del conducto de escape 14 que se encuentra más abajo de la turbina de escape 24, están dispuestos un convertidor de NOx 25 con catalizador, un filtro PM 26, y un convertidor con catalizador de oxidación 27, en este orden, desde la parte superior a la parte inferior.

El convertidor de NOx 25 con catalizador soporta un catalizador de absorción-reducción de NOx. El catalizador de NOx absorbe NOx (óxido de nitrógeno) en el escape cuando la concentración de oxígeno en el escape es elevada, y emite el NOx absorbido al escape cuando la concentración de oxígeno en este último es baja. Si la cantidad de componentes de combustible no quemados, que funcionan como agente reductor, alrededor del catalizador, es suficiente cuando se emite NOx desde el catalizador de NOx, el NOx emitido es absorbido. Como resultado, el escape es depurado.

El filtro PM 26 está realizado en un material poroso y retiene materia en partículas (PM) en el escape. Tal como el convertidor 25 con catalizador de NOx, el filtro PM 26 soporta un catalizador de absorción-reducción de NOx. El catalizador de NOx del filtro PM 26 contribuye también a la reducción de NOx en el escape. La materia en partículas retenida es quemada (oxidada) en una reacción que es promovida por el catalizador de NOx.

- 5 El convertidor 27 con catalizador de oxidación soporta un catalizador de oxidación. El catalizador de oxidación funciona oxidando los hidrocarburos (HC) y el óxido de carbono (CO) del escape para purificar el escape.

10 En secciones de más arriba y de más abajo del filtro PM 26 se disponen un sensor 28 de temperatura de gases de entrada y un sensor 29 de temperatura de gases a la salida, respectivamente. El sensor 28 de temperatura de gases de entrada detecta la temperatura de los gases de entrada, que es la temperatura de los gases de escape que pasan hacia dentro del filtro PM 26. El sensor 29 de temperatura de gases de salida detecta la temperatura de los gases de salida, que es la temperatura de los gases de escape que han pasado a través del filtro PM 26. Asimismo, se dispone un sensor de presión diferencial 30 en el conducto de escape 14. El sensor 30 de presión diferencial detecta una diferencia de presión entre una sección de más arriba y una sección de más abajo del filtro PM 26. Los sensores de oxígeno 31, 32 están situados en una sección del conducto de escape 14, que se encuentra más arriba del convertidor 25 de NOx con catalizador y una sección del conducto de escape 14 entre el filtro PM 26 y el convertidor 27 con catalizador de oxidación, respectivamente. Los sensores de oxígeno 31, 32 detectan la concentración de oxígeno en el escape.

20 El motor de combustión interna 10 incluye, además, un dispositivo de recirculación de gases de escape (dispositivo EGR) para devolver una parte de los gases de escape al conducto de admisión 12. El dispositivo EGR comprende un conducto 33 de EGR, que conecta el conducto de escape 14 con el conducto de admisión 12. La parte de más arriba del conducto EGR 33 está conectada a una sección del conducto de escape 14, que está más arriba de la turbina de gases de escape 24. En el conducto del EGR 33, se han dispuesto un catalizador de EGR 34, un refrigerador de EGR 35, y una válvula de EGR 36, en este orden, desde el lado de más arriba al lado de más abajo. El catalizador de EGR 34 reforma los gases de escape recirculados. El refrigerador 35 del EGR refrigera los gases de escape reformados. La válvula 36 del EGR ajusta el caudal de los gases de escape reformados y enfriados. La parte de más abajo del paso de EGR 33 está conectada a una sección del paso de entrada 12 que se encuentra más abajo de la válvula 19 de estrangulación de entrada.

30 Un inyector 40 está dispuesto en cada una de las cámaras de combustión 13 del motor de combustión interna 10 para inyectar combustible para su combustión en la cámara de combustión 13. Los inyectores 40 están conectados a un conducto común 42 con un conducto de combustible de alta presión 41. Se suministra combustible a alta presión al conducto común 42 con intermedio de la bomba de combustible 43. La presión del combustible a alta presión en el conducto común 42 es detectada por un sensor de presión 44 del conducto común, acoplado al conducto común 42. La bomba de combustible 43 es capaz de suministrar combustible a baja presión a una válvula 46 de adición de combustible con intermedio de un conducto de combustible a baja presión 45.

35 Varios procesos de control del motor de combustión interna 10 son realizados por un dispositivo de control electrónico 50. El dispositivo de control electrónico 50 incluye una UCP que lleva a cabo varios procesos de cálculo relacionados con el control del motor 10, una ROM que almacena programas y datos necesarios para el control, una RAM para el almacenamiento temporal de los resultados de cálculo de la UCP, y puertos de entrada y salida para introducir y enviar señales al exterior.

40 Además de los sensores antes descritos, el puerto de entrada del dispositivo de control electrónico 50 está conectado a un sensor NE 51 para detectar la velocidad de rotación del motor 10, un sensor de aceleración 52 para detectar la magnitud de la aceleración y un sensor 53 para la válvula de estrangulación para detectar el grado de apertura de la válvula de estrangulación de admisión 19. El puerto de salida del dispositivo de control electrónico 50 está conectado a circuitos de control para controlar la válvula de estrangulación de admisión 19, la válvula de EGR 36, el inyector 40, la bomba de combustible 43, y la válvula 46 de adición de combustible.

50 Basándose en las señales detectadas de los sensores anteriormente descritos, el dispositivo de control electrónico 50 capta las condiciones de funcionamiento del motor 10. De acuerdo con las condiciones de funcionamiento que se han captado, el dispositivo de control electrónico 50 envía señales de control a los circuitos de control de los dispositivos conectados al puerto de salida. Por ejemplo, el dispositivo de control electrónico 50 lleva a cabo varios procesos de control, tales como el control del grado de apertura de la válvula de estrangulación de admisión 19, control de EGR basándose en el control del grado de apertura de la válvula de EGR 36, control de la cantidad, sincronización y presión de la inyección de combustible desde el inyector 40, y control relativo a la adición de combustible por la válvula 46 de adición de combustible.

55 En el motor de combustión interna 10 de esta realización, se lleva a cabo, según las necesidades, un proceso de regeneración para regenerar el filtro PM 26 y un proceso para eliminar contaminación por azufre del catalizador de NOx. El objetivo del proceso de regeneración del filtro PM 26 consiste en quemar y eliminar partículas de materia retenida por el filtro PM 26 para impedir el taponamiento de dicho filtro PM 26. El objetivo del proceso de eliminación de contaminación por azufre consiste en restablecer la capacidad de absorción del catalizador de NOx soportado por

el convertidor 25 de NOx con catalizador y el filtro PM 26, cuya capacidad es reducida cuando se absorbe el óxido de azufre (SOx).

5 Cuando se lleva a cabo el proceso de regeneración del filtro PM 26 y el proceso de eliminación de contaminación por azufre, la temperatura del lecho del catalizador del convertidor 25 de NOx con catalizador y el filtro PM 26 debe ser suficientemente elevada. Cuando se llevan a cabo estos procesos, se lleva a cabo un proceso de incremento de la temperatura para aumentar la temperatura del lecho del catalizador a un nivel adecuado para la regeneración del filtro PM 26 y para la eliminación de la contaminación por azufre (por ejemplo, 600°C a 700°C). En el proceso de incremento de temperatura, los componentes de combustible no quemados son suministrados al catalizador de NOx. Los componentes de combustible no quemados son oxidados en el escape del catalizador y generan calor. De acuerdo con ello, se incrementa la temperatura del lecho del catalizador. Cuando se aumenta la cantidad de combustible no quemado, añadida al catalizador de NOx, se repite la adición de combustible desde la válvula de adición de combustible 46 al escape a intervalos relativamente cortos.

El proceso de incremento de temperatura se lleva a cabo solamente cuando se ha satisfecho la totalidad de los cinco requerimientos siguientes.

15 Es necesario el proceso de regeneración del filtro PM 26 o el proceso de eliminación de contaminación por azufre. El proceso de regeneración del filtro PM 26 es necesario cuando, basándose en los resultados detectados del sensor de presión diferencial 30, se detecta el taponamiento del filtro PM 26. El proceso de eliminación de contaminación por azufre es necesario cuando la cantidad de SOx absorbido, que se calcula basándose en el historial de funcionamiento del motor 10, sobrepasa un valor predeterminado.

20 La temperatura de entrada de gases THCI detectada por el sensor 28 de temperatura de gases de entrada no es menor que un valor predeterminado (por ejemplo, 150°C), y la temperatura del lecho del catalizador de NOx estimada basándose en el historial de funcionamiento del motor 10 no es menor que un valor predeterminado. Estos valores predeterminados son valores mínimos de la temperatura del escape y de la temperatura del lecho del catalizador requeridos para favorecer la oxidación de los componentes de combustible no quemados suministrados para incrementar la temperatura del lecho del catalizador.

La temperatura de los gases de entrada detectada por el sensor 28 de temperatura de los gases de entrada es menor que el límite superior en un rango de temperatura para evitar el calentamiento excesivo del catalizador debido al proceso de incremento de temperatura.

30 La temperatura de los gases de salida detectada por el sensor 29 de temperatura de los gases de salida es menor que el valor del límite superior en un rango de temperatura para evitar el calentamiento excesivo del catalizador debido al proceso de incremento de la temperatura.

35 Se permite la adición de combustible al escape. Es decir, el estado de funcionamiento del motor 10 permite la adición de combustible al escape. En principio, la adición de combustible al escape es permitida en el motor de combustión interna 10, siempre que dicho motor 10 no se esté parando, los cilindros se distingan, y el grado de depresión del pedal de aceleración no esté limitado.

40 Para evitar inconvenientes debido a la desactivación del catalizador durante el proceso de incremento de temperatura, se lleva a cabo un proceso de suspensión para suspender la adición de combustible al escape desde la válvula 46 de adición de combustible, en el motor de combustión interna 10. El proceso de suspensión es realizado cuando se detecta la desactivación del catalizador durante el proceso de incremento de temperatura. El proceso de suspensión se describirá a continuación haciendo referencia a las figuras 2 a 5.

45 En el proceso de suspensión, basado en el diferencial THNSRDL entre la temperatura de los gases de entrada THCI detectada por el sensor 28 de temperatura de gases de entrada situado más abajo del convertidor 25 de NOx con catalizador y la temperatura de referencia TEMPNSR, se detecta la desactivación del catalizador. La temperatura de referencia TEMPNSR es un valor de la temperatura de gases de entrada THCI, que es estimada en la suposición de que el catalizador de NOx soportado por el convertidor 25 de NOx con catalizador está completamente desactivado, es decir, no se genera calor por la reacción fomentada por el catalizador de NOx. La temperatura de referencia TEMPNSR se determina, por ejemplo, basándose en los historiales de funcionamiento del motor 10, tal como la velocidad de rotación del motor NE y la carga del motor (por ejemplo, cantidad de inyección de combustible Qfin). Es decir, la temperatura de referencia TEMPNSR es reducida gradualmente cuando la temperatura de escape de las cámaras de combustión 13 es relativamente baja, y se incrementa gradualmente cuando la temperatura del escape es relativamente alta.

55 Suponiendo que la temperatura del escape inmediatamente después de haber sido descargado de las cámaras de combustión 13, se designa THEX, la magnitud de descenso de temperatura desde el momento en el que se descarga el escape de las cámaras de combustión 13 hasta el momento en el que el escape alcanza el sensor 28 de temperatura de gases de entrada, cuyo descenso de temperatura es debido a la disipación de calor en el conducto de escape 14, se indica $\Delta T1$, y la magnitud del incremento de temperatura debido a la producción de calor de la oxidación de los componentes de combustible no quemados en el convertidor 25 de NOx con catalizador se designa $\Delta T2$. En este caso, tal como se ha mostrado en la figura 2, la temperatura de los gases de entrada THCI es

expresada por la ecuación: $THCI = THEX - \Delta T1 + \Delta T2$. Por otra parte, la temperatura de referencia TEMPNSR es expresada por la ecuación $TEMPNSR = THCI - \Delta T2 = THEX - \Delta T1$.

5 Cuando el catalizador es desactivado, la producción de calor de la oxidación de los componentes de combustible no quemados que se han suministrado se reduce. Esto reduce la disminución de temperatura $\Delta T2$, y como resultado, la temperatura de los gases de entrada THCI se aproxima a la temperatura de referencia TEMPNSR. Por lo tanto, la desactivación del catalizador es detectada cuando la diferencia THNSRDL (= THCI - TEMPNSR) entre la temperatura de gases de entrada THCI y la temperatura de referencia TEMPNSR disminuye durante el proceso de incremento de temperatura.

10 La desactivación del catalizador es detectada también por utilización de la temperatura de gases de salida detectada por el sensor 29 de temperatura de gases de salida situado más abajo del filtro PM 26, en vez de la temperatura de gases de entrada THCI. No obstante, cuando se suministran componentes de combustible no quemado al escape desde la válvula de adición de combustible 46, la temperatura del lecho del catalizador del convertidor 25 de NOx con catalizador aumenta antes incrementando la temperatura del lecho del catalizador del filtro PM 26. De este modo, la desactivación del catalizador es detectada en una etapa anterior en el caso en el que se utiliza la temperatura de los gases de entrada THCI que en el caso en que se utiliza la temperatura de gases de salida.

15 Existe un cierto intervalo de tiempo entre el momento en el que se inicia el suministro de componentes de combustible no quemados y el momento en el que se incrementa la temperatura del lecho del catalizador. Durante este periodo, la diferencia THNSRDL tiene un valor pequeño. En particular, cuando el proceso de incremento de temperatura es llevado a cabo a una temperatura del escape relativamente reducida, la diferencia THNSRDL
20 continua en un valor bajo durante un periodo de tiempo relativamente largo. Por lo tanto, en esta realización, si la temperatura del lecho de catalizador disminuye después de detectar un incremento de la temperatura del lecho del catalizador debido al suministro de componentes de combustible no quemados después del inicio del proceso de incremento de temperatura, se evalúa que el catalizador está desactivado. De acuerdo con ello, una situación en la que la diferencia THNSRDL es reducida, y el suministro continuo de componentes de combustible no quemados
25 probablemente incrementa la temperatura del lecho del catalizador, se distingue con claridad de la situación en la que el catalizador está desactivado y que el suministro continuado de componentes de combustible no quemados es improbable que incremente la temperatura del lecho del catalizador.

30 La desactivación del catalizador es provocada principalmente por la baja temperatura del escape. Se ha descubierto que la desactivación del catalizador tiene lugar solamente cuando se lleva a cabo el proceso de incremento de temperatura mientras la temperatura del escape que pasa hacia el catalizador es baja. De acuerdo con ello, en esta realización, se estima una temperatura THT4 del escape inmediatamente después de ser descargado de las cámaras de combustión 13, basándose en el estado de funcionamiento del motor 10. También se estima una temperatura THEXM del colector de escape 23, basándose en el estado de funcionamiento del motor 10. Solamente cuando la temperatura THT4 y la temperatura de la pared THEXM son iguales o menores que un valor
35 predeterminado (por ejemplo, 220°C), se lleva a cabo el proceso de detección de la desactivación del catalizador basándose en la diferencia THNSRDL entre la temperatura de los gases de entrada THCI y la temperatura de referencia TEMPNSR.

40 La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra una rutina para la determinación de si el procedimiento para detectar la situación de desactivación del catalizador se puede llevar a cabo basándose en la diferencia THNSRDL. La rutina mostrada en la figura 3 es realizada de manera repetida por el dispositivo de control electrónico 50 en un intervalo de tiempo predeterminado, mientras el motor 10 está funcionando. Es decir, la rutina es una rutina de proceso de interrupción periódica. En esta rutina, se manipula un indicador de autorización, que indica si se permite la realización del proceso para la detección de la desactivación del catalizador basándose en la diferencia THNSRDL.

45 Tal como se ha mostrado en la figura 3, el dispositivo de control electrónico 50 determina si las exigencias para llevar a cabo el proceso de detección de desactivación del catalizador se cumplen en la etapa S100. Cuando se determina que las exigencias se cumplen, el dispositivo de control electrónico 50 pasa a la etapa S110. Cuando se determina que las exigencias no se satisfacen, el dispositivo de control electrónico 50 pasa a la etapa S130. En la etapa S130, el dispositivo de control electrónico 50 desactiva el indicador de autorización y finaliza la rutina.

50 Las exigencias incluyen las cuatro exigencias siguientes (a) - (e).

(a) El proceso de incremento de temperatura está siendo realizado.

(b) La temperatura de escape estimada THT4 es igual o menor que un valor predeterminado A (por ejemplo, 220°C).

55 (c) La temperatura de pared estimada THEXM del colector de escape 23 es igual o menor que un valor predeterminado B (por ejemplo, 220°C).

(d) La adición de combustible no está prohibida basándose en la cantidad de combustible recogida en la pared del colector de escape 23.

(e) La adición de combustible no está prohibida basándose en la temperatura de los gases de entrada THCI.

La cantidad de combustible recogido en la pared del colector de escape 23 se estima basándose en los historiales de la temperatura de escape, la temperatura exterior, la magnitud de combustible añadido al escape, y la cantidad de inyección de combustible a la cámara de combustión 13. La adición de combustible al escape se permite solamente cuando la cantidad de combustible recogida en la pared del colector de escape 23 es suficientemente reducida y la temperatura de los gases de entrada THCI es igual o superior a una temperatura mínima (por ejemplo, 150°C) necesaria para favorecer la oxidación de componentes de combustible no quemados en el combustible añadido al escape para incrementar la temperatura del lecho del catalizador. Es decir, cuando la cantidad de combustible recogida en la pared del colector de escape 23 no es suficientemente reducida o cuando la temperatura de los gases de entrada THCI es menor que la temperatura mínima requerida, la adición de combustible al escape está prohibida. Mientras la adición de combustible al escape está prohibida, no es necesario el proceso de detección de la desactivación del catalizador. Esto es debido a que se causa un inconveniente debido a la desactivación del catalizador durante el proceso de incremento de temperatura al continuar el suministro de componentes de combustible no quemados al catalizador, a pesar de la situación de desactivación del catalizador. Por lo tanto, como exigencias para llevar a cabo un proceso para detectar el estado de desactivación del catalizador, son apropiadas las exigencias (d) y (e).

En la etapa S110, el dispositivo de control electrónico 50 evalúa si la temperatura de los gases de entrada THCI no es menor que un valor predeterminado D (primera temperatura D de determinación de la activación). El valor predeterminado D es la temperatura de escape más baja (por ejemplo, 400°C) en un rango en el que el suministro de componentes de combustible no quemados incrementa de manera fiable la temperatura del lecho del catalizador, incluso si la temperatura del escape es relativamente baja, cumpliéndose las exigencias (b) y (c). Cuando se determina que la temperatura de los gases de entrada THCI no es menor que el valor predeterminado D, el dispositivo de control electrónico 50 pasa a la etapa S120. En la etapa S120, el dispositivo de control electrónico 50 activa el indicador de permiso y finaliza la rutina. Por otra parte, cuando la temperatura de los gases de entrada THCI es menor que el valor predeterminado D, el dispositivo de control electrónico 50 suspende la rutina si cambiar la situación del indicador de autorización. De acuerdo con ello, después de la activación del indicador de autorización, cuando se detecta un incremento de la temperatura del lecho del catalizador para su incremento, como mínimo, una vez, el indicador de autorización es mantenido incluso si la temperatura de los gases de entrada THCI desciende posteriormente por debajo del valor predeterminado D.

Tal como se ha descrito en lo anterior, la temperatura de escape en el proceso de incremento de temperatura se ajusta relativamente baja en las rutinas mostradas en la figura 3. Asimismo, el indicador de autorización es activado cuando la temperatura del lecho del catalizador se ha detectado que se ha incrementado debido al suministro de componentes de combustible no quemados después del inicio del proceso de incremento de temperatura.

La figura 4 muestra una rutina del proceso relacionada con el proceso de suspensión. La rutina de la figura 4 es realizada después de la rutina de la figura 3 por el dispositivo de control electrónico 50.

Tal como se ha mostrado en la figura 4, el dispositivo de control electrónico 50 evalúa si el indicador de autorización está activado en la etapa S200. Si el indicador de autorización está desactivado, el dispositivo de control electrónico 50 pasa a la etapa S260. En la etapa S260, el dispositivo de control electrónico 50 efectúa la reposición del valor de un contador a cero, y finaliza la rutina. Si el indicador de autorización está activado, el dispositivo de control electrónico 50 pasa a la etapa S210. En la etapa S210, el dispositivo de control electrónico 50 calcula la diferencia THNSRD L entre la temperatura del gas de entrada THCI y la temperatura de referencia TEMPNSR.

En la etapa subsiguiente S220, el dispositivo de control electrónico 50 evalúa si la diferencia calculada THNSRD L es menor que un valor predeterminado E (valor E de determinación de desactivación, por ejemplo, 100°C). Es decir, el dispositivo de control electrónico 50 determina si el catalizador se encuentra en estado desactivado. Si la diferencia THNSRD L no es menor que el valor predeterminado E, el dispositivo de control electrónico 50 pasa a la etapa S260. En la etapa S260, el dispositivo de control electrónico 50 restablece el valor del contador a cero y termina la rutina. Si la diferencia THNSRD L es menor que el valor predeterminado E, el dispositivo de control electrónico 50 pasa a la etapa S230. En la etapa S230, el dispositivo de control electrónico aumenta el valor del contador en una unidad. De esta manera, el valor del contador continúa siendo incrementado siempre que el catalizador se encuentre en estado desactivado. Por lo tanto, el valor del contador representa la duración del estado desactivado del catalizador.

Después de la etapa S230, el dispositivo de control electrónico 50 determina si el valor del contador es igual o superior a un valor predeterminado F (valor de duración predeterminada F) en la etapa S240. Es decir, el dispositivo de control electrónico 50 determina si la duración del estado desactivado a continuado durante un periodo de tiempo predeterminado (por ejemplo, diez segundos). Si el valor del contador no es menor que el valor predeterminado F, el dispositivo de control electrónico 50 pasa a la etapa S250. En caso contrario, el dispositivo de control electrónico 50 finaliza la rutina. El dispositivo de control electrónico 50 dispone el indicador de autorización en la etapa S250 y, posteriormente, finaliza la rutina. Cuando el indicador de autorización está activado, el dispositivo de control electrónico 50 suspende la adición de combustible al escape desde la válvula de adición de combustible 46.

Tal como se ha descrito anteriormente, el catalizador de NOx está determinado que se encuentre en estado desactivado cuando la diferencia THNSRD L entre la temperatura de gases de entrada THCI y la temperatura de referencia TEMPNSR es menor que el valor predeterminado E en esta realización. Entonces, la adición de combustible al escape se suspende cuando la temperatura del lecho del catalizador se incrementa por el suministro de componentes de combustible no quemados después del inicio del proceso de incremento de temperatura (es decir, la temperatura de los gases de entrada THCI no es menor que el valor predeterminado D), y un estado desactivado del catalizador a continuado durante el periodo de tiempo predeterminado en un estado en el que la temperatura del escape que pasa al catalizador de NOx es baja (es decir, la temperatura del escape estimada THT4 no es superior al valor predeterminado A).

La figura 5 muestra un diagrama de tiempo de una realización del proceso de suspensión. Tal como se ha mostrado en la figura 5, se supondrá que se han satisfecho todas las exigencias para la realización del incremento de temperatura y que se inicia en t1 la adición de combustible desde la válvula de adición de combustible 46 al escape. Inmediatamente después de iniciar la adición de combustible, la temperatura del lecho del catalizador se incrementa normalmente por la adición de combustible y la temperatura de los gases de entrada THCI aumenta. Entonces, la temperatura de los gases de entrada THCI sobrepasa el valor predeterminado D (primera temperatura D de determinación de activación). El indicador de autorización es activado en este momento de tiempo (tiempo t2).

Cuando el catalizador de NOx es desactivado después del tiempo t2, se hace más lenta la combustión de los componentes de combustible no quemados. De este modo, la temperatura de los gases de entrada THCI empieza a disminuir, tal como se ha mostrado en la figura 5. Por lo tanto, la diferencia THNSRD L entre la temperatura de los gases de entrada THCI y la temperatura de referencia TEMPNSR disminuye por debajo del valor predeterminado E (valor de determinación de desactivación E) después de un cierto tiempo. Cuando la diferencia THNSRD L disminuye por debajo del valor predeterminado E (tiempo t3), el valor del contador empieza a ser incrementado. Por lo tanto, el valor del contador sobrepasa durante un corto tiempo el valor predeterminado F (valor F de determinación de la duración). Cuando el valor del contador sobrepasa el valor predeterminado F (tiempo t4), el indicador de suspensión es activado y se suspende la adición de combustible desde la válvula 46 de adición de combustible al escape. De acuerdo con ello, se evita una situación en la que el suministro de combustible no quemado continúa a pesar del hecho de que la oxidación de los componentes del combustible no quemados suministrados no se desarrolla suficientemente debido al estado desactivado del catalizador de NOx. A efectos ilustrativos, la temperatura de referencia TEMPNSR se ha mostrado como un valor constante en la figura 5. No obstante, la temperatura de referencia TEMPNSR es renovada continuamente de acuerdo con la situación de funcionamiento del motor 10, de manera más específica, de acuerdo con los cambios de la temperatura del escape.

En esta realización, la rutina mostrada en la figura 3 y la rutina mostrada en la figura 4 son realizadas por el dispositivo de control electrónico 50, que funciona como dispositivo de suspensión.

La realización preferente proporciona las siguientes ventajas.

(1) La adición de combustible al escape se suspende cuando la temperatura de los gases de entrada THCI, que es un indicador de la temperatura del lecho del catalizador, alcanza la temperatura de determinación de activación D después del inicio del proceso de incremento de temperatura, y la diferencia THNSRD L entre la temperatura de los gases de entrada THCI y la temperatura de referencia TEMPNSR disminuye por debajo del valor E de determinación de la desactivación. De acuerdo con ello, se detecta de modo fiable un estado desactivado del catalizador de NOx. De este modo, los inconvenientes provocados por la desactivación del catalizador de NOx, por ejemplo, humos blancos e incremento excesivo de la temperatura del catalizador, se evitan de manera satisfactoria.

(2) Cuando se ha detectado un estado de desactivación del catalizador de NOx, basándose en la diferencia THNSRD L, se utiliza la temperatura de referencia TEMPNSR, que es determinada basándose en los historiales de funcionamiento del motor 10. Por lo tanto, la segunda temperatura de determinación de activación (suma de la temperatura de referencia TEMPNSR y del valor E de determinación de desactivación) que es un indicador para determinar si el NOx se encuentra en estado activado, se cambia de manera adecuada, de acuerdo con los cambios de temperatura de los gases de escape que pasan al catalizador de NOx. Por lo tanto, se detecta de manera precisa el estado desactivado del catalizador.

(3) El proceso para detectar el estado desactivado del catalizador de NOx basado en la diferencia THNSRD L, se lleva a cabo solamente en una situación en la que la temperatura del escape que pasa al catalizador de NOx es baja, o cuando la temperatura del escape estimada THT4 no es superior a valor predeterminado A. Es decir, la adición de combustible al escape se suspende cuando se detecta un estado desactivado del catalizador de NOx basado en la diferencia THNSRD L, y la temperatura del escape que pasa al catalizador de NOx no es superior al valor predeterminado. Por lo tanto, el estado desactivado del catalizador de NOx debido a una baja temperatura del escape que pasa al catalizador de NOx es detectada de manera precisa. Por lo tanto, la suspensión errónea de la adición de combustible al escape, en una situación en la que el catalizador de NOx no está desactivado, se impide de manera satisfactoria.

(4) La temperatura del escape, después de que ha pasado por el lecho del catalizador del convertidor 25 de NOx con catalizador y el filtro PM 26 es detectada fácilmente en comparación con la temperatura del lecho del

catalizador. Por lo tanto, en vez de detectar directamente la temperatura del lecho del catalizador obteniendo la temperatura del lecho del catalizador utilizando la temperatura del escape que ha pasado por el lecho del catalizador como indicador, facilita la detección de un estado desactivado del catalizador.

La realización anterior puede ser modificada del modo siguiente.

5 (Primera Modificación)

En la realización anteriormente mostrada, se detecta el estado desactivado del catalizador de NOx utilizando la temperatura THCI de los gases de entrada, que es estimada en la suposición de que no hay calentamiento de oxidación de componentes de combustible no quemados (reacción de depuración de escape) debido a la desactivación del catalizador de NOx. Es decir, se detecta el estado desactivado del catalizador NOx utilizando la temperatura de referencia TEMPNSR. La temperatura de referencia TEMPNSR es renovada de modo continuo basándose en los historiales de estado de funcionamiento del motor 10. La temperatura THCI de los gases de entrada que es estimada en la suposición de que el catalizador de NOx está suficientemente activado y que la reacción de depuración del escape se desarrolla normalmente, se puede estimar basándose en los historiales del estado de funcionamiento, igual que la temperatura de referencia TEMPNSR. La temperatura de los gases de entrada THCI estimada de este modo se refiere a una temperatura de los gases de entrada en estado normal. Cuando el catalizador de NOx es desactivado durante el proceso de incremento de temperatura, la diferencia entre la temperatura de los gases de entrada en estado normal y la temperatura real de los gases de entrada THCI se incrementa. Por lo tanto, se puede utilizar la diferencia THNSRDLE entre la temperatura de gases de entrada en estado normal y la temperatura real de los gases de entrada THCI, en vez de la diferencia THNSRDLE en el proceso para detectar el estado desactivado del catalizador y en el proceso de suspensión.

Esta modificación es implementada sustituyendo las etapas S210 y S220 de la rutina mostrada en la figura 4 por las etapas S210' y S220' mostradas en la figura 6. En esta modificación, el dispositivo de control electrónico 50 pasa a la etapa S210' cuando evalúa que el indicador de autorización se encuentra en una etapa S200 de la figura 4. En la etapa S210', el dispositivo de control electrónico 50 calcula la diferencia THNSRDLE entre la temperatura de los gases de entrada en estado normal y la temperatura real de los gases de entrada THCI. En la etapa subsiguiente S220', el dispositivo de control electrónico 50 evalúa si la diferencia calculada THNSRDLE es mayor que un valor predeterminado G (valor G de determinación de desactivación). Cuando la diferencia THNSRDLE es superior que el valor predeterminado G, el dispositivo de control electrónico 50 determina que el catalizador de NOx está desactivado y procede a la etapa S230 de la figura 4. Por otra parte, cuando la diferencia THNSRDLE no es superior al valor predeterminado G, el dispositivo de control electrónico 50 pasa a la etapa S260 de la figura 4.

(Segunda Modificación)

En la rutina de proceso de la figura 3, las exigencias para llevar a cabo el proceso para detectar un estado desactivado del catalizador incluye la exigencia B de que la temperatura estimada del escape THT4 no es superior al valor predeterminado A. Cuando la temperatura estimada del escape THT4 no es superior al valor predeterminado A, la temperatura del escape que pasa al catalizador de NOx se determina que es baja. Uno de los factores de una disminución de temperatura en los gases de escape que pasan al catalizador de NOx, es una disminución de temperatura en el aire aspirado a las cámaras de combustión 13 (la temperatura de entrada THA). Cuando se reduce la temperatura de entrada, la temperatura de los gases de escape descargados desde las cámaras de combustión 13 disminuye aunque la cantidad de calor generada por la combustión en las cámaras de combustión 13 sea la misma, y la temperatura de los gases de escape que pasan al catalizador de NOx, disminuye. Por lo tanto, la exigencia de que la temperatura THA de la admisión no sea superior a la temperatura predeterminada, se puede añadir a las exigencias para llevar a cabo el proceso para detectar el estado desactivado del catalizador o el proceso de suspensión. También, en este caso, cuando catalizador de NOx no está desactivado, la adición de combustible a los gases de escape no es suspendida erróneamente.

Esta modificación es implementada al sustituir la etapa S100 de la rutina mostrada en la figura 3 por las etapas S100' mostradas en la figura 7. En esta modificación, el dispositivo de control electrónico 50 determina si las exigencias han sido satisfechas utilizando una exigencia (b') de que la temperatura de la admisión THA no es superior a un valor predeterminado H en vez de la exigencia (b) de que la temperatura de escape estimada THT4 no es superior al valor predeterminado A.

50 (Otras modificaciones)

En la realización anterior y en la primera modificación, la diferencia THNSRDLE entre la temperatura de los gases de entrada THCI y la temperatura de referencia TEMPNSR o la diferencia TEMPNSR' entre la temperatura THCI de los gases de entrada y la temperatura en estado normal de los gases de entrada, es objeto de cálculo. Entonces, se compara la diferencia THNSRDLE o la diferencia THNSRDLE' al valor E de determinación de desactivación para determinar si el catalizador de NOx se encuentra en estado desactivado. Como contraste a ello, se puede determinar un estado desactivado del catalizador de NOx de la manera siguiente. En primer lugar, se añade el valor E de determinación de desactivación a la temperatura de referencia TEMPNSR para obtener una temperatura de determinación de la activación. De manera alternativa, el valor G de determinación de desactivación es restado de la

- 5 temperatura de los gases de entrada en estado normal para obtener la temperatura de determinación de activación. A continuación, el dispositivo de control electrónico 50 compara la temperatura de determinación de activación obtenida con la temperatura de los gases de entrada THCI. Si la temperatura THCI de los gases de entrada no es superior a la temperatura de determinación de activación, el dispositivo de control electrónico 50 determina que el catalizador de NOx se encuentra en estado desactivado.
- 10 La temperatura de determinación de activación puede ser calculada directamente basándose, por ejemplo, en la historia de la situación de funcionamiento del motor 10, y la determinación de si el catalizador de NOx se encuentra en estado desactivado se puede llevar a cabo basándose en dicha temperatura de determinación de activación. Si los cambios en la temperatura THCI de los gases de entrada, debido a los cambios de temperatura de los gases de escape que pasan al catalizador de NOx tienen poco efecto en la determinación del estado desactivado del catalizador de NOx, se puede utilizar una temperatura de determinación de activación fija.
- 15 En la realización anterior y en las modificaciones, la determinación del estado desactivado del catalizador de NOx se lleva a cabo utilizando la temperatura THCI de los gases de entrada como indicador de la temperatura del lecho del catalizador. En vez de la temperatura THCI de los gases de entrada, se puede utilizar la temperatura de los gases de salida detectada por el sensor 29 de temperatura de gases de salida como indicador de la temperatura de lecho del catalizador. Si el motor de combustión interna 10 tiene un sensor que detecta directamente la temperatura del lecho del catalizador, el estado desactivado del catalizador de NOx puede ser determinado utilizando el valor detectado de dicho sensor.
- 20 En la realización anterior, el suministro de componentes de combustible no quemados al catalizador de NOx se lleva a cabo por adición de combustible a los gases de escape desde la válvula de adición de combustible 46. No obstante, el suministro de componentes de combustible no quemados al catalizador de NOx puede ser llevado a cabo de manera distinta. Por ejemplo, los componentes de combustible no quemados pueden ser suministrados al catalizador de NOx por inyección del combustible desde el inyector 40 en una carrera de expansión o una carrera de escape (subinyección o postinyección), que tiene lugar después de que el combustible ha sido inyectado desde el
- 25 inyector 40 para su combustión en las cámaras de combustión 13 (inyección piloto o inyección principal). En este caso, si se detecta el catalizador de NOx en estado desactivado, la postinyección es suspendida, de manera que se evitan los inconvenientes provocados por la desactivación del NOx.
- El aparato de depuración de gases de escape de esta realización puede ser incorporado en un motor de combustión interna que tiene componentes diferentes de los del motor de combustión interna 10.
- 30 Los presentes ejemplos y realizaciones se tienen que considerar como ilustrativos y no restrictivos, y la invención no se tiene que limitar a los detalles que se han facilitado, sino que se puede modificar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para la depuración de los gases de escape, que lleva a cabo un proceso de incremento de temperatura, en el que el aparato suministra componentes de combustible no quemados a un catalizador dispuesto en un sistema de escape (14) de un motor de combustión interna (10), incrementando de esta manera la temperatura del lecho del catalizador, caracterizándose el aparato por:
- 5 medios de suspensión en los que, en el caso de que la temperatura del lecho del catalizador se detecta que ha incrementado por el suministro de componentes de combustible no quemados, después del inicio del proceso de incremento de temperatura, los medios de suspensión suspenden el suministro de componentes de combustible no quemados al catalizador, si se detecta que la temperatura del lecho del catalizador ha bajado a un nivel igual o inferior a la temperatura de determinación de activación que indica
- 10 que el catalizador se encuentra en estado activado.
2. Aparato para la depuración de los gases de escape, según la reivindicación 1, caracterizado porque la temperatura de determinación de la activación es calculada basándose en un historial de estado de funcionamiento del motor.
3. Aparato para la depuración de los gases de escape, según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la
- 15 disminución de la temperatura del lecho del catalizador, a un nivel igual o inferior a la temperatura de determinación de activación es detectada cuando la diferencia entre la temperatura real del lecho del catalizador y la temperatura del lecho del catalizador que se ha estimado con la suposición de que no se produce calor debido a una reacción de depuración de los gases de escape, es inferior que un valor predeterminado.
4. Aparato para la depuración de los gases de escape, según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la
- 20 disminución de la temperatura del lecho del catalizador, a un nivel igual o inferior a la temperatura de determinación de activación, es detectada cuando la diferencia entre la temperatura real del lecho del catalizador y la temperatura del lecho del catalizador estimada con la suposición de que se está desarrollando normalmente la reacción de depuración de los gases de escape, es superior a un valor predeterminado.
5. Aparato para la depuración de los gases de escape, según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado
- 25 porque los medios de suspensión se suspenden el suministro de componentes de combustible no quemados al catalizador cuando se satisface una exigencia adicional de que la temperatura de los gases de escape que pasan al catalizador es igual o inferior que una temperatura predeterminada.
6. Aparato para la depuración de los gases de escape, según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado
- 30 porque los medios de suspensión suspenden el suministro de componentes de combustible no quemados al catalizador cuando se cumple otra exigencia adicional de que la temperatura del aire aspirado a la cámara de combustión (13) del motor de combustión interna es igual o inferior a una temperatura predeterminada.
7. Aparato para la depuración de los gases de escape, según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado
- porque la temperatura del lecho del catalizador se obtiene utilizando la temperatura de los gases de escape, después de pasar por el catalizador como indicador.
- 35 8. Procedimiento para la depuración de gases de escape, en el que se lleva a cabo un proceso de incremento de temperatura, en el que en el proceso de incremento de temperatura se suministran componentes de combustible no quemados a un catalizador dispuesto en un sistema de escape (14) de un motor de combustión interna (10), de manera que la temperatura del lecho del catalizador aumenta, caracterizándose el procedimiento por:
- 40 detectar que la temperatura del lecho del catalizador ha aumentado por el suministro de componentes de combustible no quemados después del inicio del proceso de aumento de la temperatura; y
- en el caso en el que la temperatura del lecho del catalizador se ha detectado que ha aumentado, suspender el suministro de componentes de combustible no quemados al catalizador, si la temperatura del lecho del catalizador se detecta que ha disminuido a un nivel igual o inferior a la temperatura de determinación de activación, que indica que el catalizador se encuentra en estado activado.

Fig. 1

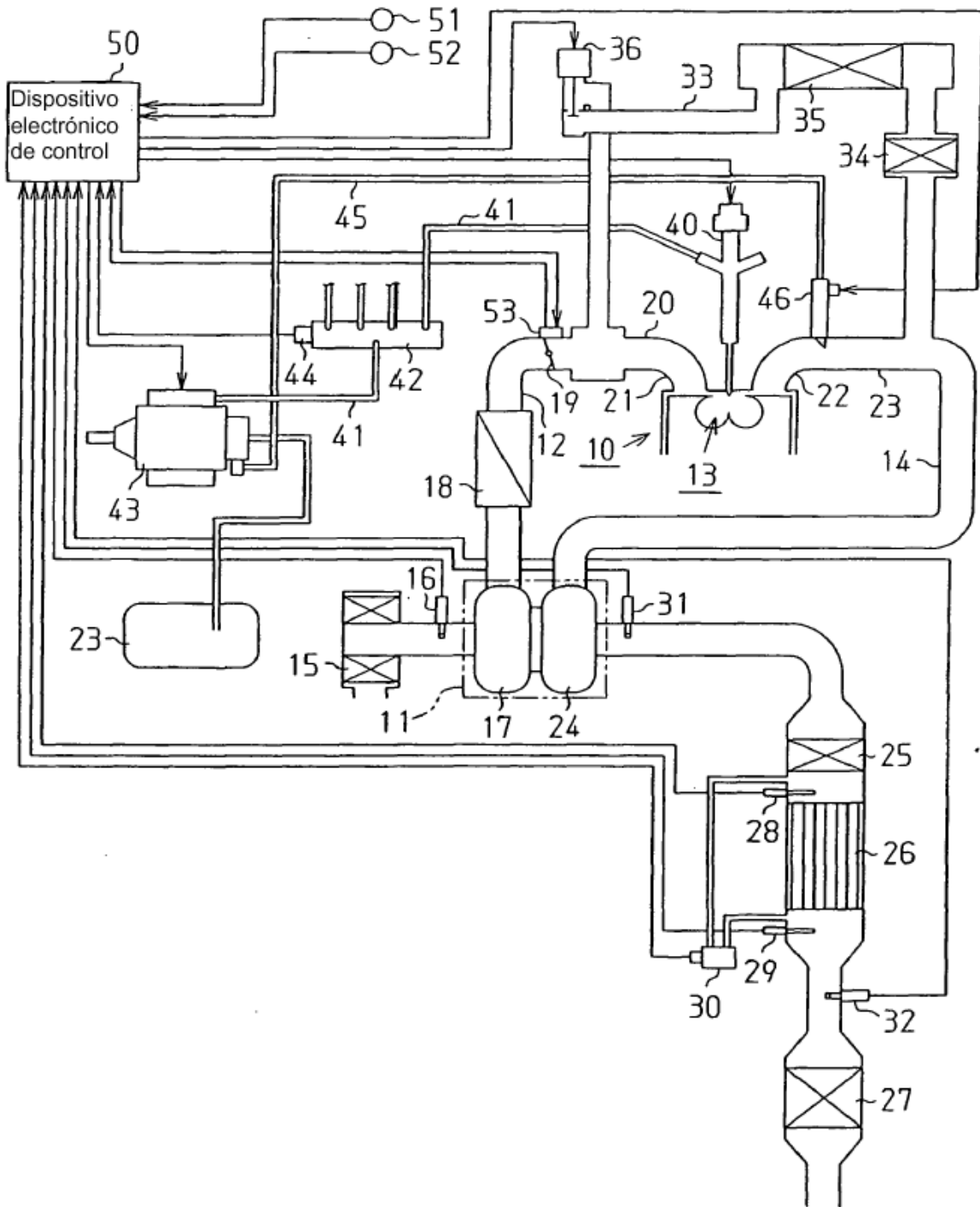


Fig. 2

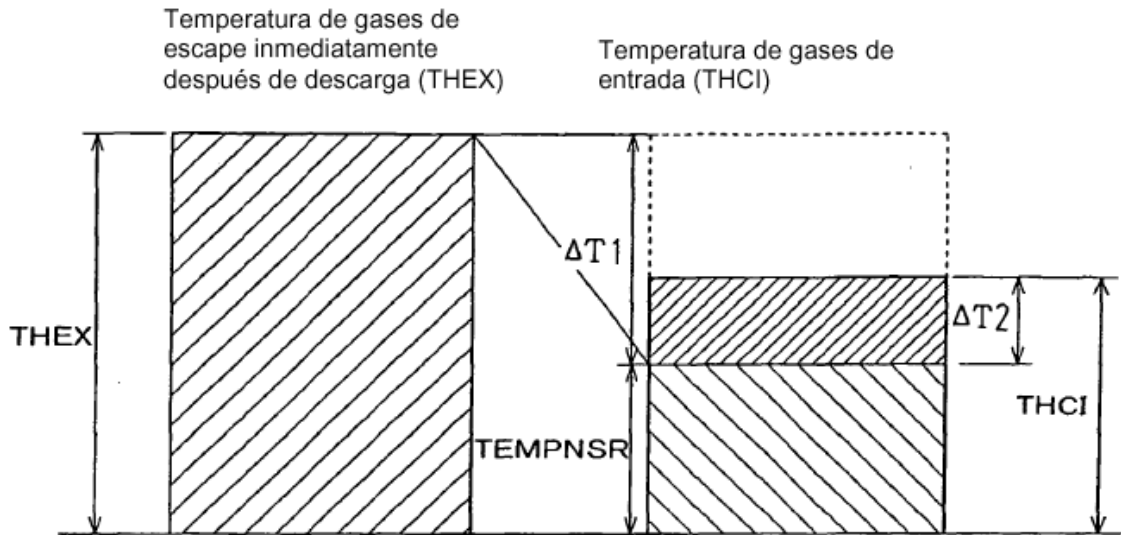


Fig. 3

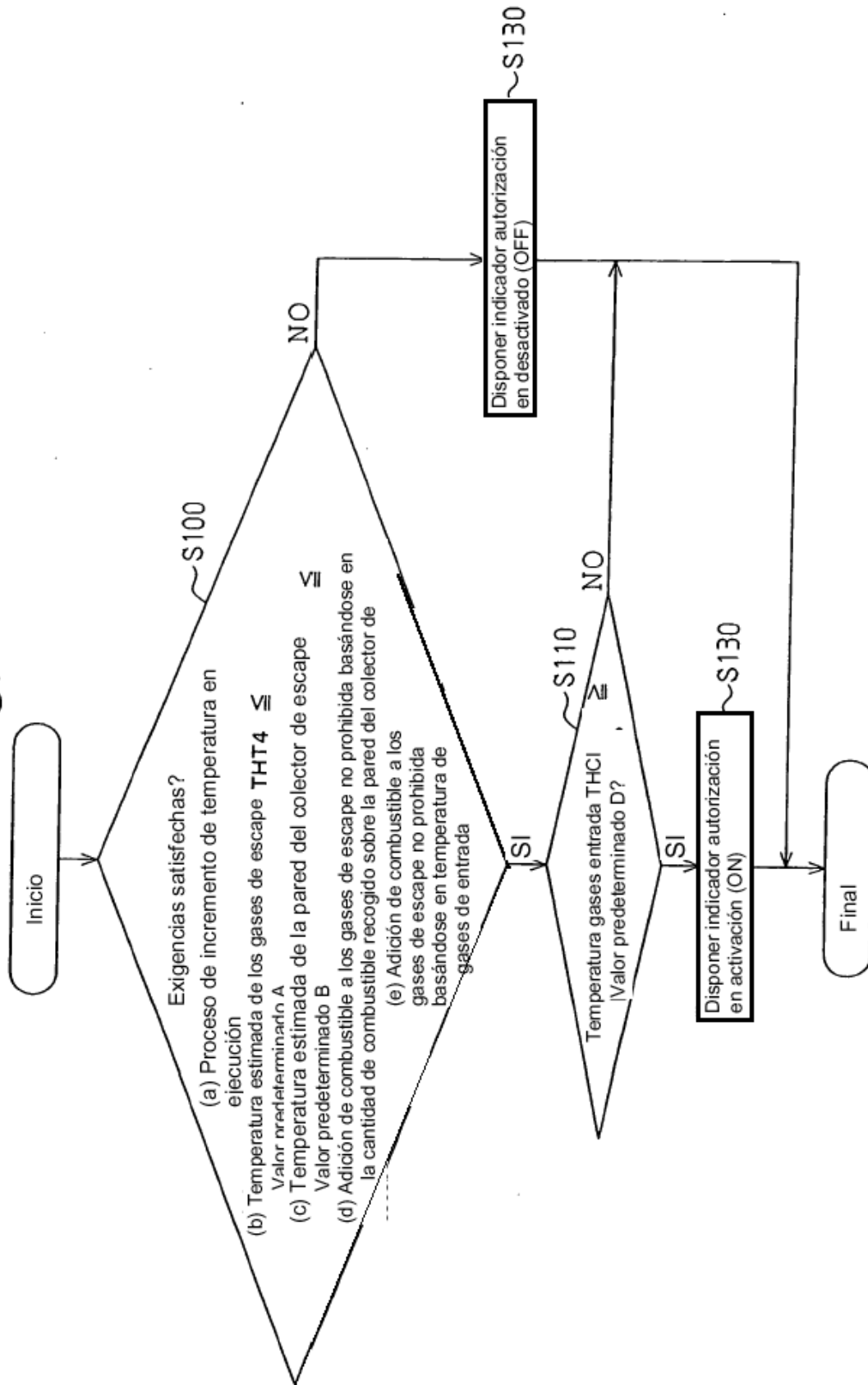


Fig. 4

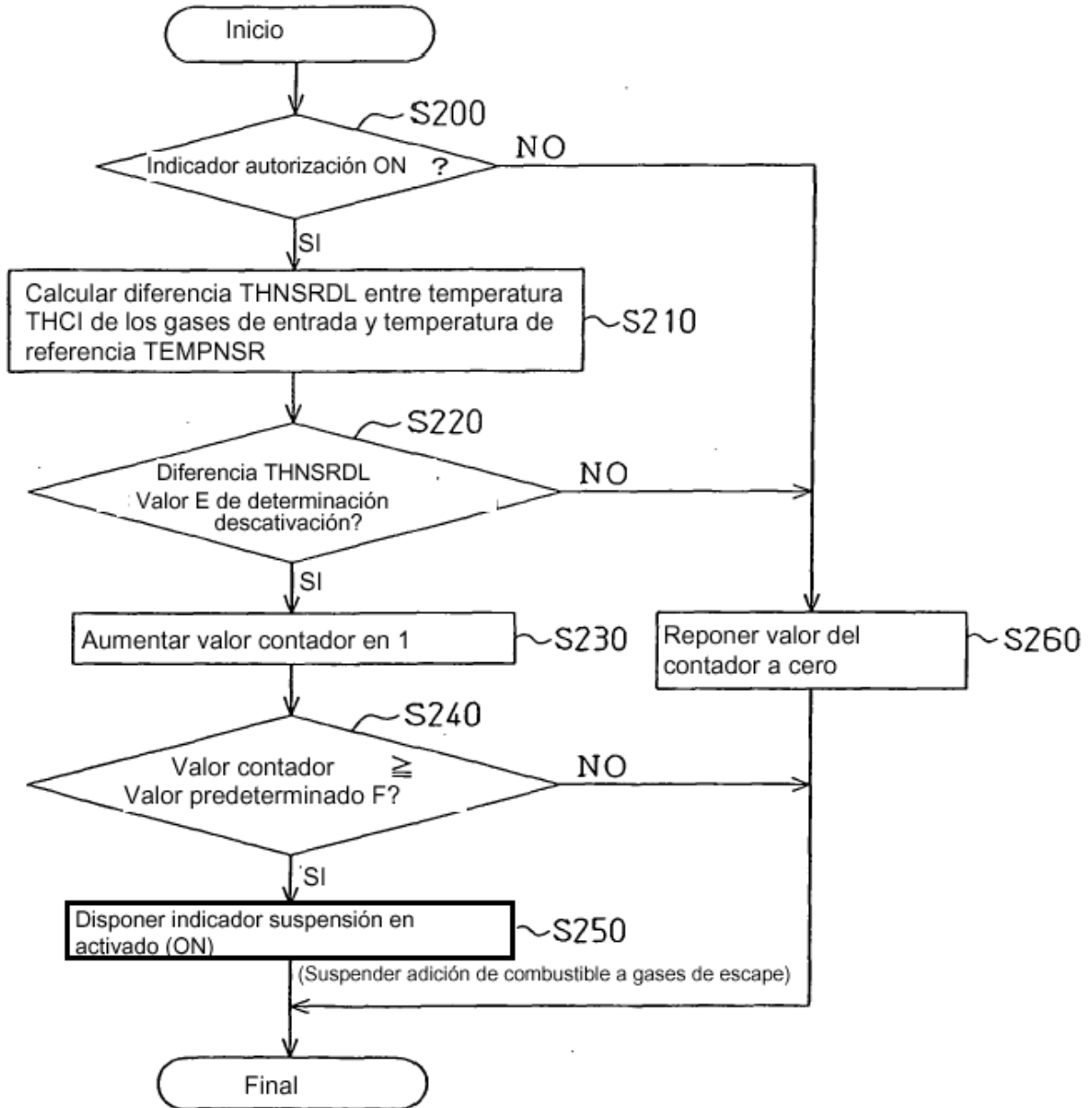


Fig. 5

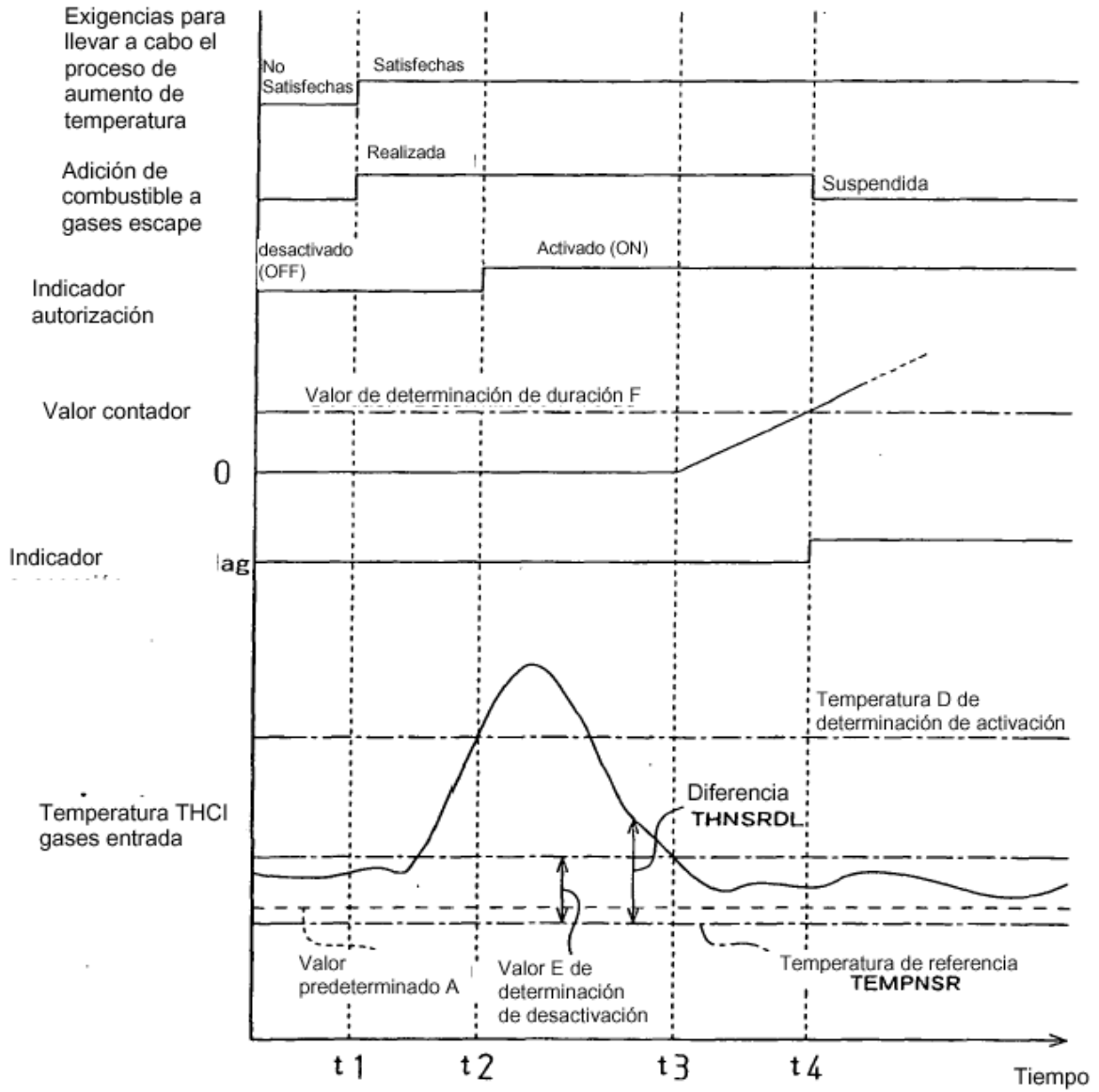


Fig. 6

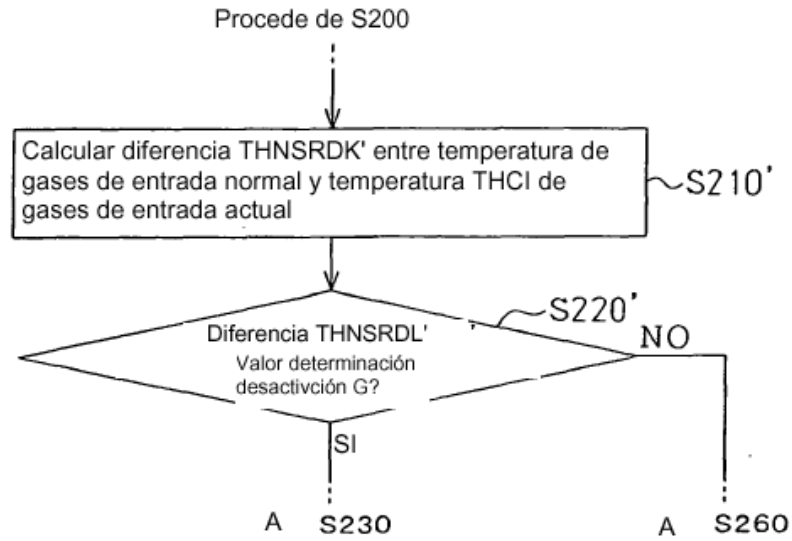


Fig. 7

