



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 279 269**

51 Int. Cl.:

F01N 3/08 (2006.01)

F01N 3/20 (2006.01)

F02D 41/02 (2006.01)

F02D 41/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04021630 .1**

86 Fecha de presentación : **10.09.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1515014**

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

54 Título: **Aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna.**

30 Prioridad: **11.09.2003 JP 2003-320030**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.08.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.08.2007

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

72 Inventor/es: **Matsuno, Shigehiro;
Kobayashi, Nobuki y
Inaba, Takayoshi**

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

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 de purificación de escape de un motor de combustión interna.

La presente invención se refiere a un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna que tiene un catalizador de reducción de almacenamiento que ocluye sustancias en el gas de escape cuando la relación aire-combustible del gas de escape es relativamente pobre, y reduce y emite las sustancias cuando la relación aire-combustible es relativamente rica.

En esta memoria descriptiva, la relación aire-combustible del gas de escape se refiere a la relación de un componente oxidante (oxígeno y similares) y un reductor (hidrocarburo y similares) en el gas de escape.

Un motor de combustión interna de un vehículo, particularmente un motor de combustión interna que realiza una combustión pobre, tal como un motor diésel, generalmente tiene un catalizador de reducción de almacenamiento de NOx que purifica los óxidos de nitrógeno (NOx) que contiene el gas de escape. El catalizador de reducción de almacenamiento de NOx ocluye los NOx cuando la relación aire-combustible del gas de escape es pobre, y reduce y emite los NOx ocluido almacenado cuando la relación aire-combustible es rica.

A propósito, el combustible y aceite lubricante de un motor de combustión interna contienen azufre. Cuando los óxidos de azufre (SOx), producidos a partir de azufre, se recogen en el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx, posiblemente se degrada el rendimiento de purificación de NOx del catalizador de reducción de almacenamiento.

Por tanto, un aparato de purificación de escape que tiene un catalizador de reducción de almacenamiento de NOx normalmente realiza la eliminación de envenenamiento. Esto es, cuando las sustancias que posiblemente degradan el rendimiento de purificación del catalizador de reducción de almacenamiento de NOx, por ejemplo SOx, o las sustancias tóxicas, están ocluidas por el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx, las sustancias tóxicas se eliminan para restablecer el rendimiento de purificación. En la eliminación de envenenamiento, por ejemplo, el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx se calienta hasta una temperatura predeterminada, y un agente reductor tal como un hidrocarburo (HC) o el monóxido de carbono (CO) se suministran al catalizador de reducción de almacenamiento de NOx. El agente reductor suministrado reduce el SOx ocluido por el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx. Los SOx se emiten luego desde el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx.

Sin embargo, si se suministra una cantidad excesiva de agente reductor durante una eliminación de envenenamiento, la temperatura del catalizador de reducción de almacenamiento de NOx aumenta excesivamente, lo que degrada el rendimiento de purificación del catalizador de reducción de almacenamiento de NOx. Por consiguiente, la publicación de patente japonesa abierta a consulta por el público número 2002-122019 describe un aparato de purificación de escape que estima la temperatura de un catalizador de reducción de almacenamiento de NOx basándose en el estado de funcionamiento de un motor de combustión interna. Basándose en la temperatura estimada, el aparato controla la cantidad del agente reductor, con-

trolando así la temperatura del catalizador de reducción de almacenamiento de NOx hasta una temperatura adecuada para la eliminación de envenenamiento.

Se conoce otro dispositivo de purificación de gas de escape para un motor de la solicitud de patente europea EP 0 838 579 A2. Dicho dispositivo comprende un catalizador dispuesto en el conducto de escape para purificar NOx con un agente reductor. Una relación de purificación de NOx por dicho catalizador se convierte en mayor que una relación predeterminada cuando una temperatura de dicho catalizador está dentro de un intervalo de temperatura predeterminado. Se alimenta una cantidad predeterminada de agente reductor al catalizador. La cantidad del agente reductor que va a alimentarse se determina partiendo de la base de la temperatura del catalizador. Especialmente, la cantidad de agente reductor que va a alimentarse aumenta con respecto a la cantidad predeterminada cuando una temperatura de un extremo aguas arriba del catalizador es inferior que el valor menor del intervalo de temperatura predeterminado y una temperatura de un extremo aguas abajo del catalizador es superior al valor menor.

Además, el documento EP 0 831 226 A2 describe un dispositivo de control de inyección de combustible para un motor de tipo inyección directa que tiene un conducto de escape y un catalizador de NOx dispuesto dentro del mismo para purificar NOx en el gas de escape. Allí, se controla una operación de inyección de inyectores de combustible para llevar a cabo una inyección principal de combustible como más tarde al inicio de una carrera de trabajo del motor. La operación de inyección en uno de una carrera de trabajo y una carrera de escape del motor después de completar la inyección principal de combustible para aumentar una cantidad de hidrocarburo en el gas de escape. La operación de inyección de los inyectores de combustible se controla para llevar a cabo una inyección secundaria de combustible adicional después de completar la inyección principal de combustible y antes de llevar a cabo la inyección secundaria de combustible.

Entre los motores de combustión interna, se desea que particularmente los motores diésel reduzcan la emisión de materia particulada (MP) contenido en el gas de escape, a la atmósfera. Por tanto, un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna de este tipo tiene normalmente un filtro de escape para atrapar la MP contenida en el gas de escape.

Sin embargo, cuando la eliminación de envenenamiento descrita anteriormente se realiza después de que un filtro de escape haya atrapado MP, la combustión de la MP atrapada por el filtro de escape provoca un aumento inesperado en la temperatura, lo que posiblemente da como resultado un aumento excesivo en la temperatura del catalizador de reducción de almacenamiento de NOx y el filtro de escape. Esto es, incluso si la cantidad de agente reductor suministrado se controla basándose en la temperatura estimada que está relacionada con el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx, un aumento inesperado de temperatura de la MP atrapada por el filtro de escape puede provocar el aumento excesivo de la temperatura del catalizador de reducción de almacenamiento de NOx.

Si se suministra una gran cantidad de combustible no quemado cuando el catalizador no está suficientemente activado, una gran parte del combustible no quemado no se oxida y permanece en el catalizador.

En el caso en el que el combustible no quemado se recoja en catalizador de reducción de almacenamiento de NOx o en el filtro de escape, es probable que el suministro de combustible aumente excesivamente la temperatura del catalizador

Por consiguiente, es un objetivo de la presente invención reducir las sustancias ocluidas por un catalizador de reducción de almacenamiento de una manera adecuada en un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna que tiene el catalizador de reducción de almacenamiento, catalizador que ocluye sustancias en el gas de escape cuando la relación aire-combustible del gas escape es relativamente pobre, y reduce y emite las sustancias cuando la relación aire-combustible es relativamente rica.

Los medios para lograr los objetivos anteriores, y las ventajas de la presente invención, se discutirán a continuación.

Una primera invención proporciona un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna que tiene un catalizador de reducción de almacenamiento que ocluye sustancias en el gas de escape cuando la relación aire-combustible es relativamente pobre, y reduce y emite las sustancias cuando la relación aire-combustible es relativamente rica. Después de empezar a suministrar agente reductor desde una sección aguas arriba del catalizador de reducción de almacenamiento, para reducir la sustancia tóxica ocluida por el catalizador de reducción de almacenamiento y para descargar la sustancia del catalizador de reducción de almacenamiento, el aparato detiene temporalmente el suministro de agente reductor y monitoriza un grado de aumento en la temperatura de un sistema de escape debido al inicio del suministro de agente reductor, en el que el suministro de agente reductor se detiene después de una adición inicial del agente reductor. Basándose en el resultado de monitorización, el aparato reanuda el suministro de agente reductor.

En la configuración anterior, después del inicio del suministro de agente reductor, el aparato detiene temporalmente el suministro de agente reductor y monitoriza un grado de aumento en la temperatura de un sistema de escape debido al inicio del suministro de agente reductor. Basándose en el resultado de monitorización, el aparato reanuda el suministro de agente reductor. Mediante la monitorización del grado de aumento de la temperatura, se determina correctamente la posibilidad de que la temperatura del sistema de escape aumente excesivamente por la combustión de materia particulada y combustible no quemado que existe en el sistema de escape debido al suministro del agente reductor. Entonces, si el suministro del agente reductor se reanuda con la condición de que no haya posibilidad de que la temperatura del sistema de escape aumente excesivamente, se evita favorablemente que la temperatura del sistema de escape aumente excesivamente. Por tanto, se reducen de manera apropiada las sustancias de la configuración anterior ocluidas por el catalizador de reducción de almacenamiento.

Una segunda invención proporciona un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna que tiene un catalizador de reducción de almacenamiento que ocluye sustancias en el gas de escape cuando la relación aire-combustible del gas de escape es relativamente pobre, y reduce y emite las sustancias cuando la relación aire-combustible es relativamente rica. Cuando se suministra el agente reductor desde

una sección aguas arriba del catalizador de reducción de almacenamiento para reducir una sustancia ocluida por el catalizador de reducción de almacenamiento y para descargar la sustancia hacia un lado aguas abajo del motor, el aparato monitoriza un grado de aumento en la temperatura de un sistema de escape debido al inicio del suministro de agente reductor. Basándose en el resultado de monitorización, el aparato fija la manera en la que el agente reductor se suministra posteriormente.

En la configuración anterior, el aparato monitoriza temporalmente un grado de aumento en la temperatura del sistema de escape debido al inicio del suministro de agente reductor. Basándose en el resultado de monitorización, el aparato fija la manera en la que el agente reductor se suministra posteriormente. Mediante la monitorización del grado de aumento de la temperatura, se determina correctamente la posibilidad de que la temperatura del sistema de escape aumente excesivamente por la combustión de materia particulada y combustible no quemado que existen en el sistema de escape debido al suministro del agente reductor. Mediante la fijación de la manera en la que el agente reductor se suministra posteriormente, según la posibilidad de que la temperatura del sistema de escape aumente excesivamente debido al suministro del agente reductor, se evita favorablemente que la temperatura del sistema de escape aumente excesivamente por el suministro del agente reductor. Por tanto, se reducen las sustancias de la configuración anterior ocluidas por el catalizador de reducción de almacenamiento de una manera apropiada.

Se configura preferiblemente que el suministro del agente reductor se realice de manera intermitente, y que, cuando el grado de aumento en la temperatura del gas de escape, debido al inicio del suministro del agente reductor, no es superior a un valor umbral predeterminado, el aparato aumenta la cantidad de agente reductor suministrado en cada suministro.

En este caso, si el grado de aumento de la temperatura del gas de escape, debido al inicio del suministro del agente reductor, no es superior al valor umbral predeterminado, es posible determinar que ya no existe la posibilidad de que la combustión de materia particulada y combustible no quemado en un sistema de escape aumente excesivamente la temperatura del sistema de escape. Cuando no hay posibilidad de que la temperatura del sistema de escape aumente excesivamente, se aumenta la cantidad del agente reductor suministrado en cada suministro. Esto agiliza la reducción de la sustancia ocluida por el catalizador de reducción de almacenamiento y la descarga de la sustancia reducida hacia el lado aguas abajo del motor.

Además, en la configuración anterior, la cantidad del agente reductor suministrado en el inicio del suministro es inferior a la cantidad del agente reductor suministrado en un estado en el que la temperatura del sistema de escape no aumentará excesivamente. Por tanto, incluso si el estado al inicio del suministro es el que se describió anteriormente, se evita favorablemente que la temperatura del sistema de escape aumente excesivamente. Además, si el suministro del agente reductor se reanuda cuando el grado de aumento de la temperatura del sistema de escape, debido al inicio del suministro del agente reductor, se vuelve igual o inferior al valor umbral predeterminado, la reducción de la cantidad de suministro al inicio del su-

ministro del agente reductor adelanta el tiempo en el que se reanuda el suministro del agente reductor.

Se configura preferiblemente que el suministro del agente reductor se realice de manera intermitente, y que, cuando aumenta la temperatura del sistema de escape, el aparato reduce la cantidad del agente reductor suministrado en cada suministro.

Cuando el suministro del agente reductor se realiza de manera intermitente, la temperatura del sistema de escape aumenta y disminuye repetitivamente. Específicamente, la temperatura del sistema de escape aumenta cuando se suministra el agente reductor y disminuye cuando el suministro del agente reductor se suspende temporalmente. No obstante, el valor promedio de la temperatura del sistema de escape, que aumenta y disminuye, tiene una tendencia a aumentar. Por consiguiente, la continuación del suministro intermitente del agente reductor provoca el aumento del valor máximo de la temperatura del sistema de escape. A este respecto, mediante la reducción de la cantidad del agente reductor suministrado por suministro según aumenta la temperatura del sistema de escape, se limita favorablemente el aumento del valor máximo de la temperatura del sistema de escape.

Además, las fluctuaciones de la temperatura del sistema de escape se reducen en comparación con un caso en el que el periodo entre los suministros del agente reductor se extiende según aumenta la temperatura del sistema de escape.

Se configura preferiblemente que cuando la temperatura del sistema de escape supera una temperatura predeterminada debido al suministro del agente reductor, el aparato prohíbe el suministro del agente reductor hasta que la temperatura del sistema de escape disminuya en una cantidad no inferior a una cantidad predeterminada.

En el estado en el que la temperatura del sistema de escape excederá una temperatura predeterminada debido al suministro del agente reductor, un suministro adicional del agente reductor, aumenta posiblemente en exceso la temperatura del sistema de escape.

Sin embargo, mediante la prohibición del suministro del agente reductor hasta que se disminuya la temperatura del sistema de escape hasta una cantidad no inferior a una cantidad predeterminada, se evita favorablemente que la temperatura del sistema de escape aumente excesivamente.

Se configura preferiblemente que el suministro del agente reductor se realice cuando se incrementa un valor de recuento de un contador que se incrementa y decrementa periódica y repetidamente, y que, cuando se prohíbe el suministro del agente reductor, el aparato prohíbe que incremente el valor de recuento del contador y decrementa el valor de recuento hasta un valor inicial.

Si el suministro del agente reductor se realiza cuando se incrementa el valor de recuento del contador, podrían provocarse las siguientes desventajas. Esto es, que si se decrementa el valor de contador cuando la condición actual no es una condición predeterminada en la que se prohíbe el suministro del agente reductor, el suministro del agente reductor no puede realizarse a pesar de que la condición actual no sea una condición predeterminada.

A diferencia de esto, cuando la condición actual es la condición predeterminada en la que se prohíbe el suministro del agente reductor, se prohíbe el incre-

mento del valor de recuento del contador, y el valor de recuento se decrementa hasta el valor inicial. Se elimina así la desventaja.

Se configura preferiblemente que la sustancia que está ocluida por el catalizador de reducción de almacenamiento y se emite hacia el lado aguas abajo del motor mediante el suministro del agente reductor es óxido de azufre.

Se configura preferiblemente que el aparato incluye un filtro para atrapar materia particulada en el gas de escape.

Se configura preferiblemente que el suministro del agente reductor se realice de manera intermitente, y que, después del inicio del suministro del agente reductor, el aparato reduzca la cantidad del agente reductor suministrado en el suministro inicial en comparación con la cantidad del agente reductor suministrado en el segundo y posteriores suministros.

Una tercera invención proporciona un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna que tiene un catalizador de reducción de almacenamiento que ocluye sustancias en el gas de escape cuando la relación aire-combustible es relativamente pobre, y reduce y emite las sustancias cuando la relación aire-combustible es relativamente rica. El aparato suministra agente reductor de manera intermitente desde una sección aguas arriba del catalizador de reducción de almacenamiento para reducir una sustancia ocluida por el catalizador de reducción de almacenamiento y para descargar la sustancia hacia un lado aguas abajo del motor. Después del inicio del suministro del agente reductor, el aparato reduce la cantidad del agente reductor suministrado en el suministro inicial en comparación con la cantidad del agente reductor suministrado en el segundo y posteriores suministros.

Incluso si se monitoriza el grado de la temperatura del sistema de escape después de que empiece el suministro del agente reductor, no puede evitarse un aumento repentino de la temperatura del catalizador debido a la combustión de materia particulada y combustible no quemado en el catalizador, en el suministro inicial del agente reductor después de que empiece el suministro del agente reductor. A este respecto, reduciéndose la cantidad del agente reductor suministrado en el suministro inicial, después de que empiece el suministro del agente reductor, se evita que la temperatura del catalizador aumente excesivamente en el suministro inicial del agente reductor incluso si la materia particulada y combustible no quemado salen en el catalizador.

La figura 1 es un diagrama que ilustra un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna según una primera realización de la presente invención;

la figura 2 es un diagrama de tiempo que muestra un control de liberación de S ((a) requisitos para realizar una eliminación de envenenamiento por S, (b) relación aire-combustible real, (c) indicador de suspensión de adición, (d) valor de contador, (e) valor detectado del sensor de temperatura de escape);

la figura 3 es un diagrama de flujo que muestra el control de liberación de S;

la figura 4 es un diagrama de flujo que muestra el control de liberación de S;

la figura 5 es un diagrama de tiempo que muestra el control de liberación de S en un aparato de purificación de escape de un motor de combustión inter-

na según una segunda realización ((a) requisitos para realizar una eliminación de envenenamiento por S, (b) relación aire-combustible real, (c) indicador de suspensión de adición, (d) valor de contador, (e) valor detectado del sensor de temperatura de escape); y

la figura 6 es un diagrama de tiempo que muestra el control de liberación de S en un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna según una tercera realización ((a) requisitos para realizar una eliminación de envenenamiento por S, (b) relación aire-combustible real, (c) indicador de suspensión de adición, (d) valor de contador, (e) valor detectado del sensor de temperatura de escape).
Primera realización

A continuación en el presente documento, se describirá un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna según una primera realización de la presente invención. El aparato de la primera realización se aplica a un motor 2 diésel.

La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra el aparato de purificación de escape del motor 2 diésel según esta realización. El motor 2 diésel tiene cilindros. En esta realización, el número de cilindros es cuatro, y los cilindros se indican como n° 1, n° 2, n° 3, y n° 4. Una cámara 4 de combustión de cada uno de los cilindros de n° 1 a n° 4 incluye un orificio 8 de admisión, que se abre y cierra mediante una válvula 6 de admisión. Las cámaras 4 de combustión están conectadas a un depósito 12 de compensación a través de los orificios 8 de admisión y un colector 10 de admisión. El depósito 12 de compensación está conectado a un termocambiador 14 intermedio y a una salida de un sobrealimentador con un conducto 13 de admisión. En esta realización, el sobrealimentador es un compresor 16a de un turbocompresor 16 de escape. Una entrada del compresor 16a está conectada a un purificador 18 de aire. Un orificio 20a de EGR suministra de gas de recirculación de gas de escape de un conducto 20 de recirculación del gas de escape (EGR - Exhaust Gas Recirculation) se abre hacia el depósito 12 de compensación. Una válvula 22 de mariposa se localiza en una sección del conducto 13 de admisión entre el depósito 12 de compensación y el termocambiador 14 intermedio. Un sensor 24 de tasa de flujo de admisión y un sensor 26 de temperatura de admisión se localizan en una sección entre el compresor 16a y el purificador 18 de aire.

La cámara 4 de combustión de cada uno de los cilindros de n° 1 a n° 4 incluye un orificio 30 de escape, que se abre y cierra mediante una válvula 28 de escape. Las cámaras 4 de combustión están conectadas a una entrada de una turbina 16b de escape a través de los orificios 30 de escape y un colector 32 de escape. Una salida de la turbina 16b de escape está conectada a un conducto 34 de escape. La turbina 16b de escape extrae el gas de escape desde una sección del colector 32 de escape que corresponde al lado del cuarto cilindro n° 4.

Se proporcionan tres catalizadores para purificar el gas de escape en el conducto 34 de escape. Un catalizador 36 de reducción de almacenamiento de NOx se localiza en la sección más aguas arriba. Cuando el gas de escape se considera como una atmósfera oxidante (pobre) durante una operación normal del motor 2 diésel, el catalizador 36 de reducción de almacenamiento de NOx ocluye los NOx. Cuando el gas de escape se considera como una atmósfera reductora (estequiométrica o rica), el catalizador de reducción

de almacenamiento de NOx reduce los NOx reducidos con HC y CO. De esta manera se purifican los NOx.

Un filtro 38 de escape se localiza en una sección intermedia. El filtro 38 de escape tiene una barrera monolítica. La barrera tiene poros a través de los cuales pasa el gas de escape. La superficie del filtro 33 de escape está recubierta con catalizador de reducción de almacenamiento de NOx. Por tanto, se purifican los NOx tal como se describió anteriormente. Además, la superficie del filtro 33 de escape atrapa materia particulada (MP: materiales particulados) en el gas de escape. Por tanto, cuando el gas de escape se considera como una atmósfera oxidante, el oxígeno activo generado cuando los NOx están ocluidos empieza a oxidar la MP. También, el oxígeno ambiental en exceso oxida toda la MP. Cuando el gas de escape se considera como una atmósfera reductora (estequiométrica o rica), una gran cantidad de oxígeno generado por el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx promueve la oxidación de la MP. Por consiguiente, se purifican no sólo los NOx sino también la MP.

Un catalizador 40 de oxidación se localiza en la sección más aguas abajo. El catalizador 40 de oxidación oxida y purifica HC y CO. Un primer sensor 42 de la relación aire-combustible se localiza aguas arriba del catalizador 36 de reducción de almacenamiento de NOx. Un primer sensor 44 de la temperatura de escape se localiza entre el catalizador 36 de reducción de almacenamiento de NOx y el filtro 38 de escape. Un segundo sensor 46 de la temperatura de escape y un segundo sensor 48 de la relación aire-combustible se localizan entre el filtro 38 de escape y el catalizador 40 de oxidación. El segundo sensor 46 de temperatura de escape está más cerca del filtro 38 de escape que el catalizador 40 de oxidación. El segundo sensor 48 de la relación aire-combustible se localiza más cerca del catalizador 40 de oxidación que del filtro 38 de escape.

Cada uno del primer sensor 42 de la relación aire-combustible y el segundo sensor 48 de la relación aire-combustible detectan la relación aire-combustible del gas de escape en las posiciones respectivas basándose en componentes del gas de escape. Cada uno del primer y segundo sensores 42, 48 de relación aire-combustible produce una señal eléctrica en proporción con la relación aire-combustible detectada. Cada uno del primer sensor 44 de la temperatura de escape y el segundo sensor 46 de temperatura de escape detectan la temperatura del gas de escape en las posiciones respectivas.

Los conductos de un sensor 50 de diferencia de presión están conectados a una sección aguas arriba del filtro 38 de escape y a una sección aguas abajo del filtro 38 de escape. El sensor 50 de diferencia de presión detecta obstrucciones en el filtro 38 de escape basándose en la diferencia entre la presión en la sección aguas arriba del filtro 38 de escape y la sección aguas abajo del filtro 38 de escape.

Un orificio 20b de admisión de gas de EGR del conducto 20 de EGR se proporciona en un colector 32 de escape. El orificio 20b de admisión de gas de EGR está abierto en una sección que corresponde al lado del primer cilindro n° 1, que está opuesto al lado del cuarto cilindro n° 4, en el que la turbina 16b de escape introduce el gas de escape.

Un catalizador 52 de EGR basado en hierro se localiza en el conducto 20 de EGR. El catalizador 52 de

EGR basado en hierro reforma el gas de EGR desde el orificio 20b de admisión de gas de EGR del conducto 20 de EGR. También, un enfriador 54 de EGR para enfriar el gas de EGR se localiza en el conducto 20 de EGR. El catalizador 52 de EGR basado en hierro también funciona para evitar la obstrucción del enfriador 54 de EGR. Una válvula 56 de EGR se localiza en las proximidades del orificio 20a de suministro de gas de EGR. El grado de apertura de la válvula 56 de EGR se cambia para ajustar la cantidad de gas de EGR suministrado desde el orificio 20a de suministro de gas de EGR al sistema de admisión.

Cada uno de los cilindros de n° 1 a n° 4 está dotado de una válvula 58 de inyección que inyecta combustible directamente en la correspondiente cámara 4 de combustión. Las válvulas 58 de inyección de combustible están conectadas a un raíl 60 común con los conductos 58a de suministro de combustible. Una bomba 62 de descarga variable, que se controla eléctricamente, suministra el combustible al raíl 60 común. El combustible a alta presión suministrado desde la bomba 62 al raíl 60 común se distribuye a las válvulas 58 de inyección de combustible a través de los conductos 58a de suministro de combustible. Un sensor 64 de presión de combustible para detectar la presión del combustible, se une al raíl 60 común.

Además, la bomba 62 también suministra combustible de baja presión a una válvula 68 de adición de combustible a través de un conducto 66 de suministro de combustible. La válvula 68 de adición de combustible se proporciona en el orificio 30 de escape del cuarto cilindro n° 4 e inyecta combustible como agente reductor a la turbina 16b de escape.

Una unidad 70 electrónica de control (ECU - Electronic Control Unit) se compone principalmente de un ordenador digital que tiene una CPU, una ROM y una RAM y circuitos accionadores para accionar otros dispositivos. La ECU 70 lee señales desde el sensor 24 de flujo de admisión, el sensor 26 de temperatura de admisión, el primer sensor 42 de la relación aire-combustible, el primer sensor 44 de temperatura de escape, el segundo sensor 46 de temperatura de escape, el segundo sensor 48 de la relación aire-combustible, el sensor 50 de diferencia de presión, el sensor 64 de presión de combustible, y el sensor 22a de apertura del regulador. Además, la ECU 70 lee señales desde un sensor 74 de aceleración de pedal que detecta el grado de depresión de un pedal 72 de aceleración, y un sensor 76 de temperatura de líquido refrigerante que detecta la temperatura del líquido refrigerante del motor 2 diésel. También, la ECU 70 lee señales desde un sensor 80 de velocidad del motor que detecta la velocidad de rotación de un cigüeñal 78, y un sensor 82 de distinción de cilindros que distingue cilindros mediante la detección de la fase de rotación del cigüeñal 78 o la fase de rotación de las levas de admisión.

Basándose en el estado de funcionamiento del motor obtenido de estas señales, la ECU 70 controla el tiempo de inyección de combustible y la cantidad de inyección de combustible. La ECU 70 también controla el grado de apertura de la válvula 56 de EGR, y controla la apertura del regulador con el motor 22b y realiza procesos para detectar el estado de los catalizadores. Por ejemplo, en un control de EGR, un grado de apertura del regulador TA y un grado de apertura de EGR (el grado de apertura de la válvula 56 de EGR) se ajustan de tal modo que la relación de EGR busca una relación de EGR objetivo, que se ajusta ba-

sándose en la carga del motor (o la cantidad de inyección de combustible) y una velocidad de motor NE. Además, se realiza un control de retroalimentación de la tasa de flujo de aire de admisión en el que el grado de apertura de EGR se ajusta tal que la tasa de flujo de admisión busca una tasa de flujo de aire de admisión objetivo (valor objetivo por rotación del motor 2), que se fija basándose en la carga del motor (o la cantidad de inyección de combustible) y la velocidad de motor NE. Los modos de combustión que acompañan al control de EGR incluyen dos modos, esto es, un modo de combustión normal y un modo de combustión de baja temperatura. El modo de combustión de baja temperatura se refiere a un modo de combustión en el que una gran cantidad de gas de EGR se introduce para frenar el aumento de la temperatura de la combustión, reduciendo de esta manera NOx y humo simultáneamente. En esta realización, el modo de baja temperatura se ejecuta en una región de carga baja y velocidad de rotación media-alta. El otro modo de combustión es el modo de combustión normal, en el que se realiza un control de EGR normal (incluyendo un caso en el que no se ejecuta ninguna EGR).

La ECU 70 realiza cuatro modos de control de catalizador, que son modos para controlar a los catalizadores. Los modos de control de catalizador incluyen un modo de control de regeneración de MP, un modo de control de liberación de azufre (modo de control de liberación de S), un modo de control de reducción de NOx, y un modo de control normal.

El modo de regeneración de MP se ejecuta para la combustión de MP atrapada por el filtro 38 de escape y liberando la MP como dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). En el control de regeneración de MP, la válvula de adición de combustible añade continuamente combustible al gas de escape, oxidando de este modo el combustible añadido en el gas de escape y sobre el filtro 38 de escape. El calor generado por la oxidación se usa para aumentar la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape (por ejemplo, hasta de 600°C a 700°C). Por consiguiente, la MP se quema.

El control de reducción de NOx se ejecuta para la reducción del NOx ocluido por el catalizador 36 de reducción de almacenamiento de NOx y el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx recubierto en el filtro 38 de escape para dar nitrógeno (N₂), dióxido de carbono (CO₂), y agua (H₂O). Durante el control de reducción de NOx, la válvula 68 de adición de combustible añade de manera intermitente combustible al gas de escape a un cierto intervalo para que el gas de escape alrededor del catalizador de NOx tenga una concentración de oxígeno temporalmente baja y contenga un gran componente de combustible no quemado. En otras palabras, se ejecuta de manera intermitente un funcionamiento rico intermitente ("rich spike"). Esto favorece la liberación de NOx desde el catalizador de NOx y la reducción de NOx. Esto es, el NOx se reduce y purifica.

Junto con los NOx, los óxidos de azufre (SOx) se ocluyen por el catalizador 36 de reducción de almacenamiento de NOx y el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx recubierto sobre el filtro 38 de escape. El SOx ocluido degrada el rendimiento de oclusión de NOx del catalizador. El control de liberación de S se ejecuta para restaurar el rendimiento de oclusión de NOx degradado. Cuando empieza el control de liberación de S, la válvula 68 de adición

de combustible añade continuamente combustible al gas de escape tal como en el control de regeneración de MP, aumentando así la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape (por ejemplo, hasta una temperatura en el intervalo de desde 600°C hasta 700°C). Después, tal como en el control de reducción de NOx, la válvula 68 de adición de combustible añade combustible de manera intermitente al gas de escape para la realización del funcionamiento rico intermitente. Esto favorece la liberación de SOx desde los catalizadores y la reducción de los SOx. Por consiguiente, se restaura el rendimiento de oclusión de NOx. En esta realización, el aumento de temperatura continúa hasta que la MP atrapada por el filtro 38 de escape se purifica de manera sustancialmente completa. Por tanto, la combustión de MP no se realiza simultáneamente con la reducción de SOx. Por consiguiente, se evita que aumente excesivamente la temperatura en las proximidades del catalizador.

El control normal es un modo de control diferente a los tres modos de control anteriores. En el control normal, la válvula 68 de adición de combustible no añade combustible al gas de escape.

Se describirá ahora en detalle el control de liberación de S.

En esta realización, cuando la válvula 68 de adición de combustible añade combustible de manera intermitente al gas de escape durante el control de liberación de S, se monitoriza el grado de aumento del valor detectado de la temperatura de escape debido a la adición de combustible después de la adición inicial de combustible. Basándose en los resultados de la monitorización, se determina si se necesita o no realizar la segunda y posteriores adiciones de combustible. Esto es porque, cuando se realiza el funcionamiento rico intermitente como el control de liberación de S, si la MP no se elimina completamente mediante el aumento de temperatura previo al funcionamiento rico intermitente, la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape puede aumentar excesivamente. Esto es, mediante la monitorización del grado de aumento de temperatura debido a la adición inicial de combustible, se determina adecuadamente la posibilidad de que la combustión de MP atrapada por el filtro 38 de escape debido a la adición de combustible, aumentará excesivamente la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape. Luego, se reanuda la adición de combustible con la condición de que no haya posibilidad de que la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape aumente excesivamente. Esto evita que la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape aumente excesivamente.

Además, la cantidad de combustible añadido en la segunda y posteriores adiciones aumenta en comparación con la cantidad de combustible añadido en la adición inicial de combustible. El aumento de la cantidad de combustible añadido en la segunda y posteriores adiciones de combustible comparado con la de la adición inicial de combustible favorece la reducción de sustancias ocluidas por el filtro 38 de escape y la emisión de sustancias al lado aguas abajo. También, en esta realización, la cantidad de combustible añadido en la adición inicial de combustible es menor que la de cada una de la segunda y posteriores adiciones de combustible. Por tanto, aún si existe MP en el filtro 38 de escape en el momento de la adición inicial de combustible y hay una posibilidad de que la temperatura en las proximidades del filtro 38 de esca-

pe aumente excesivamente, se limita el aumento de la temperatura del filtro 38 de escape. Además, ya que la cantidad de combustible añadido es pequeña en la adición inicial de combustible, la adición de combustible puede reanudarse rápidamente después de la adición inicial de combustible. Por tanto, cuando no hay MP en el filtro 38 de escape, se elimina rápidamente el envenenamiento por S.

A continuación en el presente documento, se describirá el procedimiento específico para el control de liberación de S con referencias a las figuras de 2 a 4.

La figura 2 es un diagrama de tiempo que muestra el control de liberación de S. La sección (a) de la figura 2 muestra si se satisfacen los requisitos para realizar un control de liberación de S. La sección (b) muestra la relación aire-combustible real en el conducto 34 de escape. La sección (c) de la figura 2 muestra el estado de un indicador de suspensión de adición, que se enciende cuando la válvula 68 de adición de combustible no realiza la adición de combustible. La sección (d) de la figura 2 muestra un valor de contador que se incrementa y decrementa repetidamente. El incremento del valor de contador corresponde a la adición de combustible por la válvula 68 de adición de combustible. La sección (e) representa el valor detectado del primer sensor 44 de temperatura de escape o el segundo sensor 46 de temperatura de escape.

En la figura 2, se incrementa el valor de contador en cada uno de los periodos desde el tiempo t1 hasta el tiempo t2, desde el tiempo t4 hasta el tiempo t5, y desde el tiempo t6 hasta el tiempo t7. Esto es, en estos periodos, la adición de combustible se realiza mediante la válvula 68 de adición de combustible. La tasa de incremento del valor de contador no es necesariamente igual a la tasa de decremento del valor de contador. Las tasas se ajustan como sea necesario según el estado de funcionamiento del motor 2 diésel (por ejemplo, la cantidad de inyección de combustible y la velocidad del motor). La ECU 70 hace funcionar el contador a un intervalo predeterminado. El funcionamiento del contador corresponde a los procesos mostrados en la figura 3.

En una serie de procesos mostrados en la figura 3, la ECU 70 evalúa si se satisfacen los requisitos para la realización del control de liberación de S en la etapa 100. Los requisitos, por ejemplo, incluyen los siguientes.

(i) Ahora es el momento para realizar la eliminación del envenenamiento por S. Se hace la determinación, por ejemplo, calculando el valor integrado de la cantidad de inyección de combustible desde cuando se completó el control de liberación de S previo hasta el presente, y evaluando si el valor integrado es superior a un valor predeterminado.

(ii) Habiéndose satisfecho el requisito (i), se completa un control de aumento de temperatura para aumentar la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape (por ejemplo, hasta de 600°C a 700°C). En esta realización, los valores detectados del primer sensor 44 de temperatura de escape y el segundo sensor 46 de temperatura de escape se usan como la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape.

(iii) En el caso en el que haya empezado el control de liberación de S, se determina que no ha transcurrido un periodo suficiente para la reducción de SOx.

Si se satisfacen estos requisitos, la ECU 70 evalúa si el indicador de suspensión de adición mostrado en la figura 2 está en OFF en la etapa 100. Si el indica-

dor de suspensión de adición está en OFF, la ECU 70 procede a la etapa 120. En la etapa 120, la ECU 70 evalúa si el valor de contador mostrado en la figura 2 es inferior a un valor α de límite superior predeterminado mostrado en la figura 2. Si el valor de contador es inferior al valor α de límite superior, ECU 70 incrementa el valor de contador en la etapa 130. Si el indicador de suspensión de adición no está en OFF en la etapa 110, la ECU 70 procede a la etapa 140. En la etapa 140, la ECU 70 evalúa si el valor de contador es superior a cero. Si el valor de contador es superior a cero la ECU 70 decrementa el valor de contador en la etapa 150. El procedimiento se suspende temporalmente si no se satisfacen los requisitos para el control de liberación de S en la etapa 100, si el valor de contador no es inferior a un valor α de límite superior, si el valor de contador no es superior a cero en la etapa 140, o si se termina el proceso de la etapa 130 o 150.

Se describirá ahora el procedimiento para establecer el valor de límite superior del contador y para establecer el indicador de suspensión de adición, con referencia a la figura 4. La ECU 70 ejecuta el procedimiento mostrado en la figura 4 a un intervalo predeterminado.

En esta serie de procesos, la ECU 70 evalúa si se satisfacen los requisitos para realizar el control de liberación de S en la etapa 200, como en la etapa 100 de la figura 3. Si se satisfacen los requisitos en la etapa 200, la ECU 70 evalúa si el valor de contador ha alcanzado el valor α de límite superior. Si el valor de contador ha alcanzado el valor α de límite superior, la ECU 70 pasa el indicador de suspensión de adición a ON (tiempo t2, tiempo t5, y tiempo t7 en la figura 2).

Si el valor de contador no ha alcanzado el valor α de límite superior en la etapa 210, o después de ejecutarse la etapa 220, la ECU 70 procede a la etapa 230. En la etapa 230, la ECU 70 evalúa si un indicador inicial de determinación de adición está en OFF. Este indicador pasa a ON cuando la adición inicial de combustible se está realizando como un control de funcionamiento rico intermitente para la eliminación del envenenamiento por S. Esto es, en la etapa 230, la ECU 70 evalúa si la adición inicial de combustible se ha realizado ya que se satisficieron los requisitos para el control de liberación de S.

Cuando el indicador de determinación de adición inicial está en OFF en la etapa 230, la ECU establece el valor α de límite superior del valor de contador en un valor IV inicial en la etapa 240. Esto es, el valor α de límite superior se establece en el valor IV inicial de modo que la cantidad de la adición inicial de combustible sea inferior a la cantidad de adición de combustible en la segunda y posteriores adiciones.

En la etapa 250, la ECU 70 monitoriza el grado de aumento en los valores detectados del primer sensor 44 de temperatura de escape y del segundo sensor 46 de temperatura de escape. Esto es, la ECU 70 determina si el O lógico de una condición (a) y una condición (b) es verdadera, en la que la condición (a) es que la diferencia entre el valor detectado actual y el valor detectado previamente del primer sensor 44 de temperatura de escape es superior a un valor X predeterminado y la condición (b) es que el valor detectado actual está en una región que no provoca que la temperatura en las proximidades filtro 38 de escape aumente bruscamente. Además, la ECU 70 determina si el O lógico de una condición (a') y una condición (b') es verdadero, en la que la condición (a') es que

la diferencia entre el valor detectado actual y el valor detectado previamente del segundo sensor 46 de temperatura de escape es superior a un valor X predeterminado y la condición (b') es que el valor detectado actual está en una región que no provoca que la temperatura en las proximidades filtro 38 de escape aumente bruscamente. El valor X predeterminado se usa para determinar el grado de aumento en el valor detectado, grado que no provoca que la temperatura en las proximidades filtro 38 de escape aumente bruscamente aunque se ejecuten la segunda y posteriores adiciones de combustible.

Cuando el Y lógico del O lógico de las condiciones (a) y (b) y el O lógico de las condiciones (a') y (b') es verdadero, la ECU 70 fija el valor α de límite superior hasta un valor UV para la segunda y posteriores adiciones de combustible. El valor UV para la segunda y posteriores adiciones de combustible es mayor que el valor IV para la adición inicial de combustible, de modo que la cantidad de combustible añadido aumenta en la segunda y posteriores adiciones de combustible. Además, la ECU 70 pasa el indicador de determinación de adición inicial a ON.

Por otro lado, si el indicador de determinación de adición inicial no está en OFF en la etapa 230 o si ha acabado la etapa 260, la ECU 70 procede a la etapa 270. En la etapa 270, la ECU evalúa si el valor de contador es cero. Si el valor de contador es cero, la ECU 70 pasa el indicador de suspensión de adición a OFF (t4, t6, t8 en la figura 2). Esto es, según las etapas 230 a 280, el indicador de suspensión de adición pasa a OFF cuando el valor de contador es cero y empieza a incrementarse el valor de contador. A diferencia de esto, en el control de adición inicial de combustible, el indicador de suspensión de adición pasa a OFF si el valor de contador es cero y el Y del O de las condiciones (a) y (b) y el O de las condiciones (a') y (b') es verdadero, y empieza a incrementarse el valor de contador. Por tanto, incluso después de que el valor de contador se convierta en cero en el tiempo t3 tal como se muestra en la figura 2, la adición de combustible no empieza hasta el tiempo t4 en el que se cumplen los requisitos de la etapa 250.

Por otro lado, si no se cumplen los requisitos en la etapa 200, la ECU 70 procede a la etapa 290 y pasa el indicador de determinación de adición inicial a OFF.

Cuando el Y es no verdadero en la etapa 250, cuando el valor de contador no es cero en la etapa 270, y cuando ha acabado la etapa 280 o la etapa 290, la serie de procesos se suspende temporalmente.

Esta realización tiene las siguientes ventajas.

(1) Cuando la válvula 68 de adición de combustible añade de manera intermitente combustible al gas de escape durante el control de liberación de S, se monitoriza tras la adición inicial de combustible un grado de aumento del valor detectado de la temperatura de escape debido a la adición de combustible. Basándose en los resultados de la monitorización, se necesita o no realizar la segunda y posteriores adiciones de combustible. Por consiguiente, se evita que la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape aumente excesivamente.

(2) El aumento de la cantidad de combustible añadido en la segunda y posteriores adiciones de combustible comparado con la de la adición inicial de combustible provoca la reducción de sustancias ocluidas por el filtro 38 de escape y la emisión de las sustancias al lado aguas abajo. También, si existe MP en el

filtro 38 de escape en el momento de la adición inicial de combustible y hay una posibilidad de que la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape aumente excesivamente, el aumento de la temperatura del filtro 38 de escape está limitado. Además,

Segunda realización

A continuación en el presente documento, se describirá un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna según una segunda realización de la presente invención. El aparato de la segunda realización se aplica a un motor 2 diésel. Principalmente, se tratará a continuación la diferencia con respecto a la primera realización.

En esta realización, la cantidad de combustible añadida por adición disminuye según aumentan los valores detectados del primer sensor 44 de temperatura de escape y el segundo sensor 46 de temperatura de escape. Los valores detectados aumentan y disminuyen repetidamente. Especialmente, las adiciones de combustible intermitentes hacen que los valores detectados aumenten según aumenta la cantidad de combustible añadido, y las suspensiones temporales de adición de combustible disminuyen los valores detectados. No obstante, el valor promedio de los valores detectados fluctuantes aumenta. Éste es el motivo por el que se aplica el modo de adición de combustible anterior. Por tanto, según se extiende el periodo en el que se realiza la combustión rica en aire-combustible por el control de liberación de S, el valor máximo de la temperatura aumenta en las proximidades del filtro 38 de escape. En esta realización, se ejecuta el control anterior para evitar tales situaciones.

Específicamente, se ejecuta el procedimiento mostrado en la figura 5. Las secciones (a) a (e) de la figura 5 corresponden a las secciones (a) a (e) de la figura 2, respectivamente. En esta realización, según aumentan los valores máximos de los valores detectados del primer sensor 44 de temperatura de escape y el segundo sensor 46 de temperatura de escape, aumenta la tasa a la que se incrementa el valor de contador tal como se muestra en la figura 5. La figura 5 muestra un ejemplo en el que aumenta la tasa de aumento cuando empieza el incremento de nuevo en el tiempo t9. Por consiguiente, la cantidad de combustible añadido por adición disminuye según aumentan los valores detectados del primer sensor 44 de temperatura de escape y el segundo sensor 46 de temperatura de escape.

Por consiguiente, al disminuir la cantidad de combustible añadido por adición según aumentan los valores detectados del primer sensor 44 de temperatura de escape y el segundo sensor 46 de temperatura de escape, se evita que los valores detectados aumenten fácilmente. Además, un control de este tipo reduce las fluctuaciones de los valores detectados comparado con un caso en el que el periodo entre las adiciones de combustible se extiende según aumentan los valores detectados.

La segunda realización tal como se describió anteriormente tiene las siguientes ventajas.

(3) Al disminuir la cantidad de combustible añadido por adición según aumentan los valores detectados del primer sensor 44 de temperatura de escape y el segundo sensor 46 de temperatura de escape, se evita

que los valores detectados aumenten fácilmente. Además, un control de este tipo reduce las fluctuaciones de los valores detectados comparado con un caso en el que el periodo entre las adiciones de combustible se extiende según aumentan los valores detectados.

Tercera realización

A continuación en el presente documento, se describirá un aparato de purificación de escape de un motor de combustión interna según una tercera realización de la presente invención. El aparato de la tercera realización se aplica a un motor diésel. Principalmente, se tratará a continuación la diferencia con respecto a la segunda realización.

En esta realización, incluso si se cumplen los requisitos en la etapa 100 de la figura 3 o en la etapa 200 de la figura 4, se prohíbe temporalmente la combustión rica en aire-combustible si no se cumplen los requisitos siguientes.

(iv) El valor detectado del primer sensor 44 de temperatura de escape es inferior a un valor de límite superior fijado según a mapa que se define según el estado de funcionamiento del motor 2 diésel. El valor de límite superior es, por ejemplo, un valor en el que la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape no aumenta mediante una combustión rica en aire-combustible hasta un nivel que degrada el rendimiento de purificación del filtro 38 de escape.

(v) El valor detectado del segundo sensor 46 de temperatura de escape es inferior a una temperatura predeterminada (por ejemplo, 660°C). La temperatura predeterminada es, por ejemplo, un valor en el que no aumenta la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape mediante una combustión rica en aire-combustible hasta un nivel que degrada el rendimiento de purificación del filtro 38 de escape.

Una prohibición temporal de este tipo de la combustión rica en aire-combustible y los procesos asociados se muestran en la figura 6. Las secciones (a) a (e) de la figura 6 corresponden a las secciones (a) a (e) de la figura 2, respectivamente. Tal como se muestra en la figura 6, cuando no se cumplen los requisitos (4) y (5) en el tiempo t10, se prohíbe la combustión rica en aire-combustible hasta el tiempo t11, en el que el valor detectado disminuye en un valor no inferior a una cantidad ΔT predeterminada. La cantidad ΔT predeterminada se fija en un valor en el que la reanudación de la combustión rica en aire-combustible no aumenta excesivamente los valores detectados.

Además, en la tercera realización, cuando se prohíbe la adición de combustible, se prohíbe el incremento del valor de contador del contador, y se decrementa el valor de contador hasta el valor inicial. Esto es, cuando se prohíbe la combustión rica en aire-combustible en el tiempo t10 de la figura 5, empieza a decrementarse el valor de contador (independientemente del valor de contador). Cuando el valor de contador se convierte en cero, se espera que el valor de contador se incremente. Por consiguiente, en el tiempo t11, o cuando el valor ΔT detectado ha disminuido en la cantidad T predeterminada, se reanuda fácilmente la combustión rica en aire-combustible.

A diferencia de esto, si el contador funciona de manera normal cuando se prohíbe la adición de combustible, el valor de recuento puede decrementarse en el tiempo t11. En tal caso, cuando se retira la prohibición de la adición de combustible, puede que sea imposible reanudar la adición de combustible.

La tercera realización tiene las siguientes ventajas.

(4) Cuando los valores detectados de los sensores de temperatura de escape superan el valor predeterminado, se prohíbe la combustión rica en aire-combustible hasta que disminuyen los valores detectados en la cantidad ΔT predeterminada. Por consiguiente, se evita que la temperatura en las proximidades del filtro 38 de escape aumente excesivamente.

(5) Cuando se prohíbe la adición de combustible, se prohíbe el incremento del valor de contador del contador, y se decrementa el valor de contador hasta el valor inicial. Por consiguiente, cuando los valores detectados han disminuido en la cantidad ΔT predeterminada, se reanuda fácilmente la combustión rica en aire-combustible.

Otras realizaciones

Pueden modificarse las realizaciones anteriores tal como sigue.

La ventaja (1) de la primera realización puede obtenerse incluso si no aumenta la cantidad de combustible añadido en la segunda y posteriores adiciones de combustible comparado con la de la adición inicial de combustible.

La ventajas (4) y (5) pueden obtenerse incluso si no disminuye la cantidad de combustible añadido por adición según aumentan los valores detectados del primer sensor 44 de temperatura de escape y el segundo sensor 46 de temperatura de escape.

La ventaja (4) de la tercera realización puede obtenerse incluso si no se prohíbe el incremento del valor de contador del contador, y no se decrementa el valor de contador hasta el valor inicial cuando se prohíbe la adición de combustible.

En la tercera realización, puede prohibirse el incremento del valor de contador del contador y puede decrementarse el valor de contador hasta el valor inicial en un estado diferente del estado en el que no se cumplen los requisitos (iv) o (v).

Cuando se realiza de manera intermitente la adición de combustible, la cantidad de adición de combustible por adición disminuye según aumentan los valores detectados de la temperatura de escape en la realización anterior. Sin embargo, puede disminuirse la cantidad de adición de combustible de una manera diferente. Por ejemplo, puede disminuirse el valor α de límite superior.

En la realización anterior, cuando el grado de aumento de los valores detectados de la temperatura de escape debido al inicio de la adición de combustible es igual o inferior al valor umbral mientras se realiza la adición de combustible de manera intermitente, la cantidad de combustible añadido por adición aumenta cambiando el valor α de límite superior. Sin embargo, la cantidad de combustible añadido puede cambiarse de una manera diferente. Por ejemplo, la cantidad de combustible añadido por adición puede aumentarse cambiando la tasa de aumento.

La adición de combustible puede realizarse de manera intermitente de un modo distinto al que usa el contador.

El método para detener temporalmente la adición de combustible tras su inicio, monitorizar el grado de aumento del valor detectado de la temperatura de escape provocado por la adición de combustible, y reanudar la adición de combustible basándose en los resultados de la monitorización, no se limita a aquél en el que el grado de aumento del valor detectado de la temperatura de escape se monitoriza tras la adición inicial de combustible. Por ejemplo, puede mo-

nitizarse el grado de aumento de los valores detectados tras cada una de las adiciones de combustible.

El método para reducir el óxido de azufre ocluido por el filtro 38 de escape, y añadir combustible a una sección aguas arriba del filtro 38 de escape emitiendo así el óxido de azufre al lado aguas abajo del motor no se limita a aquél en el que la adición de combustible se realiza de manera intermitente. Incluso en este caso, es eficaz detener temporalmente la adición de combustible tras su inicio, monitorizar el grado de aumento de los valores detectados de la temperatura de escape provocado por la adición de combustible, y reanudar la adición de combustible basándose en los resultados de la monitorización. Además, no se limita al método en el que se detiene temporalmente la adición de combustible tras iniciarse la adición de combustible. En otras palabras, puede adoptarse cualquier método siempre que, cuando se reduce el óxido de azufre ocluido por el filtro 38 de escape y se añade combustible a una sección aguas arriba del filtro 38 de escape para emitir la sustancia reducida al lado aguas abajo del motor, se monitorice el grado de aumento de la temperatura de escape debido al inicio de la adición de combustible y se ajuste el modo de adición de combustible basándose en los resultados de monitorización.

Como agente reductor, que se suministra a una sección aguas arriba del catalizador de reducción de almacenamiento para reducir las sustancias ocluidas por el catalizador de reducción de almacenamiento y emitir las sustancias reducidas al lado aguas abajo del motor, puede usarse un material distinto del combustible añadido al gas de escape desde la válvula 68 de adición de combustible.

Como el grado de aumento de la temperatura del sistema de escape debido al inicio del suministro del agente reductor, pueden usarse valores distintos de los valores detectados del primer sensor 44 de temperatura de escape y el segundo sensor 46 de temperatura de escape. Por ejemplo, puede usarse la temperatura de lecho del filtro 38 de escape, que es la temperatura del filtro 38 de escape y un lecho sobre el que se proporciona el filtro 38 de escape.

Como aparato de purificación de escape que tiene el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx y el filtro para atrapar materia particulada en el gas de escape, puede usarse un aparato que no tiene el filtro 38 de escape sobre el que se recubre el catalizador de reducción de almacenamiento de NOx.

La presente invención se aplica de manera eficaz a un aparato de purificación de escape que no tiene un filtro para atrapar materia particulada en el gas de escape. Esto es debido a que si se recoge MP en las proximidades de un catalizador de reducción de almacenamiento de NOx, puede aumentarse excesivamente la temperatura del sistema de escape mediante la combustión de la MP durante el control de liberación de S del catalizador de reducción de almacenamiento de NOx.

Como el catalizador de reducción de almacenamiento que ocluye sustancias en el gas de escape cuando la relación aire-combustible del gas de escape es relativamente pobre, y reduce y emite las sustancias cuando la relación aire-combustible es relativamente rica, puede usarse un catalizador distinto del catalizador de reducción de almacenamiento de NOx.

Puede ocluirse otra sustancia distinta a óxido de azufre por el catalizador de reducción de almacena-

miento y emitirse al lado aguas abajo del motor mediante el agente reductor.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Aparato de purificación de escape de un motor (2) de combustión interna que tiene un catalizador (36) de reducción de almacenamiento que ocluye sustancias en el gas de escape cuando la relación aire-combustible del gas de escape es relativamente pobre y reduce y emite las sustancias cuando la relación aire-combustible es relativamente rica, **caracterizándose** el aparato porque, después de empezar a suministrar agente reductor desde una sección aguas arriba del catalizador (36) de reducción de almacenamiento para reducir la sustancia tóxica ocluida por el catalizador (36) de reducción de almacenamiento y para descargar la sustancia desde el catalizador (36) de reducción de almacenamiento, el aparato detiene temporalmente el suministro del agente reductor tras una adición inicial del agente reductor y monitoriza el grado de aumento en la temperatura de un gas de escape debido al inicio del suministro del agente reductor, en el que, basándose en el resultado de la monitorización, cuando se determina que no hay posibilidad de que aumente excesivamente la temperatura del gas de escape, el aparato reanuda el suministro del agente reductor.

2. Aparato de purificación de escape de un motor (2) de combustión interna según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, basándose en el resultado de la monitorización, el aparato establece la manera en la que se suministra posteriormente el agente reductor.

3. Aparato de purificación de escape de un motor (2) de combustión interna según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el suministro del agente reductor se realiza de manera intermitente, y en el que, cuando el grado de aumento en la temperatura del gas de escape, debido al inicio del suministro del agente reductor, no es superior a un valor umbral predeterminado, el aparato aumenta la cantidad de agente reductor suministrado en cada suministro.

4. Aparato de purificación de escape de un motor (2) de combustión interna según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el suministro de agente reductor se realiza de manera intermitente, y en el que, cuando la temperatura del gas

de escape aumenta, el aparato disminuye la cantidad de agente reductor suministrado en cada suministro.

5. Aparato de purificación de escape de un motor (2) de combustión interna según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque, cuando la temperatura del sistema de escape supera una temperatura predeterminada debido al suministro del agente reductor, el aparato prohíbe el suministro del agente reductor hasta que la temperatura del gas de escape disminuya en una cantidad no inferior a una cantidad predeterminada.

6. Aparato de purificación de escape de un motor (2) de combustión interna según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el suministro del agente reductor se realiza cuando se incrementa un valor de recuento de un contador que se incrementa y decrementa periódica y repetidamente, y en el que, cuando se prohíbe el suministro del agente reductor, el aparato prohíbe que se incremente el valor de recuento del contador y decrementa el valor de recuento hasta un valor inicial.

7. Aparato de purificación de escape de un motor (2) de combustión interna según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque las sustancias, que se ocluyen por el catalizador (36) de reducción de almacenamiento y se emiten desde el motor (2) mediante el suministro de un agente reductor, son óxidos de azufre.

8. Aparato de purificación de escape de un motor (2) de combustión interna según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por comprender además un filtro (38) para atrapar materia particulada en el gas de escape, dispuesto en un lado aguas abajo del catalizador (36) de reducción de almacenamiento.

9. Aparato de purificación de escape de un motor (2) de combustión interna según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque el suministro del agente reductor se realiza de manera intermitente, y en el que, después de empezar a suministrar el agente reductor, el aparato aumenta la cantidad del agente reductor suministrado en el segundo y posteriores suministros comparado con la cantidad del agente reductor suministrado en el suministro inicial.

Fig. 1

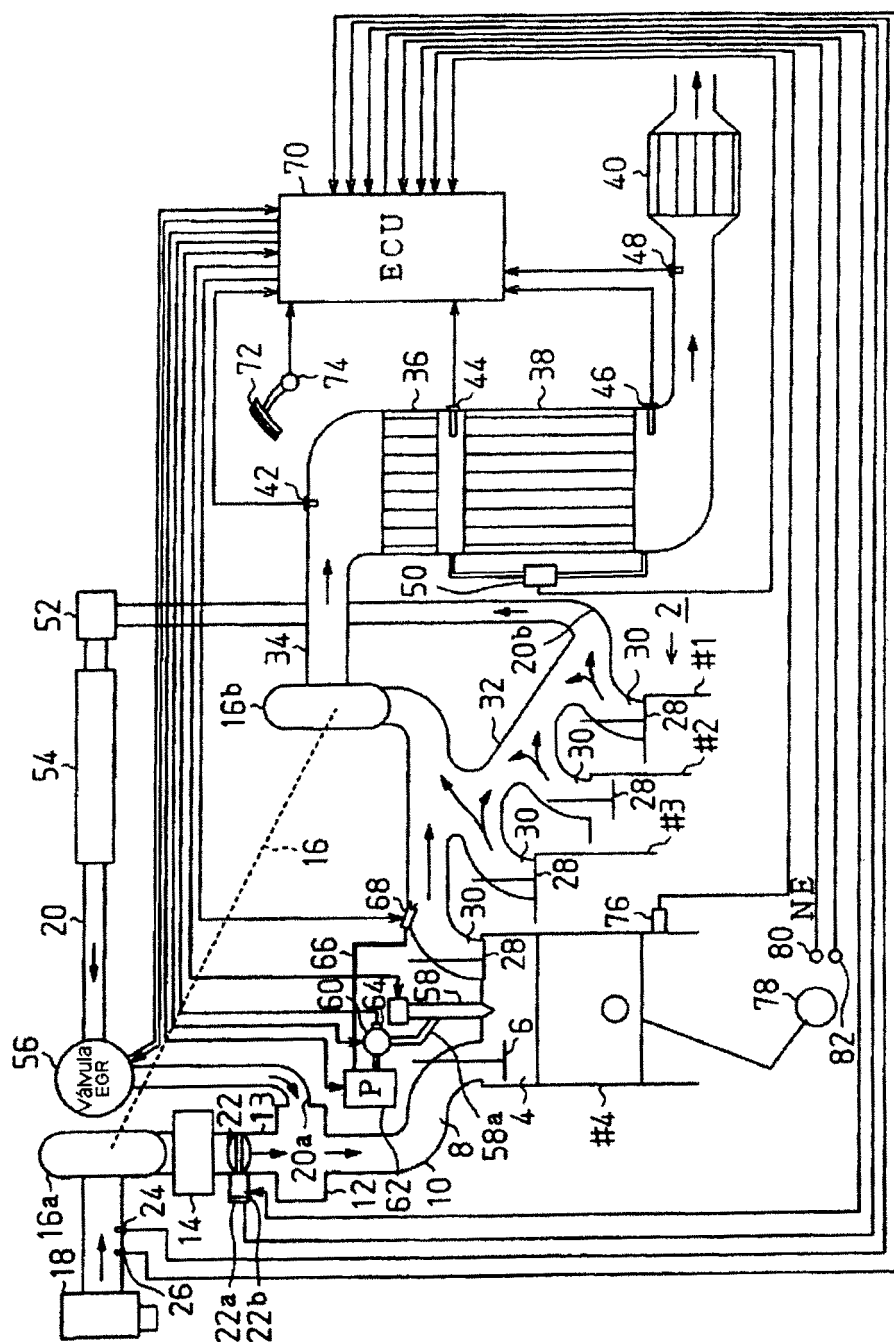


Fig. 2

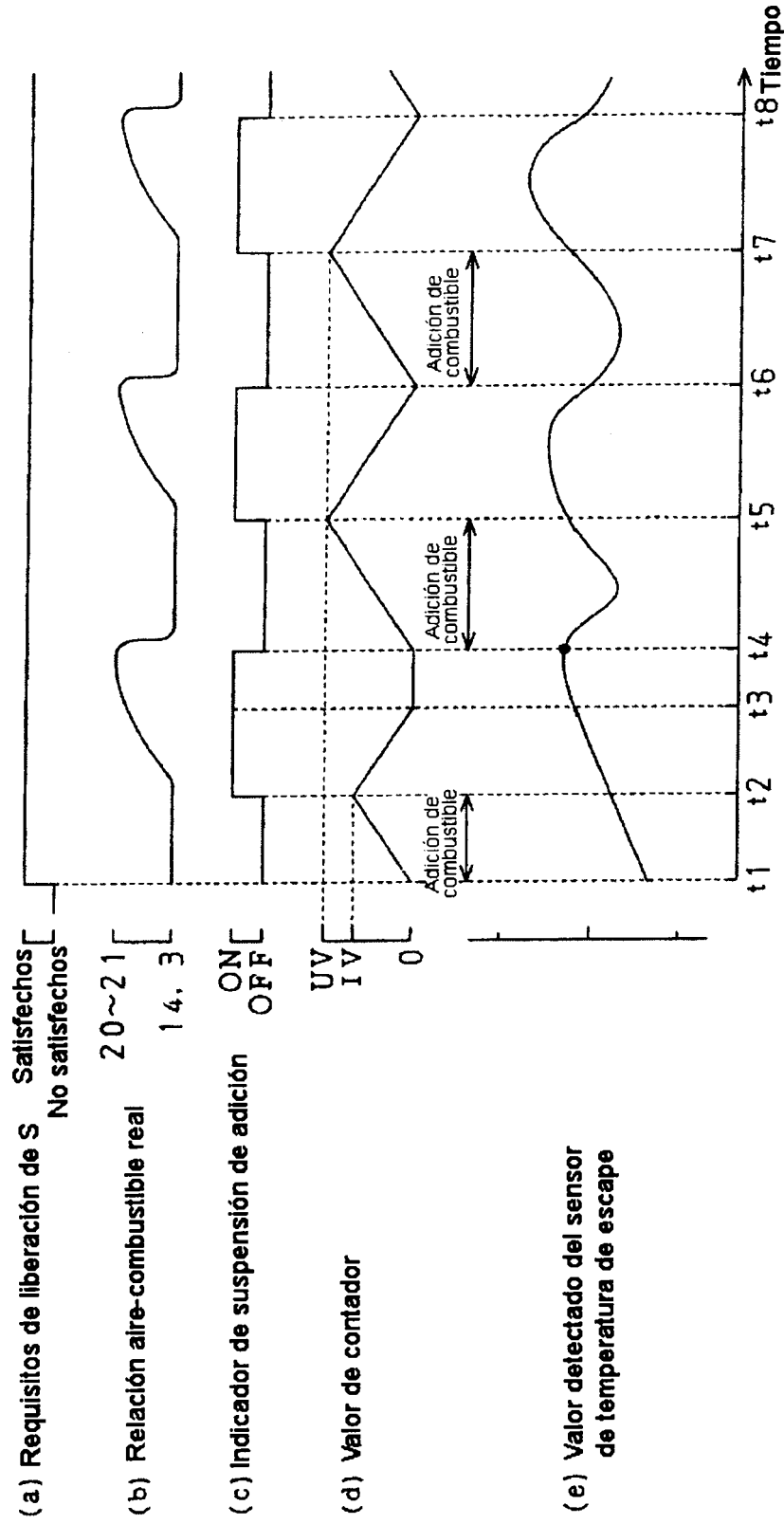


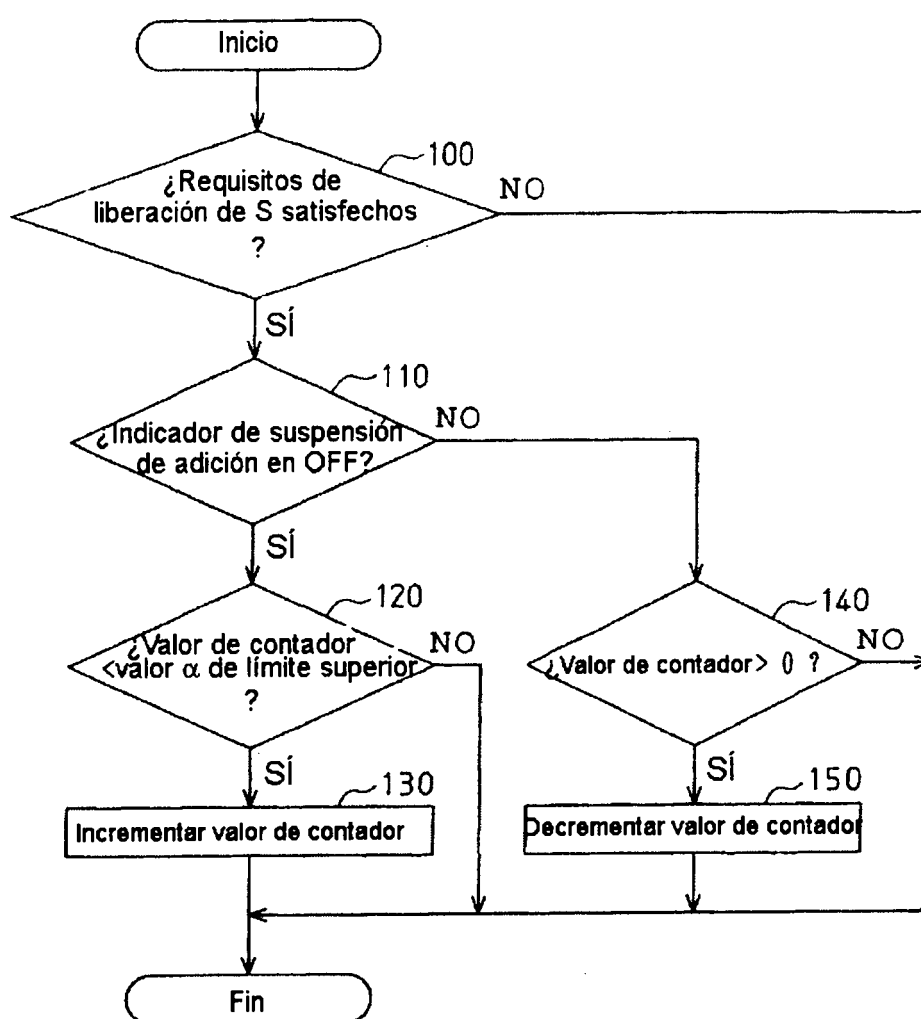
Fig. 3

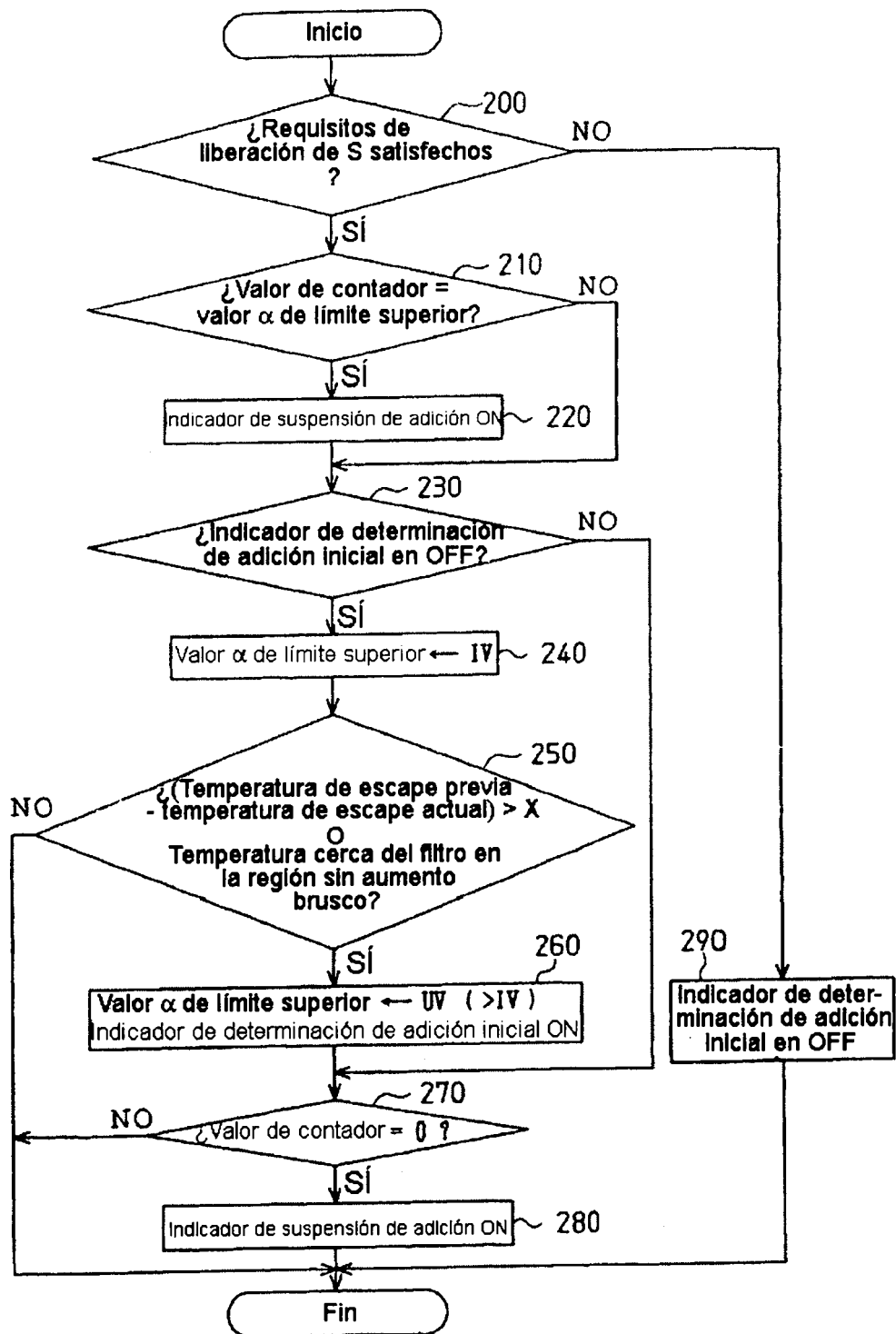
Fig. 4

Fig. 5

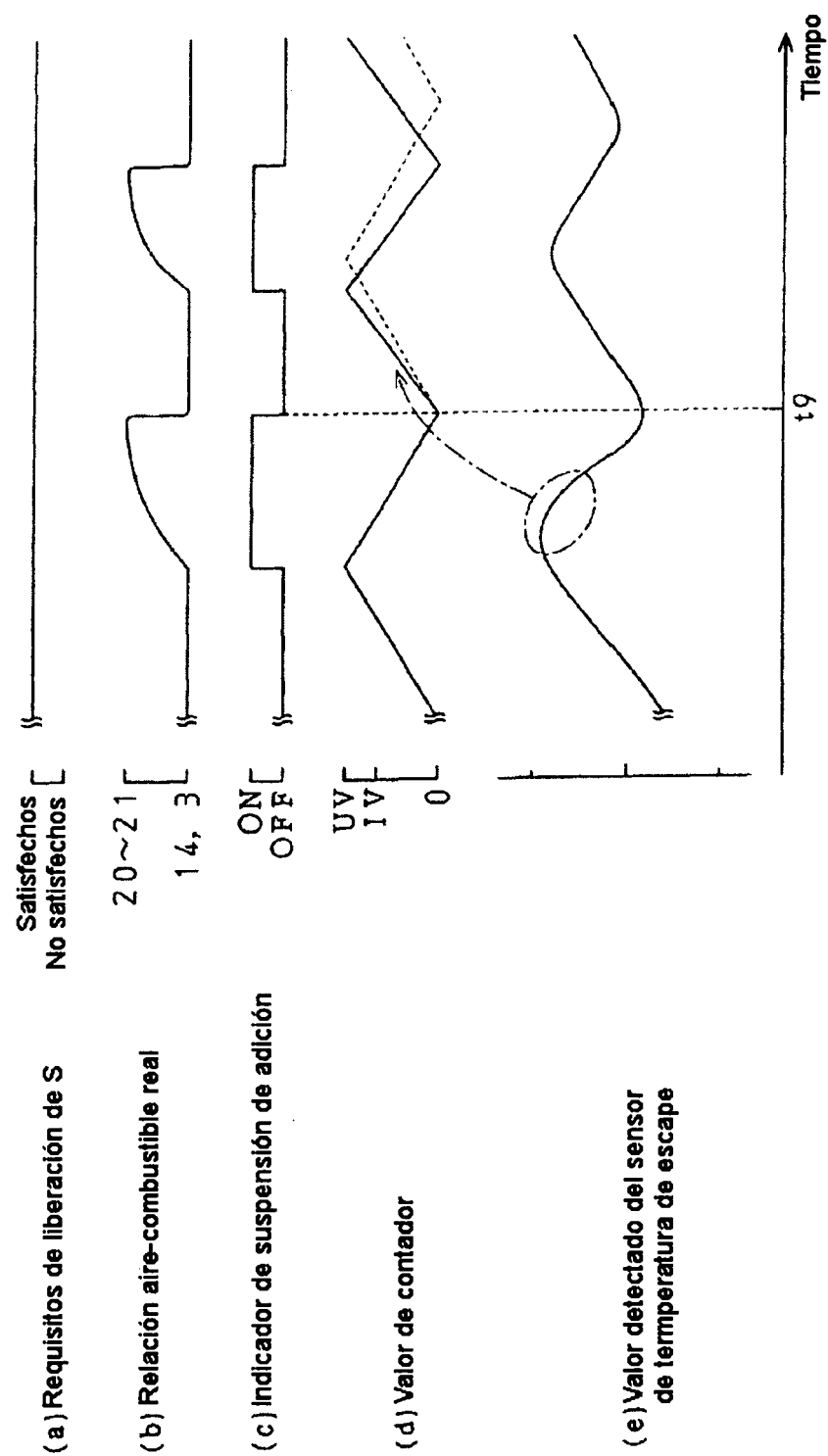


Fig. 6

