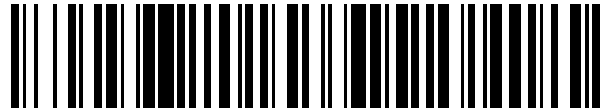


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 400**

51 Int. Cl.:

**F02D 41/10** (2006.01)

**F02B 3/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2003 E 03014727 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 1375876**

54 Título: **Aparato y procedimiento para controlar la recirculación de gases de escape en un motor**

30 Prioridad:

**28.06.2002 JP 2002191061**

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

**27.10.2015**

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOSHOKKI  
(50.0%)**

**2-1, TOYODA-CHO  
KARIYA-SHI, AICHI-KEN, JP y  
TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (50.0%)**

72 Inventor/es:

**UMEHARA, TSUTOMU;  
YAMAGUCHI, MASAOKI y  
KINUHATA, HIROKI**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 549 400 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 y procedimiento para controlar la recirculación de gases de escape en un motor

## 5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a un aparato y a un procedimiento para controlar la recirculación de gases de escape (RGE) en un motor, y más particularmente, al control de una válvula de RGE que ajusta la cantidad de RGE.

10 Las publicaciones de patente japonesas abiertas al público Nos. 55-148950, 10-238412 y 2000-337172 describen motores de vehículos que incorporan aparatos de recirculación de gases de escape (RGE). Un aparato de RGE incluye un paso de recirculación, que conecta un paso de escape del motor a un paso de entrada del motor, y una válvula de RGE, que está dispuesta en el paso de recirculación. Cuando se abre la válvula de RGE, la diferencia entre las presiones del lado aguas arriba y del lado aguas abajo de la válvula de RGE envía el gas de escape del

15 paso de escape al paso de entrada a través del paso de recirculación. El gas de escape en el conducto de entrada reduce la temperatura de combustión en las cámaras de combustión del motor y suprime la producción de óxidos de nitrógeno (NOx).

20 El documento US 4719893 divulga un sistema de control de RGE que evita el exceso de gas RGE en la cámara de combustión mediante el establecimiento de la apertura de la válvula de RGE a una velocidad controlada en el caso de que la válvula de mariposa se cierre de repente.

25 La publicación abierta al público de patente japonesa nº 8-270454 describe un motor de vehículo que incorpora un turbocompresor de geometría variable y un aparato de RGE. El turbocompresor de geometría variable incluye una turbina, que está provista de álabes variables, y está dispuesta en el paso de escape. El grado de apertura de los álabes variables se varía para producir una presión sobrealimentada, incluso a bajas revoluciones. Así, el motor produce alta potencia desde los rangos de baja velocidad.

30 La cantidad de RGE se determina a partir del grado de apertura de la válvula de RGE y la diferencia entre las presiones en el lado aguas arriba y aguas abajo de la válvula de RGE. Una unidad de control electrónico (ECU) instalada en un vehículo obtiene la cantidad de inyección de combustible basándose en el estado de funcionamiento del motor y obtiene un grado de apertura objetivo de la válvula de RGE correspondiente a la cantidad de inyección de combustible a partir de una fórmula predeterminada utilizada para el control de retroalimentación. La retroalimentación de la ECU controla la válvula de RGE, de modo que el grado de apertura de la válvula de RGE se

35 hace igual al grado de apertura objetivo. La fórmula se establece bajo el supuesto de que la diferencia entre las presiones en el lado aguas arriba y aguas abajo del lado de la válvula de RGE es normal. Es decir, el grado de apertura objetivo de la válvula de RGE, que se obtiene a través de la fórmula, alcanza la cantidad óptima de RGE cuando la diferencia de presión está en un estado normal.

40 Además, la ECU determina si se debe realizar RGE de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor. Cuando se determina realizar RGE, la ECU acciona la válvula de RGE de un estado completamente cerrado con el grado de apertura objetivo.

45 Por ejemplo, en un motor diésel que incorpora un turbocompresor de geometría variable, si el pedal de aceleración presionado se libera cuando el motor está en un estado de alta carga de alta velocidad y luego inmediatamente se presiona de nuevo para acelerar la velocidad del motor, la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada se vuelve temporalmente mayor que el valor normal. Si se abre la válvula de RGE en este estado, una mayor cantidad de gas de escape se recircula al paso de entrada en comparación con cuando la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada está en un estado normal. Esto libera vapores del paso de escape.

50

Más específicamente, cuando el pedal de aceleración presionado se libera en un estado en el que la velocidad del motor es alta, se detiene la inyección de combustible. Además, la válvula de RGE y la válvula de mariposa se cierran. En este estado, los álabes variables del turbocompresor de geometría variable son controlados para aumentar el grado de apertura. Sin embargo, el movimiento de los álabes variables, que son accionados a través del

55 control de retroalimentación, se retrasa desde el cambio en la cantidad de inyección de combustible, que se controla de acuerdo con la cantidad de presión del pedal de aceleración, el accionamiento de la válvula de mariposa, y el accionamiento de la válvula de RGE, que es controlada de acuerdo con la cantidad de inyección de combustible. Por lo tanto, en un corto período cuando se pisa el pedal de aceleración, la válvula de RGE está cerrada, pero los álabes variables prácticamente no se mueven en la dirección de apertura.

60

La presión de escape en el paso de escape se incrementa en un estado en el que se cierra la válvula de RGE y los álabes variables no se mueven en la dirección de apertura. La presión de entrada en el conducto de entrada disminuye inmediatamente después de que el pedal de aceleración presionado se libera, puesto que la válvula del acelerador se mueve en su dirección de cierre cuando la inercia sigue operando el motor en un estado de alta

velocidad. Esto produce una diferencia excesiva entre la presión de escape en el lado aguas arriba de la válvula de RGE cerrada y la presión de entrada en el lado de aguas abajo de la válvula de RGE cerrada.

5 Cuando se suelta el pedal de aceleración presionada y luego se presiona de nuevo dentro de un corto período de tiempo, los álabes variables se mantienen en un grado de apertura relativamente pequeño hasta que la presión de entrada del paso de entrada, o la presión sobrealimentada, alcanza su valor objetivo. A medida que la velocidad de rotación de la turbina aumenta y la presión de entrada alcanza su valor objetivo, los álabes variables se mueven en la dirección de apertura. Debido a la inercia, se requiere un cierto período de tiempo para que la velocidad de rotación de la turbina aumente. Por lo tanto, los álabes variables no se mueven inmediatamente en la dirección de apertura, incluso si el pedal de aceleración se presiona de nuevo. Por consiguiente, si se abre la válvula de RGE de un estado completamente cerrado cuando el pedal de aceleración se presiona de nuevo, la diferencia excesiva entre la presión de escape y la presión de entrada provoca una excesiva recirculación del gas de escape al paso de entrada. Esto descarga humos desde el paso de escape.

15 Este tipo de eventos son prominentes en los motores diésel que incorporan turbocompresores de geometría variable. Sin embargo, incluso en un motor diésel que incorpora un turbocompresor de geometría fija o un motor diésel que no incorpora un turbocompresor, cuando el pedal de aceleración se manipula de una manera que de repente cambia el estado de funcionamiento del motor, la diferencia excesiva entre la presión de escape y la presión de entrada puede producir humos.

20 Sumario de la invención

Es un objeto de la presente invención proporcionar un aparato y un procedimiento para controlar la RGE en un motor que permita un control óptimo de la cantidad de RGE.

25 Para lograr el objeto anterior, la presente invención proporciona un aparato para controlar la recirculación del gas de escape de un paso de escape de un motor a un paso de entrada del motor. El aparato incluye un conducto de recirculación que conecta el paso de escape con el paso de entrada. Una válvula de RGE está dispuesta en el conducto de recirculación. La válvula de RGE varía su grado de apertura para ajustar la cantidad de gas de escape recirculado desde el paso de escape al paso de entrada. Un controlador controla la válvula de RGE. El controlador obtiene un grado de apertura objetivo de la válvula de RGE de acuerdo con un estado de funcionamiento del motor y controla la válvula de RGE, de modo que el grado de apertura de la válvula de RGE se hace igual al grado de apertura objetivo obtenido. Al abrir la válvula de RGE desde un estado completamente cerrado, el controlador realiza el control principal de la RGE para restringir el grado de apertura de la válvula de RGE a un grado de apertura restringido que es menor que el grado de apertura objetivo durante un tiempo de retardo predeterminado antes de accionar la válvula de RGE para el grado de apertura objetivo.

35 Un aspecto adicional de la presente invención es un procedimiento para controlar la recirculación del gas de escape de un paso de escape de un motor a un paso de entrada del motor. El procedimiento incluye variar un grado de apertura de la válvula de RGE para ajustar la cantidad de gas de escape recirculado desde el paso de escape al paso de entrada a través de un conducto de recirculación, obtener un grado de apertura objetivo de la válvula de RGE de acuerdo con un estado operativo del motor, controlar la válvula de RGE de modo que el grado de apertura de la válvula de RGE se hace igual al grado de apertura objetivo obtenido, y, al abrir la válvula de RGE desde un estado completamente cerrado, lo que restringe el grado de apertura de la válvula de RGE a un grado de apertura restringida que es menor que el grado de apertura objetivo durante un tiempo de retardo predeterminado antes de accionar la válvula de RGE con el grado de apertura objetivo.

Otros aspectos y ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción, tomada en conjunción con los dibujos adjuntos, que ilustran a modo de ejemplo los principios de la invención.

50 Breve descripción de los dibujos

La invención, junto con objetos y ventajas de la misma, se pueden entender mejor por referencia a la siguiente descripción de las realizaciones actualmente preferidas junto con los dibujos adjuntos, en los que:

- 55 La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de motor diésel de acuerdo con una primera realización de la presente invención;  
 La figura 2 es un mapa que se hace referencia cuando se determina si se realiza la RGE o no;  
 La figura 3 es un gráfico que ilustra el control de retorno de RGE;  
 60 La figura 4 es un diagrama de temporización que ilustra el control de retorno de RGE;  
 La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra el control de retorno de RGE;  
 La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra el control de retorno de RGE de acuerdo con un segundo modo de realización de la presente invención;  
 La figura 7 es un gráfico que ilustra el control de retorno de RGE;

La figura 8 es un gráfico que ilustra la RGE de control de retorno de acuerdo con la tercera realización de la presente invención;

La figura 9 es un gráfico que ilustra la RGE de control de retorno de acuerdo con un cuarto modo de realización de la presente invención;

5 La figura 10 es un gráfico que ilustra la RGE de control de retorno de acuerdo con la quinta realización de la presente invención;

La figura 11 es un gráfico que ilustra la RGE de control de retorno de acuerdo con la sexta realización de la presente invención;

10 La figura 12 es un gráfico que ilustra la RGE de control de retorno de acuerdo con una séptima realización de la presente invención;

La figura 13 es un gráfico que ilustra la RGE de control de retorno de acuerdo con una octava realización de la presente invención; y

La figura 14 es un gráfico que ilustra la RGE de control de retorno de acuerdo con la novena realización de la presente invención.

15 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Una primera realización de acuerdo con la presente invención que se aplica a un sistema de motor diésel de un vehículo se describirá ahora con referencia a las figuras 1 a 5.

20 Haciendo referencia a la figura 1, el sistema de motor diésel incluye un motor diésel 1, una bomba de inyección de combustible 2, y una unidad de control electrónico (ECU) 3, que controla el motor diésel 1 y la inyección de combustible de la bomba 2.

25 El motor diésel 1 incluye una pluralidad de (sólo se muestra uno en la figura 1) cilindros 11A con cada cilindro 11A alojando un pistón 10. En cada cilindro 11A, se define una cámara de combustión 13 entre el pistón 10 correspondiente y una culata de cilindro 12. Una pluralidad de boquillas de inyección de combustible 14 están dispuestas en correspondencia con los cilindros 11A a lo largo de la cabeza del cilindro 12. Cada boquilla de inyección de combustible 14 tiene un puerto de inyección de combustible que se expone en la correspondiente  
30 cámara de combustión 13. El combustible presurizado enviado a través de un paso de combustible (no mostrado) de la bomba de inyección de combustible 2 se inyecta desde la boquilla de inyección de combustible 14 en la correspondiente cámara de combustión 13. El encendido de la mezcla de aire-combustible en la cámara de combustión 13 mueve alternativamente el pistón 10 en el cilindro 11A correspondiente. Una varilla de conexión 15 convierte el movimiento alternativo del pistón 10 en la rotación de un (eje de salida de un) cigüeñal 16. El motor 1  
35 incluye un paso de entrada 17, que está conectado a los puertos de entrada de los cilindros 11A, y un paso de escape 18, que está conectado a los puertos de escape de los cilindros 11A.

40 El motor diésel 1 incluye un turbocompresor 20 de geometría variable, que sirve como un sobrealimentador. El turbocompresor 20 de geometría variable sobrealimenta aire en rangos de baja velocidad del motor 1 y aumenta el par del motor 1 a bajas velocidades. El turbocompresor 20 de geometría variable incluye una turbina 21, que está dispuesta en el paso de escape 18, y un compresor 22, que está dispuesto en el conducto de entrada 17. El compresor 22, que es accionado por el par de rotación producido por la turbina 21, sobrealimenta el aire en el conducto de entrada 17 hacia los cilindros 11A.

45 Una pluralidad de álabes variables 23 están dispuestos en la turbina 21 para ajustar la velocidad de flujo del gas de escape que pasa a través de la turbina 21. Los álabes variables 23 están dispuestos alrededor del eje de la turbina 21 y están soportados de manera que puedan abrirse y cerrarse. Los álabes variables 23 funcionan como una boquilla variable. Un par de giro, que está en conformidad con la tasa de flujo del gas de escape, se aplica al compresor 22. La velocidad de flujo del gas de escape se determina por la presión del gas de escape en el paso de  
50 escape 18 y el grado de apertura de los álabes variables 23 (es decir, el grado de apertura de la boquilla variable). Los álabes variables 23 son accionados por un accionador 24 del tipo de diafragma.

55 El accionador 24 está conectado a una bomba de vacío (no mostrada), que funciona como una fuente de presión negativa, a través de una válvula eléctrica de regulación de vacío (EVRV) 25. La EVRV 25 ajusta la presión negativa producida por la bomba de vacío para mover los álabes variables 23 con el accionador 24 en una dirección de cierre o en una dirección de apertura. Esto varía el grado de apertura de los álabes variables 23, o el grado de apertura de la boquilla variable (grado VN). El grado VN ajusta la velocidad de flujo del gas de escape que pasa a través de la turbina 21. Esto, a su vez, cambia la presión sobrealimentada producida por el compresor 22. Por ejemplo, una  
60 disminución en el grado VN aumenta la fuerza motriz del compresor 22 y eleva la presión sobrealimentada resultante. Por otro lado, un aumento en el grado VN disminuye la fuerza de accionamiento del compresor 22 y disminuye la presión sobrealimentada resultante. El ángulo VN se controla de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor 1 para producir la presión sobrealimentada que es óptima para el estado de funcionamiento del motor 1. Esto aumenta el par del motor 1 en el rango de baja velocidad y mejora la capacidad de arranque del vehículo.

65

## ES 2 549 400 T3

5 El motor 1 incluye un dispositivo de recirculación de los gases de escape (RGE) 30. El dispositivo de RGE 30 devuelve parte del gas de escape al conducto de entrada 17 para reducir la temperatura de combustión en las cámaras de combustión 13 y reducir los óxidos de nitrógeno (NOx) incluidos en el gas de escape. El dispositivo de RGE 30 incluye un conducto de recirculación 31, que está conectado con el conducto de entrada 17, y una válvula de RGE 32, que está dispuesta en el paso de recirculación 31. El paso de recirculación 31 conecta la parte del paso de escape 18 que está aguas arriba de la turbina 21 a la parte del paso de entrada 17 que está aguas abajo del compresor 22. La válvula de RGE 32 incluye un accionador 33 de tipo de diafragma accionado por presión negativa. Un paso 34 conecta el accionador 33 a un puerto de salida de una válvula de conmutación de vacío (VSV) 35 y un puerto de salida de una válvula eléctrica de regulación de vacío (EVRV) 36.

10 La EVRV 36 es una válvula electromagnética de tres vías, cuyo grado de apertura se ajusta a través de control de trabajo, e incluye un puerto de entrada, que está conectado a una bomba de vacío (no mostrada), y un puerto atmosférico, que se abre a la atmósfera. La EVRV 36 ajusta continuamente el grado de apertura de la válvula de RGE 32 (es decir, el grado de apertura de la válvula de RGE). La VSV 35 incluye un puerto de entrada, a través del cual se extrae la presión atmosférica. La válvula de RGE 32 está completamente cerrada cuando la VSV 35 se conmuta a una posición donde la VSV 35 aspira el aire ambiente. La válvula de RGE 32 es una válvula de tipo de elevación que tiene un cuerpo de válvula de movimiento alternativo que determina el grado de apertura de la válvula de RGE de acuerdo con la cantidad de elevación del cuerpo de válvula.

20 Se proporcionan varios tipos de dispositivos para el motor 1 y la bomba de inyección 2 de combustible para detectar la carga aplicada al motor 1 y el estado de funcionamiento del motor 1. Más específicamente, un sensor de ángulo de calado 41, que detecta el ángulo de giro o el ángulo de calado, del cigüeñal 16, y un sensor de temperatura del refrigerante 42, que detecta la temperatura  $T_w$  del refrigerante que fluye a través del motor 1, están dispuestos en el bloque del cilindro 11.

25 Un filtro de aire 43 está dispuesto en la entrada del paso de entrada 17. Un medidor de flujo de aire 44, que detecta la velocidad de flujo del aire de entrada, y un sensor de temperatura atmosférica 45, que detecta la temperatura de la atmósfera, están situados aguas abajo del filtro de aire 43 en el conducto de entrada 17.

30 Un intercambiador de calor 46 y un calentador de entrada 47 están dispuestos aguas abajo del compresor 22 en el conducto de entrada 17. El intercambiador de calor 46 funciona como un intercambiador de calor (dispositivo de refrigeración) para el aire sobrealimentado por la turbina 21. Es decir, el intercambiador de calor 46 enfría el aire caliente comprimido por la turbina 21 para aumentar la densidad del aire. El calentador de entrada 47 calienta el aire de entrada, por ejemplo, durante el invierno cuando la temperatura atmosférica es baja. Una válvula de mariposa 48 está dispuesta en el paso de entrada 17 en una ubicación que está aguas abajo del intercambiador de calor 46 y aguas arriba del calentador de entrada 47. La válvula de mariposa 48 es accionada por un motor del acelerador 49. Un sensor de presión del pedal 51 detecta la cantidad de presión de un pedal de aceleración 50. De acuerdo con la cantidad detectada presionada, el motor del acelerador 49 ajusta el grado de apertura de la válvula de mariposa 48, o el grado de apertura del acelerador, para ajustar la cantidad de aire que se retira de la cámara de combustión 13. El motor del acelerador 49 incorpora un interruptor completamente abierto (no mostrado), que detecta si la válvula de mariposa 48 está en una posición en la que está completamente abierta. Cuando la válvula de mariposa 48 está completamente abierta, el interruptor completamente abierto envía una señal de detección completamente abierta. Un interruptor de pedal 52 está dispuesto en las proximidades del pedal de aceleración 50 para detectar que el pedal de aceleración 50 no se está presionando, es decir, para detectar que la cantidad de presión del pedal de aceleración 50 es nula.

50 Un sensor de temperatura de entrada 53 está dispuesto aguas abajo del calentador de entrada 47 en el paso de entrada 17 para detectar la temperatura del aire de entrada. Un puerto de salida de una válvula de conmutación de vacío (VSV) 54 está conectado al paso de entrada 17 cerca del sensor de temperatura de entrada 53. Un sensor de presión de entrada 55 detecta la presión en el puerto de salida de la VSV 54. De acuerdo con la conmutación de la VSV 54, el sensor de presión de entrada 55 detecta la presión en el puerto de salida de la VSV 54 como la presión de entrada (es decir, la presión sobrealimentada  $P_b$ ) o detecta la presión atmosférica  $P_a$ .

55 El puerto de entrada conectado a cada cámara de combustión 13 se bifurca en un puerto helicoidal y un puerto tangencial. Una válvula de control de remolino (SCV) está dispuesta en el puerto tangencial. Una válvula de conmutación de vacío (VSV) 57 aplica presión negativa a la SCV 56 para abrir y cerrar la SCV 56. Por ejemplo, la SCV 56 cierra el puerto tangencial si el motor 1 está siendo operado en un estado de carga baja, tal como cuando el vehículo está siendo conducido a una velocidad baja. Esto aumenta la velocidad de flujo del aire de entrada que fluye en el puerto helicoidal y produce un fuerte remolino de aire en cada cámara de combustión 13. Como resultado, la eficiencia de la combustión de la mezcla aire-combustible aumenta. Si el motor 1 está siendo operado en un estado de alta carga, por ejemplo, cuando la cantidad de presión del pedal de aceleración 50 es grande, la SCV 56 abre el puerto tangencial. Esto aumenta la cantidad de aire de entrada enviada suministrada a cada cámara de combustión 13 y produce alta potencia con el motor 1.

La bomba de inyección de combustible 2, que es accionada por el cigüeñal 16, está provista de una válvula electromagnética de descarga 60, que ajusta la cantidad de combustible inyectado, y una válvula de control de tiempo (TCV) 61, que controla el tiempo de inyección de combustible. La cantidad de combustible inyectado desde cada boquilla de inyección 14 de combustible se ajusta mediante el control del tiempo durante el cual la válvula electromagnética de descarga 60 se excita para ajustar la cantidad de combustible derramado de la boquilla de inyección de combustible 14. Además, el tiempo de inyección de combustible se determina por el control de la TCV 61 para ajustar la temporización para iniciar el movimiento de un émbolo, que se mueve en vaivén en una carcasa de la bomba de inyección de combustible 2. La bomba de inyección de combustible 2 está también provista de un sensor de velocidad 62 del motor, que detecta la velocidad del motor NE, y un sensor de temperatura 63 del combustible, que detecta la temperatura del combustible en la bomba 2. Puede emplearse un sistema de inyección de combustible del tipo de raíl común.

Un dispositivo de purificación de gas de escape (catalizador de oxidación) 65 y un filtro de partículas diésel (no mostrado) están dispuestos en el paso de escape 18 aguas abajo de la turbina 21. El dispositivo de purificación de gases de escape 65 oxida los gases no quemados incluidos en el gas de escape para purificar el gas de escape.

Los dispositivos de detección 41, 42, 44, 45, 51, 52, 53, 55, 62, y 63 están conectados a una interfaz de entrada de la ECU 3 y envían señales de detección a la ECU 3. Unos accionadores incluyendo las EVRVs 25 y 36, las VSVs 35, 54, y 57, el motor del acelerador 49, la válvula 60 de descarga electromagnética, y la TCV 61 están conectados a una interfaz de salida de la ECU 3. La ECU 3 controla de manera óptima los accionadores conectados a la interfaz de salida en base a las señales de detección de los dispositivos de detección conectados a la interfaz de entrada.

La ECU 3 es un controlador que incluye un microordenador 70 y una memoria (por ejemplo, ROM y RAM) 71. El microordenador 70 reconoce el estado de funcionamiento del motor 1 a partir de las señales de detección de los dispositivos de detección. Además, el microordenador 70 se refiere a varios tipos de datos, tales como mapas almacenados en la memoria 71, para determinar varios tipos de valores de comando (valores de control) que se requieren para controlar el motor 1 de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor 1.

En la primera realización, el grado de apertura de la válvula de RGE 32 se controlada por retroalimentación. La memoria 71 almacena un programa de retroalimentación para controlar el grado de apertura de la válvula de RGE. En la primera realización, el control PID se emplea como el control de retroalimentación. Más específicamente, la ECU 3 obtiene una cantidad de inyección de combustible  $Q_v$  de acuerdo con el estado operativo del motor, que incluye la velocidad del motor NE y el grado de apertura del acelerador. La cantidad de aire de entrada requerido  $Q_v$  está generalmente correlacionada con la cantidad de inyección de combustible  $Q_v$ . La ECU 3 también obtiene una tasa de RGE objetivo (%) dentro de un rango en el que se puede garantizar la relación de aire-combustible requerido. La tasa de RGE objetivo se obtiene a partir de la fórmula (cantidad RGE/(cantidad RGE + cantidad de aire de entrada GA)). Para lograr la tasa de RGE objetivo, la ECU 3 calcula un grado de apertura de la válvula de RGE objetivo (%) basado en una fórmula que tiene en cuenta varios factores. Más específicamente, la ECU 3 calcula el grado de apertura de la válvula de RGE que logra la tasa de RGE objetivo basándose en la cantidad de aire de entrada GA, la cual es detectada por el medidor de flujo de aire 44, con una fórmula de retroalimentación (fórmula de control PID). El objetivo del grado de apertura de la válvula de RGE que logra la tasa de RGE requerida cuando la diferencia entre las presiones en el lado aguas arriba y aguas abajo del lado de la válvula de RGE 32 es normal y se obtiene a través de la fórmula de retroalimentación. En otras palabras, la fórmula de retroalimentación se establece bajo el supuesto de que la diferencia entre las presiones en el lado de aguas arriba y el lado aguas abajo de la válvula de RGE 32 (la diferencia entre la presión de escape  $P_{ex}$  y la presión de entrada  $P_{sc}$ ) está en un estado normal.

La figura 2 es un mapa de determinación de RGE que se hace referencia a la hora de determinar si se realiza la RGE o no. La ECU 3 determina si el actual estado de funcionamiento del motor está en un rango de operación que requiere RGE (rango RGE encendido) o en un rango de funcionamiento que no requiere RGE (rango RGE apagado) basándose en la velocidad del motor NE y la cantidad de inyección de combustible  $Q_v$ , haciendo referencia al mapa de determinación RGE. En la figura 2, la proximidad de una línea que representa la cantidad máxima de inyección de combustible  $Q_{FULL}$  corresponde a un rango de operación de carga alta del motor 1. El rango de operación de carga alta se encuentra en el rango de RGE apagado. Un rango de operación medio/bajo de carga del motor 1 se encuentra en el rango RGE encendido. El radio de acción en el que la cantidad de inyección de combustible  $Q_v$  es sustancialmente nula se encuentra en el rango de RGE apagado. En otras palabras, como la alta potencia se produce cuando está siendo operado el motor 1, en un estado de alta carga, la RGE no se realiza. La RGE se realiza cuando el motor 1 está en el rango de estado de funcionamiento medio/bajo para disminuir la temperatura de combustión y reducir el NOx. Cuando no se inyecta combustible, no se produce NOx. Por lo tanto, la RGE no se realiza. El mapa de la figura 2 es sólo una condición para determinar si se debe o no realizar la RGE. Por lo tanto, otras condiciones pueden ser tomadas en consideración para determinar exhaustivamente si se debe o no realizar la RGE.

Como se mencionó en la sección de los antecedentes de la invención, si el pedal de aceleración 50 se libera temporalmente desde un estado presionado cuando el motor 1 está funcionando a alta velocidad e inmediatamente

después, se presiona para aumentar la velocidad del motor 1 (consulte la flechas en la figura 2), la diferencia entre la presión de escape del paso de escape 18 y la presión de entrada del paso de entrada 17 temporalmente se vuelven demasiado grandes. Si la válvula de RGE 32 se abre en este estado, la cantidad de RGE tiende a llegar a ser excesiva. Más específicamente, si el pedal de aceleración 50 se libera temporalmente desde un estado de presión cuando el motor 1 está funcionando a una velocidad alta, la inyección de combustible desde las boquillas de inyección de combustible 14 se detiene y la válvula de RGE 32 se cierra para detener la realización de la RGE. Sin embargo, los álabes variables 23 de la turbina 21 son accionados de manera que aumenta el grado de apertura cuando la cantidad de presión del pedal de aceleración 50 disminuye. Sin embargo, el funcionamiento de los álabes variables 23, que son accionados a través del control de retroalimentación, retrasa la operación de las boquillas de inyección de combustible 14, que son controladas de acuerdo con la cantidad de presión del pedal de aceleración 50, y la operación de la válvula de RGE 32, que es controlada de acuerdo con la cantidad de inyección de combustible. Por lo tanto, durante el corto período comprendido entre cuando el pedal presionado 50 se libera, la inyección de combustible se detiene y la válvula de RGE 32 se cierra, pero los álabes variables 23 prácticamente no se mueven en la dirección de apertura. Cuando la válvula de RGE 32 está cerrada, todo el gas de escape fluye a través de la turbina 21. Sin embargo, como los álabes variables 23 no se mueven en la dirección de apertura, la contrapresión de la turbina 21 aumenta y la presión de escape del pedal de aceleración 50 aumenta. En el paso de entrada 17, inmediatamente después de que el pedal de aceleración presionado 50 es liberado, la válvula de mariposa 48 se mueve en la dirección de cierre en un estado en el que el motor 1 sigue funcionando a gran velocidad debido a la inercia. Esto disminuye la presión de entrada del paso de entrada 17.

Si el pedal de aceleración presionado 50 se libera y, dentro de un corto período de tiempo, el pedal de aceleración 50 se presiona de nuevo, el grado de apertura de los álabes variables 23 sigue siendo relativamente pequeño hasta que la presión de entrada del paso de entrada 17, es decir, la presión de suministro de aire, alcanza su valor objetivo. A medida que la velocidad de rotación de la turbina 21 aumenta, la presión de entrada alcanza su valor objetivo. Entonces, los álabes variables 23 se mueven en la dirección de apertura. Sin embargo, debido a la inercia de la turbina 21, una cierta cantidad de tiempo es necesario para que la velocidad de rotación de la turbina 21 aumente. Por lo tanto, incluso si el pedal de aceleración 50 se presiona de nuevo, los álabes variables 23 no se mueven inmediatamente en la dirección de apertura, y la presión de entrada del paso de entrada 17 no aumenta inmediatamente. Sin embargo, la inyección de combustible se reinicia cuando el pedal de aceleración 50 se presiona de nuevo. Por lo tanto, la presión de escape del paso de escape 18 aumenta inmediatamente. Por lo tanto, cuando el pedal de aceleración 50 es operado como se ha descrito anteriormente, la diferencia entre la presión de escape en el paso de escape 18 y la presión de entrada en el paso de entrada 17 se convierte temporalmente en excesiva en comparación con cuando la diferencia está en un estado normal.

De esta manera, en un estado en el que la diferencia entre la presión de escape del paso de escape 18 y la presión de entrada del paso de entrada 17 es excesiva, si la presión del pedal de aceleración 50 inicia la RGE y la válvula de RGE 32 instantáneamente se mueve a su grado de apertura objetivo, una cantidad excesiva de los gases de escape se devuelve al paso de entrada 17. La cantidad de RGE está determinada por el grado de apertura de la válvula de RGE y la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada. Por lo tanto, incluso si el grado de apertura de la válvula de RGE es apropiado, una diferencia excesiva entre la presión de escape y la presión de entrada puede dar lugar a una cantidad excesiva de RGE, que daría lugar a la producción de humos. En consecuencia, en la primera realización, para evitar la producción de humos cuando el pedal de aceleración 50 es operado de una manera especial, se lleva a cabo el control principal de la RGE cuando la válvula de RGE 32 se abre desde un estado completamente cerrado.

La figura 3 es un gráfico que ilustra el control principal de la RGE. Al iniciar la RGE de un estado en el que la RGE no se está realizando, se realiza el control principal de la RGE para retrasar la temporización a la que la válvula de RGE 32 alcanza su grado de apertura objetivo durante un tiempo predeterminado para de cuando la RGE se inicia, de manera que la válvula de RGE 32 no llega inmediatamente a su grado de apertura objetivo. El tiempo predeterminado (tiempo de retardo)  $T_0$  se determina teniendo en cuenta el tiempo necesario para que la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada converjan al valor normal cuando el pedal de aceleración 50 es operado de una manera especial, como se describe anteriormente.

En la primera realización, el tiempo de retardo  $T_0$  se establece en un valor entre 200 y 1000 milisegundos, por ejemplo 500 milisegundos. El tiempo de retardo  $T_0$  se determina de acuerdo con el concepto de diseño del motor 1. El tiempo de retardo  $T_0$  se determina, por ejemplo, de manera que los humos no se producen bajo condiciones de operación severas para el motor 1. Aunque el tiempo de retardo  $T_0$  podrá exceder de un segundo, se prefiere que el tiempo de retardo  $T_0$  sea de un segundo o menos.

Durante el tiempo de retardo  $T_0$ , el grado de apertura de la válvula de RGE 32 se mantiene en un grado de apertura restringido predeterminado, que es menor que el grado de apertura objetivo. En la primera realización, el grado de apertura restringido es un valor fijo. Dependiendo de la velocidad del motor NE, la fluctuación de la presión negativa aplicada a la válvula de RGE 32, que es accionada por presión negativa, o fluctuación de la diferencia entre las presiones en el lado de aguas arriba y el lado aguas abajo de la válvula de RGE 32 causa el vibración de la válvula de RGE 32 en un intervalo de grado de apertura que es menor que un grado de apertura predeterminado de

vibración umbral. En la primera realización, para evitar tal vibración, un grado de apertura que es ligeramente mayor que el grado de apertura de vibración umbral, es decir, la proximidad del valor mínimo del rango del grado de apertura en la que el grado de apertura de la válvula se puede mantener de forma estable, se establece como el grado de apertura restringido. Más específicamente, el grado de apertura restringido es un valor que es aproximadamente del 10 al 20% del grado de apertura máximo de la válvula de RGE 32. Sin embargo, el grado de apertura restringida no se limita a un valor en el entorno del de grado de abertura de vibración umbral con tal de evitar la producción de humos y es menor que el grado de apertura objetivo.

El grado de apertura restringida puede ser un valor variable que se determina de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor 1. Por ejemplo, un cierto porcentaje (%) del grado de apertura de la RGE objetivo de la válvula, que se determina de acuerdo con el estado operativo del motor, se puede establecer como el valor del grado de apertura restringida. Alternativamente, el grado de apertura restringida puede establecerse de acuerdo con el valor máximo de la carga del motor durante un tiempo predeterminado (por ejemplo, 0,5 a 2 segundos) antes de que se inicie la RGE. La tasa de RGE durante el control principal de la RGE puede igualarse con el valor de la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada en un estado normal mediante la determinación del grado de apertura restringida de acuerdo con un parámetro que indica el estado de funcionamiento del motor (por ejemplo, la cantidad de aire de entrada).

De la misma manera, el tiempo de retardo  $T_0$  puede ser un valor variable que se determinará de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor. Mediante la determinación del tiempo de retardo  $T_0$  de acuerdo con un parámetro que indica el estado de funcionamiento del motor (por ejemplo, la cantidad de aire de entrada), la terminación del control principal de la RGE está siempre habilitada inmediatamente después de que la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada se haga converger al valor normal. Una pluralidad de parámetros que incluyen la cantidad de aire de entrada o al menos un parámetro que no sea la cantidad de aire de entrada se pueden usar como el parámetro que indica el estado de funcionamiento del motor para determinar el grado de apertura restringida y el tiempo de retardo  $T_0$ .

Al realizar el control principal de la válvula de RGE, se mantiene la válvula de RGE en un estado abierto en el grado de apertura restringida y no en un estado cerrado. Esto es debido a dos razones. La primera razón es que se realiza la RGE durante el tiempo de retardo a un nivel que no produce humos para mantener el efecto de reducción de NOx. Es decir, además de retrasar el momento para el inicio de la RGE, la cantidad de RGE se controla en una cantidad adecuada durante el tiempo de retardo para reducir NOx y suprimir la producción de humos. Otra razón está en que si la válvula de RGE 32 está cerrada durante el tiempo de retardo  $T_0$ , se necesitaría mucho tiempo para que la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada sea convergente con el valor normal. Con la apertura de la válvula de RGE en el grado de apertura restringido, que es menor que el grado de apertura objetivo, los flujos de gas de escape en el conducto de entrada 17, y la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada se hacen converger rápidamente al valor normal.

Cuando se está realizando el control principal de la RGE, se prohíbe el control de retroalimentación para evitar un aprendizaje erróneo, y la válvula de RGE 32 se controla en bucle abierto. Como se describió anteriormente, el control de retroalimentación se realiza basándose en la cantidad de aire de entrada detectado por el medidor de flujo de aire 44, es decir, la cantidad de aire nuevo introducido en el paso de entrada 17 con la fórmula PID. Sin embargo, durante el control principal de la RGE, la nueva cantidad de entrada fluctúa, ya que la cantidad de RGE no es estable. Por lo tanto, una cláusula de compensación y, especialmente, una cláusula integral, en la fórmula PID se aprendió erróneamente. Esto provoca la oscilación del cuerpo de válvula en la válvula de RGE 32. Por lo tanto, para evitar problemas tales como la oscilación cuando se realiza el control principal de la RGE, la válvula de RGE 32 se controla en bucle abierto.

La figura 4 es un diagrama de temporización que ilustra el control principal de la RGE. En la figura 4, a partir de la fila superior, se muestran las transiciones del grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFN, una marca de determinación de F, un valor de recuento T de un contador de tiempo de medición, y la tasa de RGE (%).

El grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFN representa un valor del orden de apertura de la válvula de RGE 32. En el gráfico que ilustra la transición del grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFN, la línea discontinua de doble punto representa el grado de apertura objetivo de la válvula de RGE TPEGFN, que se utiliza para controlar la retroalimentación de la válvula de RGE 32. La línea discontinua de un solo punto representa el grado de apertura umbral de vibración EPEGOF, o el valor umbral mínimo EPEGOF del rango del grado de apertura de la válvula de RGE que evita la vibración. La válvula de RGE 32 se controla de modo que su grado de apertura es menor que el grado de apertura umbral de vibración EPEGOF, pero mayor del 0%. Por ejemplo, cuando el grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFN obtenido es menor que el grado de apertura umbral de vibración EPEGOF, el grado de apertura de la válvula de RGE EPRGFN se establece en el 0%.

El grado de apertura umbral de vibración EPEGOF tiene una histéresis. Es decir, el grado de apertura umbral de vibración EPEGOF en realidad tiene un primer valor y un segundo valor, que es menor que el primer valor. Cuando el presente grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFN es del 0%, el grado de apertura de vibración EPEGOF



se utiliza como el primer valor. Por consiguiente, cuando el grado apertura de la válvula de RGE EPEGFIN aumenta desde el 0%, el grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFIN cambia de repente del 0% al primer valor o mayor. Si el presente grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFIN es mayor que el grado de apertura umbral de vibración EPEGOF, el grado de apertura umbral de vibración EPEGOF se utiliza como el segundo valor. En consecuencia, cuando el grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFIN disminuye, el grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFIN cambia de repente desde el segundo valor al 0%.

La señal de determinación F se utiliza para determinar si se realiza o no el control principal de la RGE. Cuando la señal de determinación F cambia de apagado a encendido, se inicia el control principal de la RGE. Cuando la señal de determinación F cambia de encendido a apagado, se completa el control principal de la RGE. Cuando se realiza el control principal de la RGE, el grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFIN se mantiene en el grado de apertura restringida (EPEGOF + EPRGEAD) durante el tiempo de retardo  $T_o$ . El grado de apertura restringida es un valor que es mayor que el grado de apertura umbral de vibración EPEGOF mediante el valor predeterminado EPRGEAD. Además, el tiempo de retardo  $T_o$  se fija en, por ejemplo, 500 milisegundos, como se describe anteriormente. El tiempo de retardo  $T_o$  se mide con base al valor de recuento T del contador de tiempo de medición.

Cuando se está realizando el control principal de la RGE, como se muestra por el rango A rayado en la figura 4, la tasa de RGE real se mantiene siempre en un valor que es menor que o igual a la tasa de RGE requerida en un estado en el que la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada es normal. El valor predeterminado EPRGEAD, que se utiliza para determinar el grado de apertura restringida, se establece de modo que la tasa de RGE es un valor incluido en el rango A durante el control principal de RGE. Por lo tanto, se evita la producción de humos. Cuando la válvula de RGE 32 se controla con retroalimentación, un grado de apertura objetivo se determina a partir de la tasa de RGE requerida bajo el supuesto de que la diferencia entre el gas de escape y el gas de entrada es normal. Por lo tanto, cuando la válvula de RGE 32 se abre con el grado de apertura objetivo de acuerdo con el control de retroalimentación, la diferencia excesiva entre las presiones en el lado de aguas arriba (presión de escape) y el lado de aguas abajo (presión de entrada) de la válvula de RGE hace que la tasa de RGE real se incluya en el rango B rayado de la figura 4. En otras palabras, la tasa de RGE real es mayor que la tasa de RGE que se requiere cuando la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada es normal y causa la producción de humos.

Además, como se muestra en la figura 4, cuando se pasa desde el control principal de la RGE al control de retroalimentación de la RGE cuando transcurre el tiempo de retardo  $T_o$ , la válvula de RGE 32 se controla de manera que el grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFIN coincide con el grado de apertura objetivo TPEGFIN de control de retroalimentación durante el período que el grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFIN no es menor que el segundo valor del grado de apertura umbral de vibración EPEGOF. El control principal de la RGE, o el control de bucle abierto, se realiza cuando el grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFIN excede del primer valor del grado de apertura umbral de vibración EPEGOF después de llegar al 0%, que es menor que el segundo valor del grado de apertura umbral de vibración EPEGOF. Por lo tanto, el grado de apertura de la válvula de RGE EPEGFIN se mantiene en el grado de apertura restringido, que es menor que el grado de apertura objetivo TPEGFIN para el control de retroalimentación. Cuando el grado de apertura de la válvula de RGE repite la fluctuación alrededor del grado de apertura umbral de vibración EPEGOF, la oscilación de la válvula de RGE 32 se hace relativamente grande (consulte la línea doble de puntos superior en la figura 4) al realizar el control de retroalimentación. Sin embargo, la oscilación de la válvula de RGE 32 se suprime realizando el control principal de RGE (consulte la línea continua superior en la figura 4).

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra los procedimientos del control principal de la RGE. Cuando el motor 1 está en funcionamiento, la ECU 3 realiza los procedimientos ilustrados en la figura 5 en intervalos de tiempo predeterminados (10 milisegundos), de acuerdo con un programa almacenado en la memoria 71.

En la etapa S10, la ECU 3 determina si se satisfacen las condiciones para iniciar el control principal de la RGE. La ECU 3 determina que se satisfacen las condiciones para iniciar el control principal de la RGE cuando se satisfacen todas las condiciones siguientes. El grado de apertura final de la válvula de RGE EPEGFINOL, que se crea cuando la rutina se realizó en el ciclo anterior, es del 0%; el presente grado de apertura objetivo de la válvula de RGE TPEGFIN es mayor que 0%; la velocidad del motor NE es mayor que o igual a un valor umbral NEo predeterminado; y la cantidad de inyección de combustible  $Q_v$  es mayor que o igual a un valor umbral predeterminado  $Q_{vo}$ . El grado de apertura final EPEGFINOL es el valor de comando del grado de apertura de la válvula de RGE 32 que se estableció cuando la rutina se realizó en el ciclo anterior. El presente grado de apertura objetivo TPEGFIN se obtiene en otra rutina a través de la fórmula PID descrita anteriormente. El valor umbral NEo de la velocidad del motor NE es un valor entre, por ejemplo, 500 y 1000 rpm. Las condiciones relacionadas con la velocidad del motor NE y la cantidad de inyección de combustible  $Q_v$  pueden eliminarse de las condiciones para iniciar el control principal de la RGE. Además, condiciones distintas de las descritas anteriormente se pueden añadir a las condiciones de partida del control principal de la RGE. La ECU 3 pasa a la etapa S20 cuando se satisfacen las condiciones iniciales del control principal RGE y procede a la etapa S30 cuando las condiciones no se satisfacen.

## ES 2 549 400 T3

En la etapa S20, la ECU 3 hace que la señal de determinación F pase a encendido y prohíbe el control de retroalimentación. Más específicamente, en la fórmula PID, la ECU 3 establece la cláusula proporcional a cero y prohíbe la actualización de la cláusula integral para prohibir el control de retroalimentación.

- 5 En la etapa S30, la ECU 3 determina si la señal de determinación F está encendida. La ECU 3 pasa a la etapa S40 si la señal de determinación F está encendida y pasa a la etapa S100 si la señal de determinación F está apagada.

10 En la etapa S40, la ECU 3 determina si el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN, que se obtiene a través de la fórmula PID, no es del 0%. La ECU 3 pasa a la etapa S50 si el actual grado de apertura objetivo TPEGFIN no es del 0% y pasa a la etapa S90 si el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN es del 0%.

15 En la etapa S50, la ECU 3 incrementa el valor de recuento T del contador de tiempo de medición. En la etapa S60, la ECU 3 determina si el valor de recuento T es menor que o igual que el tiempo de retardo  $T_0$  (por ejemplo, 500 milisegundos). La ECU 3 pasa a la etapa S70 cuando el valor de recuento T es menor o igual al tiempo de retardo  $T_0$  y pasa a la etapa S80 cuando el valor de recuento T excede del tiempo de retardo  $T_0$ .

20 En la etapa S70, la ECU 3 recién establece el grado de apertura restringido (EPEGOF + EPRGEAD) y no el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN, que se obtiene a través de la fórmula PID, como el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN. En la etapa S100, la ECU 3 establece el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN como el grado de apertura final EPEGFIN, es decir, como el valor de comando del grado de apertura de la válvula de RGE 32. Al pasar desde la etapa S70 a S100, el grado de apertura restringida (EPEGOF + EPRGEAD) se establece como el grado de apertura final EPEGFIN. La ECU 3 también almacena el grado de apertura final EPEGFIN como el grado de apertura definitivo EPEGFINOL previo para el próximo ciclo de la rutina.

25 Por lo tanto, cuando el control principal de la RGE de partida se cumple, las condiciones (SÍ en la etapa S10), se prohíbe el control de retroalimentación, y se realiza el control principal de la RGE (control en bucle abierto) para mantener el grado de apertura de la válvula de RGE en el grado de apertura restringida (EPEGOF + EPRGEAD) (etapas S20 a S70). El control principal de la RGE continúa durante el período en el que el valor de recuento T del contador de tiempo de medición alcanza el tiempo de retardo  $T_0$ . En la etapa S60, cuando el valor de recuento T excede el tiempo de retardo  $T_0$ , la ECU 3 pasa a la etapa S80.

30 En la etapa S80, la ECU 3 establece el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN, que se obtiene a través de la fórmula PID, como el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN. La ECU 3 también restablece el valor de recuento T de la medición del tiempo del contador a cero y establece la señal de determinación F en apagado. Después, la ECU 3 pasa a la etapa S100.

35 Por consiguiente, el grado de apertura de la válvula de RGE se mantiene en el grado de apertura restringida (por ejemplo, 20%) durante el tiempo de retardo  $T_0$  desde cuando se inicia el control principal de la RGE. Entonces, el grado de apertura objetivo se aumenta (por ejemplo, del 60%), basado en la fórmula PID, y se realiza el control de retroalimentación.

40 Al realizar el control principal de la RGE, si el grado de apertura objetivo  $T_0$ , que se basa en la fórmula PID, se convierte en 0% (NO en la etapa S40), la ECU 3 pasa a la etapa S90. En la etapa S90, la ECU 3 restablece el valor de recuento T del tiempo de medición del contador a cero y establece la señal de determinación F a apagado. Esto completa el control principal de la RGE. En otras palabras, después de que se inicie el control principal de la RGE, se completa el control principal de la RGE cuando el grado de apertura objetivo TPEGFIN, que se basa en la fórmula PID, se convierte en 0% o cuando transcurre el tiempo de retardo.

45 La ECU 3 controla la EVRV 36 o la VSV 35 de acuerdo con el grado de apertura final EPEGFIN que se establece en la etapa S100 para ajustar el grado de apertura de la válvula de RGE 32.

50 La primera realización tiene las ventajas descritas a continuación.

55 (1) Cuando la RGE se realiza a partir de un estado en el que se cierra la válvula de RGE 32, primero se realiza el control principal de la RGE. Durante el control principal de la RGE, la válvula de RGE 32 se realizará en el grado de apertura restringida, que es menor que el grado de apertura objetivo basado en la fórmula PID, durante el tiempo de retardo  $T_0$ . Entonces, la válvula de RGE 32 es accionada para alcanzar el grado de apertura objetivo, que se basa en la fórmula PID. Por consiguiente, incluso si se inicia la RGE cuando la diferencia entre las presiones del lado de aguas arriba y el lado aguas abajo de la válvula de RGE 32 es excesiva, se evita que los gases de escape vuelvan en excesivo en el paso de entrada 17, y se suprime la descarga de los humos desde el paso de escape paso 18. El control principal de la RGE de la primera realización es especialmente eficaz para la supresión de la descarga de los humos.

60 (2) Durante el tiempo de retardo para el control principal de la válvula de RGE, la válvula de RGE 32 no se mantiene en un estado cerrado, sino que se abre en el grado de apertura restringida. Por lo tanto, durante el control de la RGE principal, el gas de escape se devuelve al paso de entrada 17 para reducir el NOx. Además, la

diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada se hace converger rápidamente al valor normal. Esto minimiza el tiempo de retardo y permite el desplazamiento rápido al control normal de retroalimentación de control principal de la válvula de RGE.

5 (3) En la primera realización, el grado de apertura restringida y el tiempo de retardo  $T_o$  son valores fijos que no afectan el estado de funcionamiento del motor. Por lo tanto, el grado de apertura restringida y el tiempo de retardo  $T_o$  no tienen que calcularse. Esto disminuye la carga aplicada a la ECU 3 durante el control principal de la válvula de RGE.

10 (4) Cuando se está realizando el control principal de la RGE, se prohíbe el control de retroalimentación, y la válvula de RGE 32 se controla en bucle abierto. Esto evita la aparición de la oscilación en la válvula de RGE 32, que se debe a la inestabilidad de la cantidad de RGE.

(5) El grado de apertura restringida de la válvula de RGE 32 se fija en un valor que evitaría la vibración. Por lo tanto, cuando se realiza el control principal de la RGE, el grado de apertura de la válvula de RGE 32 no llega a ser menor que el grado de apertura umbral de vibración, y la vibración no se produce.

15 Una segunda realización de acuerdo con la presente invención se explicará ahora con referencia a las figuras 6 y 7, centrándose en los puntos que difieren de la primera realización.

20 La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra los procedimientos de control principal de RGE en la segunda realización. En la etapa S210, la ECU 3 determina si se satisfacen las condiciones para iniciar el control principal de la RGE. La ECU 3 determina que se satisfacen las condiciones para iniciar el control principal de la RGE cuando se satisfacen todas las condiciones siguientes. El grado de apertura final de la válvula de RGE EPEGFINOL, que se creó cuando la rutina se realizó en el ciclo anterior, es del 0%; el presente grado de apertura objetivo de la válvula de RGE TPEGFIN es mayor que 0%; y la cantidad real de aire de entrada GA es menor o igual a un valor umbral predeterminado GAO. En otras palabras, la etapa S210 se diferencia de la etapa S10 de la figura 5 en que las condiciones relacionadas con la velocidad del motor NE y la cantidad de inyección de combustible Qv se eliminan y en que la condición de la cantidad de aire de entrada real GA se añade en su lugar.

30 La cantidad real de aire de entrada GA se detecta mediante el medidor de flujo de aire 44 (véase la figura 1). La tasa de RGE apropiada no puede garantizarse cuando la cantidad de aire de entrada real GA es pequeña. El valor umbral GAO de la cantidad de aire de entrada real GA corresponde al valor mínimo de la entrada de aire real que garantiza la velocidad de la RGE apropiada. En consecuencia, en la etapa S210, la cantidad real de aire de entrada GA es menor o igual al valor umbral predeterminado y, por lo tanto, no es capaz de garantizar que se emplea la adecuada velocidad de la RGE como una de las condiciones de partida del control principal de la RGE.

35 La ECU 3 pasa a la etapa S220 cuando se satisfacen las condiciones iniciales del control principal de la RGE en la etapa S210 y avanza a la etapa S230 cuando las condiciones no se satisfacen.

40 El proceso realizado en las etapas S220, S230, S240, S250, S260, S270 y S320, respectivamente, corresponde al tratamiento realizado en las etapas S20, S30, S40, S50, S60, S70 y S100. Por lo tanto, no se describirán estas etapas.

45 Así, cuando se satisfacen las condiciones iniciales del control principal de la RGE (SÍ en la etapa S210), el control principal de la RGE (control en bucle abierto) para mantener el grado de apertura de la válvula de RGE en el grado de apertura restringida (EPEGOF + EPRGEAD) se realiza durante el tiempo de retardo  $T_o$ . En la etapa S260, cuando el valor de recuento T excede de retardo de tiempo  $T_o$ , la ECU 3 pasa a la etapa S280.

50 El procesamiento realizado en las etapas S280 a S300 se diferencia del procesamiento realizado en la rutina de la figura 5. En las etapas S280 a S300, como se muestra en la figura 7, se realiza un proceso para aumentar gradualmente el grado de apertura de la válvula de RGE desde el grado de apertura restringida al grado de apertura objetivo, que se basa en la fórmula PID. Es decir, se realiza un proceso de calificación del grado de apertura de la válvula de RGE. Más específicamente, en la etapa S280, la ECU 3 determina si el actual grado de apertura objetivo TPEGFIN, que se obtiene a través de la fórmula PIG, es mayor que un valor obtenido mediante la adición de un aumento gradual del valor  $\Delta$ PEGFIN al grado de apertura final EPEGFINOL del ciclo anterior (EPEGFINOL +  $\Delta$ PEGFIN). El valor de aumento gradual  $\Delta$ PEGFIN es, por ejemplo, del 2%. Cuando la determinación de la etapa S280 es SÍ, la ECU 3 pasa a la etapa S290.

60 En la etapa S290, la ECU 3 renueva el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN con el valor obtenido mediante la adición de un valor de aumento gradual  $\Delta$ PEGFIN al grado de apertura final EPEGFINOL del ciclo anterior (EPEGFINOL +  $\Delta$ PEGFIN). De la misma manera, como en la etapa S100 de la figura 5, la ECU 3 establece el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN (en este caso, el valor (EPEGFINOL +  $\Delta$ PEGFIN)) como el grado de apertura final (comando del grado de apertura) EPEGFIN y almacena el grado de apertura final EPEGFIN como el grado de apertura final EPEGFINOL del ciclo anterior.

En consecuencia, cada vez que se realiza la rutina de la figura 6, el grado de apertura de la válvula de RGE aumenta gradualmente mediante de valor aumento gradual  $\Delta\text{PEGFIN}$  (véase la figura 7).

5 Cuando la determinación de la etapa S280 es NO, es decir, cuando el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN, que se obtiene a través de la fórmula PID, es inferior o igual al valor ( $\text{EPEGFINOL} + \Delta\text{PEGFIN}$ ), la ECU 3 pasa a la etapa S300. En la etapa S300, la ECU 3 establece el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN, que se obtiene a través de la fórmula PID, como el presente grado de apertura objetivo TPEGFIN y establece la señal de determinación F en apagado. De esta manera, el control principal de la RGE se ha completado y se realiza el control de retroalimentación normal.

10 Por ejemplo, se puede suponer que el grado de apertura restringida de la válvula de RGE 32 es del 20%, el valor de aumento gradual  $\Delta\text{PEGFIN}$  es del 2%, el grado de apertura objetivo TPEGFIN basado en la fórmula PID es del 60%, y la rutina de la figura 6 se repite cada 10 milisegundos. En tal caso, el proceso de clasificación del grado de apertura de la válvula de RGE aumenta el grado de apertura de la válvula de RGE en un 2% cada diez milisegundos desde el grado de apertura restringida del 20%. Después de aproximadamente 200 milisegundos transcurridos desde cuando se inicia el proceso de clasificación, el grado de apertura objetivo TPEGFIN, que se basa en la fórmula PID, alcanza el 60%. Esto establece la señal de determinación F en apagado y la ECU 3 procede al control de retroalimentación de control de lazo abierto. En el control de retroalimentación, se controla la válvula de RGE para lograr el grado de apertura objetivo TPEGFIN, que se basa en la fórmula PID.

20 Cuando el tiempo de retardo  $T_0$  de la primera realización ilustrada en las figuras 1 a 5 es de 500 milisegundos, en la segunda realización, el tiempo de retardo  $T_0$  se ha fijado en un tiempo que es más corto de 500 milisegundos, por ejemplo, 300 milisegundos. Es decir, el tiempo de retardo en la segunda realización se ajusta de manera que el tiempo para realizarse por completo el control principal de RGE, que incluye el proceso de clasificación, es casi igual que el tiempo de retardo de la primera realización. El grado de apertura de la válvula de RGE se aumenta gradualmente durante el proceso de clasificación que corresponde con el grado de apertura restringida, que es menor que el grado de apertura objetivo basado en la fórmula PID, de la misma manera como cuando el grado de apertura de la válvula de RGE se mantiene en una valor constante durante el tiempo de retardo  $T_0$ . Además, el período durante el cual se realiza el proceso de clasificación corresponde a una parte del tiempo de retardo durante el cual el grado de apertura de la válvula de RGE está restringido a un grado de apertura que es menor que un grado de apertura objetivo basado en la fórmula PID.

35 Además, el tiempo de retardo  $T_0$  y el grado de apertura restringida no tienen que ser valores fijos y pueden ser valores variables que se determinan de acuerdo con diversos parámetros, tales como los que indican el estado de funcionamiento del motor, como se describe en la primera realización, que se ilustra en las figuras 1 a 5.

Además de las ventajas obtenidas en la primera realización, que se ilustra en las figuras 1 a 5, la segunda realización tiene las ventajas descritas a continuación.

40 El grado de apertura de la válvula de RGE aumenta gradualmente desde el nivel de apertura restringida al grado de apertura objetivo, que se obtiene a través de la fórmula PID. El desplazamiento del control principal de la RGE al control de retroalimentación normal se realiza sin problemas, sin sobrepasar el grado de apertura de la válvula de RGE.

45 Al determinar si debe realizar o no el control principal de la RGE, se toma en consideración la cantidad de aire de entrada real GA. La cantidad de aire de entrada real GA que es relativamente pequeña se emplea como una de las condiciones de partida del control principal de la RGE. En otras palabras, cuando se abre la válvula de RGE 32 con el grado de apertura objetivo, que se obtiene a través de la fórmula PID, en un estado en el que la diferencia entre la presión de entrada y la presión de escape es excesiva y la cantidad de aire de entrada real GA es relativamente pequeña, la posibilidad de que la tasa de RGE real sea superior a la tasa de RGE deseada es extremadamente alta. Así, el control principal de la RGE se realiza sólo cuando la cantidad real de aire de entrada GA es pequeña. Como resultado, se reduce al mínimo la frecuencia para reducir la cantidad de RGE de manera innecesaria.

55 Debe ser evidente para los expertos en la técnica que la presente invención puede realizarse de muchas otras formas específicas sin apartarse del espíritu o del alcance de la invención. Particularmente, debe entenderse que la presente invención puede realizarse en las formas siguientes.

60 El control principal de la RGE no tiene que realizarse como se describe en las realizaciones anteriores y se puede realizar como se describe en las realizaciones de las figuras 8 a 14. De la misma manera que en la segunda realización ilustrada en las figuras 6 y 7, en una tercera realización de la presente invención ilustrada en la figura 8 y una cuarta realización de la presente invención ilustrada en la figura 9, después de mantener el grado de apertura de la válvula de RGE en el grado de apertura restringida durante el tiempo de retardo  $T_0$ , el grado de apertura de la válvula de RGE se incrementa gradualmente desde el grado de apertura restringida al grado de apertura objetivo. Sin embargo, en las realizaciones de las figuras 8 y 9, el grado de apertura de la válvula de RGE se incrementa desde el grado de apertura restringida al grado de apertura objetivo de una manera curvada. Es decir, en la tercera

realización de la figura 8, el grado de apertura de la válvula de RGE aumenta de modo que la cantidad de aumento del grado de apertura de válvula por unidad de tiempo disminuye gradualmente a medida que transcurre el tiempo. En la cuarta realización de la figura 2, el grado de apertura de la válvula de RGE aumenta de modo que la cantidad de aumento del grado de apertura de válvula por unidad de tiempo aumenta gradualmente a medida que transcurre el tiempo.

Cada una de las figuras 10 al 12 muestra una realización de acuerdo con la presente invención. En cada una de estas realizaciones, el grado de apertura de la válvula de RGE aumenta gradualmente desde 0% hasta el grado de apertura objetivo durante todo el período durante el cual se realiza el control principal de la RGE. En una quinta realización ilustrada en la figura 10, el grado de apertura de la válvula de RGE aumenta de una manera lineal, de modo que la cantidad de aumento del grado de apertura de válvula por unidad de tiempo es constante. En este caso, el grado de apertura  $Y_i$  de la válvula de RGE está representado por  $Y_{i-1} + A$ , en el que  $Y_{i-1}$  es el grado de apertura de la válvula de RGE del ciclo anterior y  $A$  es una constante predeterminada.

En una sexta realización ilustrada en la figura 11, el grado de apertura de la válvula de RGE aumenta de una manera curvada, de modo que la cantidad de aumento del grado de apertura de la válvula por unidad de tiempo disminuye a medida que transcurre el tiempo. En este caso, el grado de apertura  $Y$  de la válvula de RGE está representado por  $\Delta RGE/A$ , en el que  $\Delta RGE$  es la desviación entre el presente grado de apertura de la válvula de RGE y el grado de apertura objetivo de la válvula de RGE, y  $A$  es una constante predeterminada.

En una séptima realización ilustrada en la figura 12, el grado de apertura de la válvula de RGE aumenta de una manera curvada, de modo que la cantidad de aumento del grado de apertura de válvula por unidad de tiempo aumenta con el tiempo transcurrido. En este caso, el grado de apertura  $Y$  de la válvula de RGE está representado por  $\Delta RGE/A$ , en el que  $\Delta RGE$  es la desviación entre el presente grado de apertura de la válvula de RGE y el grado de apertura objetivo de la válvula de RGE, y  $A$  es una constante predeterminada.

En una octava realización ilustrada en la figura 13, el grado de apertura de la válvula de RGE se mantiene en el 0% (estado totalmente cerrado) durante el tiempo de retardo  $T_0$ . Es decir, en la octava realización, el momento de inicio de la RGE, que está de acuerdo con el control de retroalimentación, se retrasa el tiempo de retardo  $T_0$ . Esto corresponde a un estado en el que el grado de apertura restringida se establece en el 0%.

En una novena realización de la figura 14, durante el control principal de la RGE, el grado de apertura de la válvula de RGE aumenta gradualmente.

Para realizar el control principal de la RGE, los controles principales de la RGE de las realizaciones anteriores se pueden combinar entre sí. Por ejemplo, el control de la segunda realización ilustrada en la figura 11 se puede realizar en la mitad anterior del control principal de la RGE, y el control de la realización ilustrada en la figura 11 puede realizar en la segunda mitad del control principal de RGE. Alternativamente, el grado de apertura de la válvula de RGE se puede aumentar de una manera lineal en una de la primera mitad y la segunda mitad del control principal de la RGE y aumentar de una manera curvada en la otra de la primera mitad y la segunda mitad. Además, cuando aumenta gradualmente el grado de apertura de la válvula de RGE, el grado de apertura de la válvula de RGE puede temporalmente realizarse en un cierto grado de apertura. Además, cuando se está realizando el control principal de la RGE, se puede realizar un procedimiento para disminuir el grado de apertura de la válvula de RGE. De esta manera, durante el control principal de la RGE, el grado de apertura de la válvula de RGE puede controlarse de cualquier manera, siempre y cuando sea menor que el grado de apertura objetivo.

La presente invención no se limita a un motor diésel que incorpora un turbocompresor de geometría variable y puede aplicarse a un motor diésel que incorpora un compresor, que no sea un turbocompresor de geometría variable, o un motor diésel que no tenga un sobrealimentador. La presente invención puede aplicarse a un motor que no sea un motor diésel, tal como un motor de gasolina, mientras el motor incorpore un dispositivo de RGE. En otras palabras, independientemente del tipo de motor, el control principal de la RGE de la presente invención se puede emplear para suprimir la producción de humos, siempre y cuando exista la posibilidad de que la diferencia entre las presiones en el lado aguas arriba y el lado aguas abajo de la válvula de RGE sea excesiva cuando se inicia la RGE.

La válvula de RGE no tiene que ser accionada por presión negativa y puede ser accionada en cualquier forma. Por ejemplo, puede emplearse una válvula de RGE que utiliza un motor eléctrico como un accionador. Si la válvula de RGE es accionada por motor, la vibración, que puede producirse cuando se emplea la presión negativa para accionar la válvula de RGE, no se produce. Esto amplía el rango en que el grado de apertura restringida de la válvula de RGE se fija para cubrir, además, un rango más bajo que cuando se utiliza presión negativa para accionar la válvula de RGE. Así, el control principal se realiza de una manera más óptima y precisa.

Los presentes ejemplos y realizaciones deben considerarse como ilustrativos y no restrictivos, y la invención no está limitada a los detalles dados en el presente documento, sino que puede modificarse dentro del alcance y de la equivalencia de las reivindicaciones adjuntas.

Un motor incluye un paso de recirculación, que conecta un paso de escape a un paso de entrada, y una válvula de RGE dispuesta en el paso de recirculación. Una unidad de control electrónico (ECU) obtiene un grado de apertura objetivo de la válvula de RGE de acuerdo con un estado de funcionamiento del motor y controla la válvula de RGE de modo que el grado de apertura de la válvula de RGE se hace igual al grado de apertura objetivo obtenido. Al abrir la válvula de RGE desde un estado completamente cerrado, la ECU restringe el grado de apertura de la válvula de RGE a un grado de apertura restringida que es menor que el grado de apertura objetivo durante un tiempo de retardo predeterminado antes de accionar la válvula de RGE con el grado de apertura objetivo. Esto evita que el gas de escape recircule excesivamente al paso de entrada, incluso si la diferencia entre la presión de escape y la presión de entrada es demasiado grande cuando se inicia la RGE.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para controlar la recirculación de gas de escape de un paso de escape de un motor a un paso de entrada del motor, incluyendo el aparato:
- 5 un paso de recirculación que conecta el paso de escape con el paso de entrada;  
una válvula de RGE dispuesta en el paso de recirculación, en el que la válvula de RGE varía su grado de apertura para ajustar la cantidad de gas de escape recirculado desde el paso de escape al paso de entrada; y  
un controlador para controlar la válvula de RGE, en el que el controlador obtiene un grado de apertura objetivo de la válvula de RGE de acuerdo con un estado de funcionamiento del motor y controla la válvula de RGE de modo que el grado de apertura de la válvula de RGE se hace igual al grado de apertura objetivo obtenido, estando el aparato caracterizado porque:
- 10 al abrir la válvula de RGE desde un estado completamente cerrado, el controlador realiza el control principal de la RGE para restringir el grado de apertura de la válvula de RGE a un grado de apertura restringida que es menor que el grado de apertura objetivo durante un tiempo de retardo predeterminado antes de accionar la válvula de RGE al grado de apertura objetivo, en el que el controlador mantiene el grado de apertura restringida en un valor constante que es mayor que cero durante al menos una primera parte del tiempo de retardo.
- 15 2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el motor incluye un turbocompresor de geometría variable accionado por gas de escape que fluye a través del paso de escape para sobrealimentar el aire en el conducto de entrada.
- 25 3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la válvula de RGE está accionada por presión negativa, y el grado de apertura restringida se establece en un valor incluido en un intervalo de grado de apertura en el que no se produce vibración de la válvula de RGE.
- 30 4. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el controlador varía gradualmente el grado de apertura restringida durante al menos parte del tiempo de retardo.
5. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el control principal de la RGE incluye el procesamiento para aumentar gradualmente el grado de apertura restringido.
- 35 6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque el controlador aumenta gradualmente el grado de apertura restringida al valor objetivo durante un última parte del control principal de la RGE.
7. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el controlador establece el grado de apertura restringida de acuerdo con un parámetro que indica el estado de funcionamiento del motor.
- 40 8. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el tiempo de retardo es el tiempo requerido para la eliminación de una diferencia excesiva entre una presión de escape del paso de escape y una presión de entrada del paso de entrada.
- 45 9. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el tiempo de retardo es un valor constante.
- 50 10. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el tiempo de retardo es un valor variable.
11. El aparato de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque el controlador establece el tiempo de retardo de acuerdo con un parámetro que indica el estado de funcionamiento del motor.
- 55 12. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque el controlador controla por retroalimentación la válvula de RGE de modo que el grado de apertura de la válvula de RGE se hace igual al grado de apertura objetivo, y el controlador prohíbe el control de retroalimentación cuando se está realizando el control principal de la RGE.
- 60 13. Un procedimiento para controlar la recirculación del gas de escape desde un paso de escape de un motor a un paso de entrada del motor, incluyendo el procedimiento:
- variar un grado de apertura de la válvula de RGE para ajustar la cantidad de gas de escape recirculado desde el paso de escape al paso de entrada a través de un conducto de recirculación;

## ES 2 549 400 T3

obtener un grado de apertura objetivo de la válvula de RGE de acuerdo con un estado de funcionamiento del motor; y

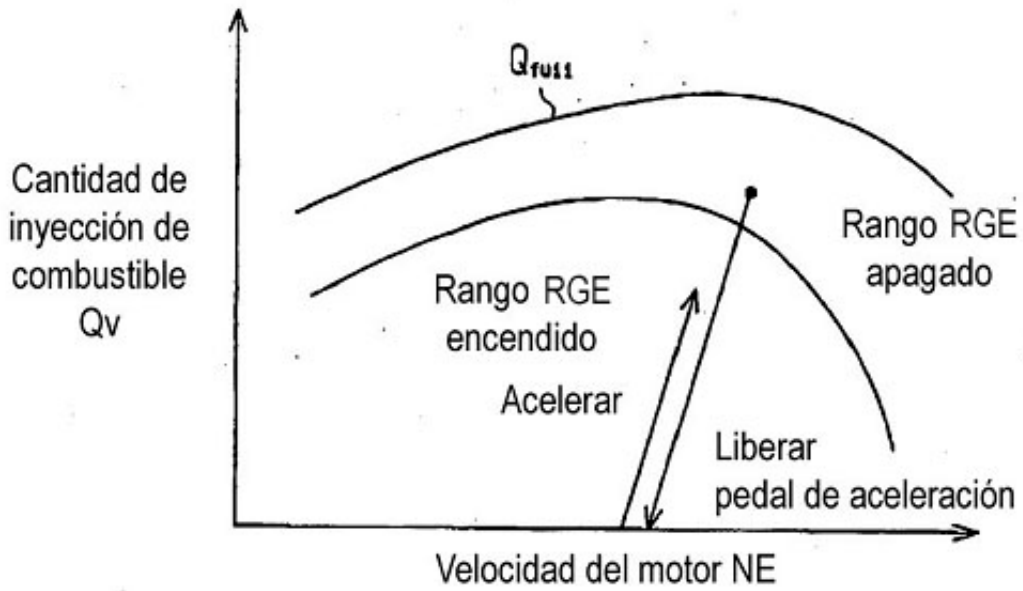
controlar la válvula de RGE de modo que el grado de apertura de la válvula de RGE se hace igual al grado de apertura objetivo obtenido, estando el procedimiento caracterizado por:

- 5
- al abrir la válvula de RGE desde un estado completamente cerrado, se restringe el grado de apertura de la válvula de RGE a un grado de apertura restringida que es menor que el grado de apertura objetivo durante un tiempo de retardo predeterminado antes de accionar la válvula de RGE con el grado de apertura objetivo, en el que
- 10
- el grado de apertura restringida se mantiene en un valor constante que es mayor que cero durante al menos una primera parte del tiempo de retardo.

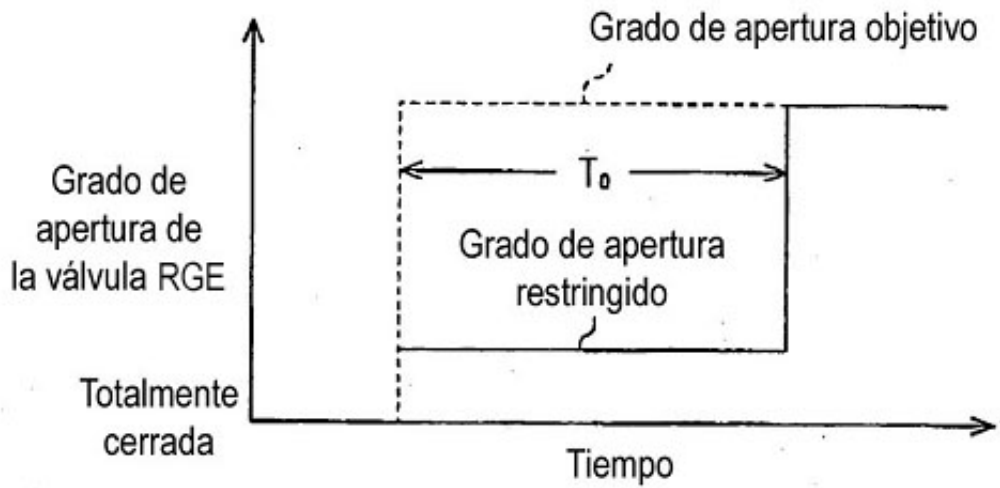




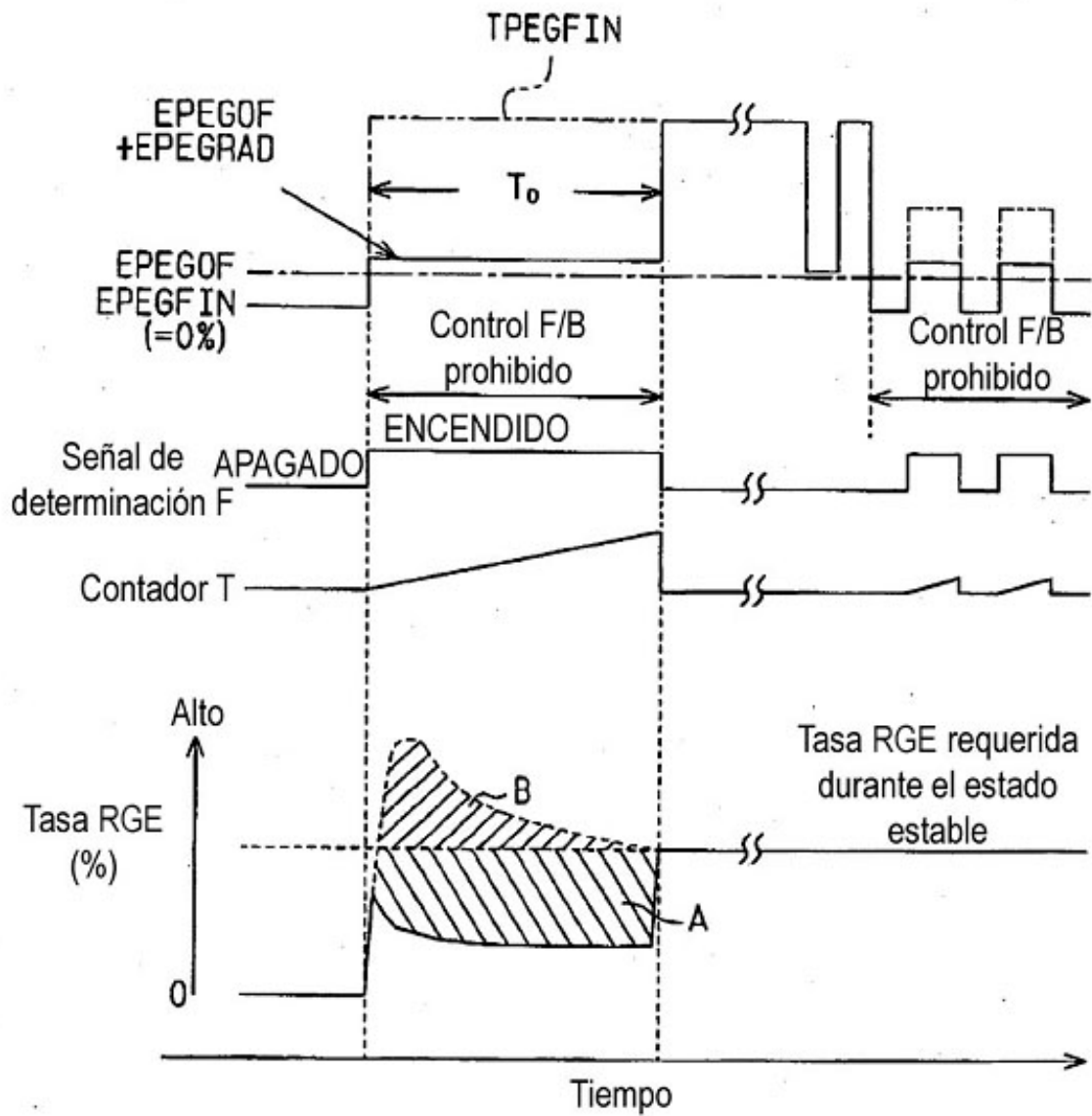
**Fig.2**



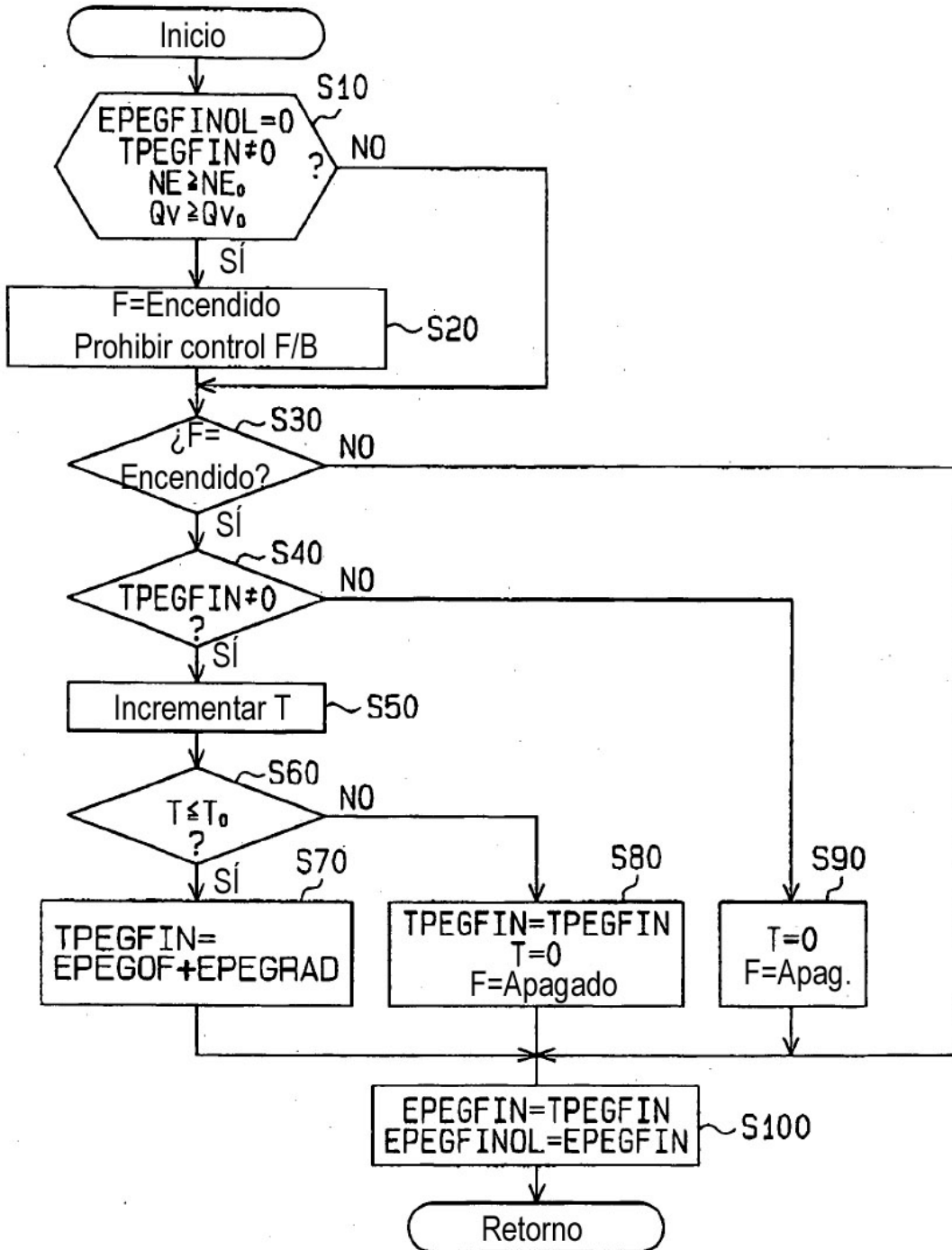
**Fig.3**



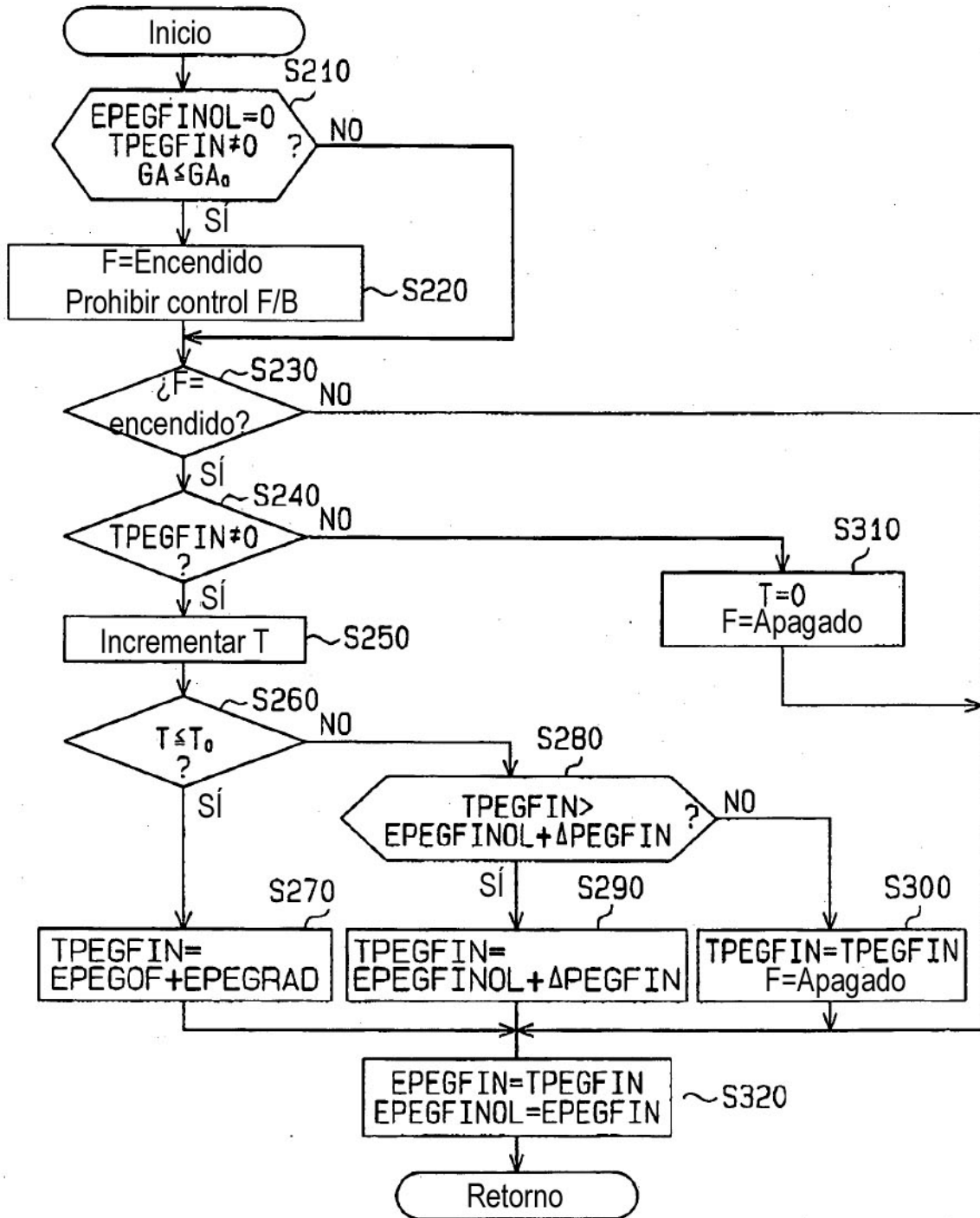
**Fig.4**



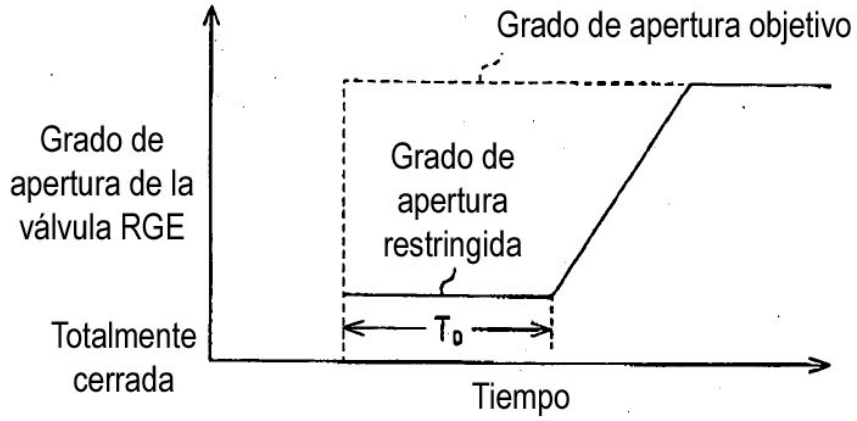
**Fig.5**



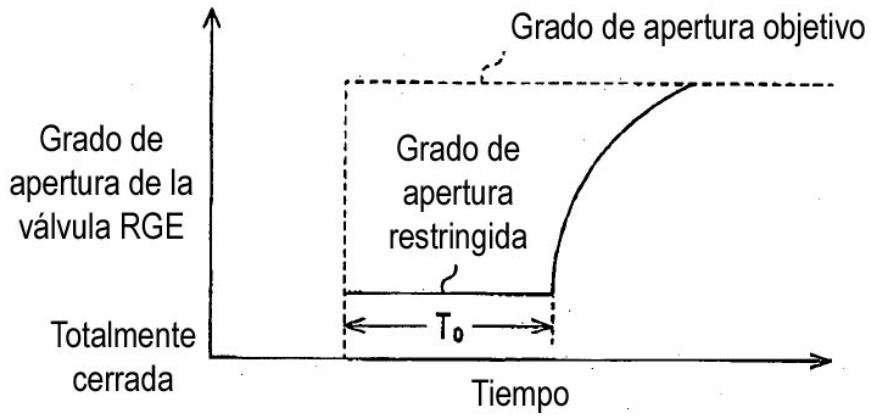
**Fig.6**



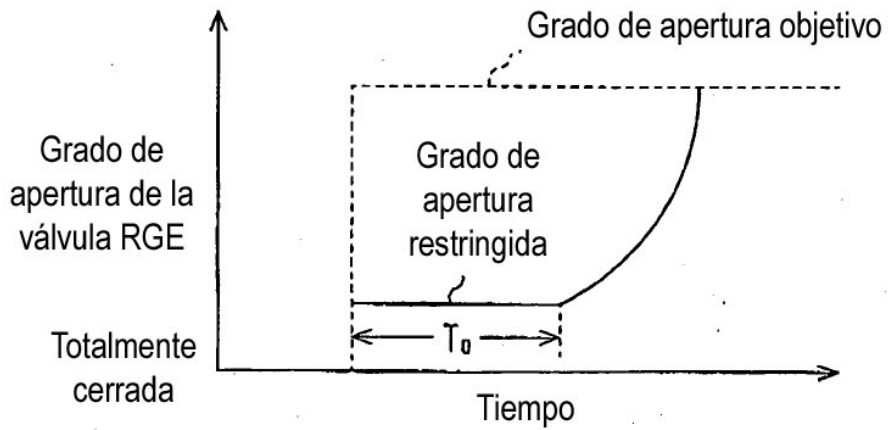
**Fig.7**



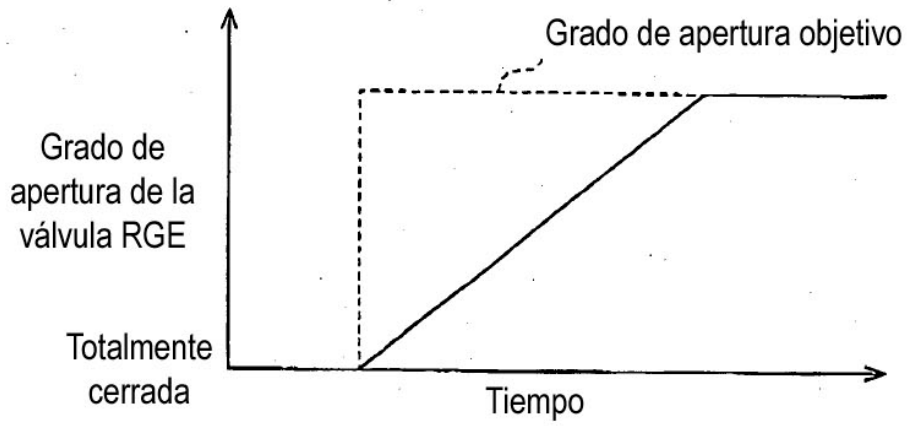
**Fig.8**



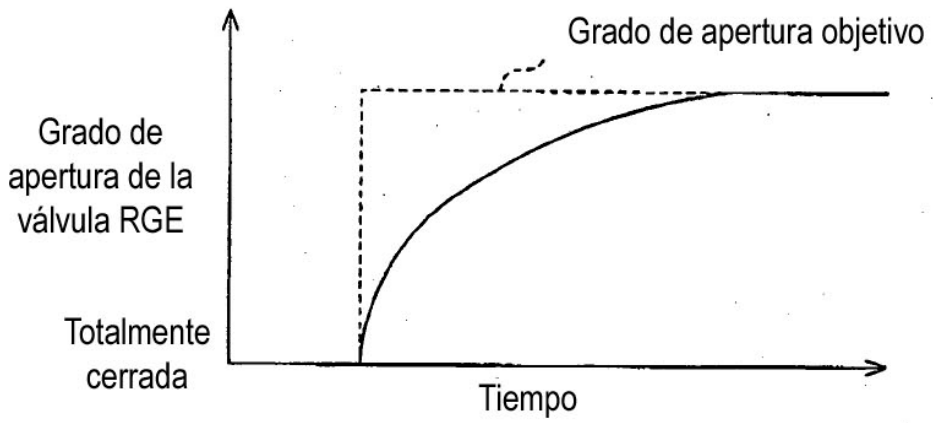
**Fig.9**



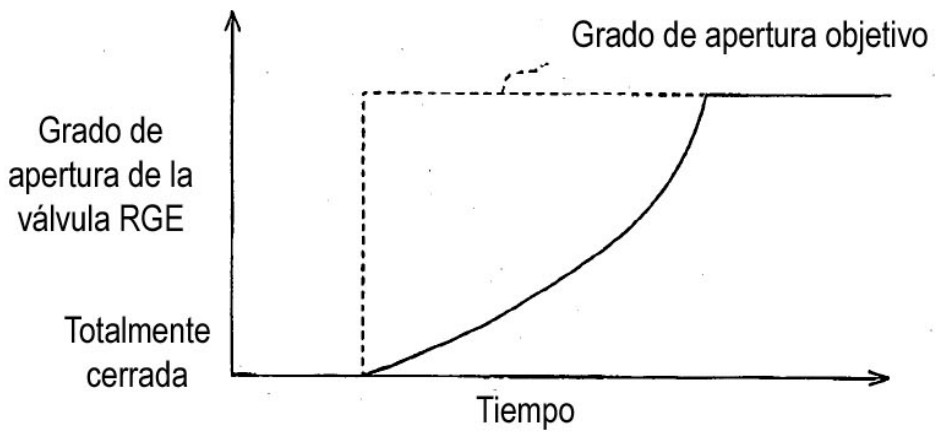
**Fig.10**



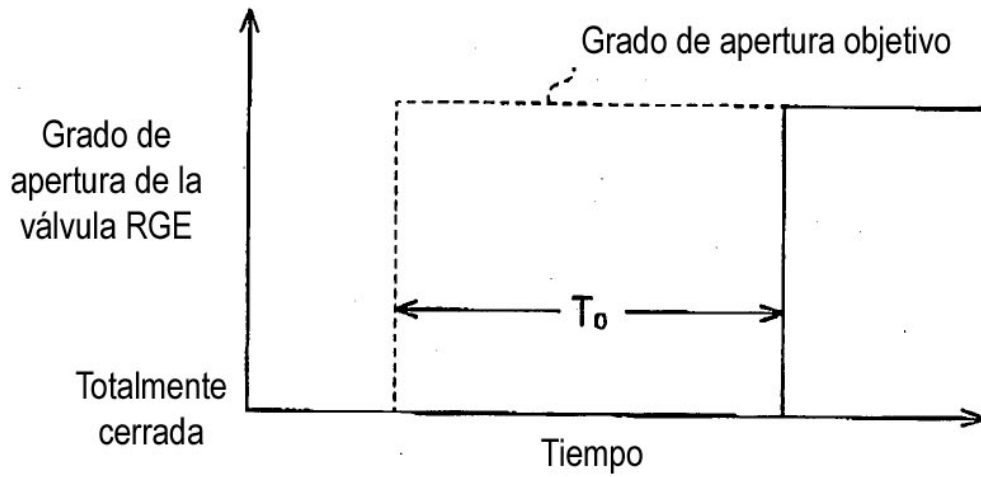
**Fig.11**



**Fig.12**



**Fig.13**



**Fig.14**

