



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 019**

51 Int. Cl.:  
**F02D 41/40** (2006.01)  
**F02D 35/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04773627 .7**  
96 Fecha de presentación : **29.09.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1668235**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.06.2006**

54 Título: **Aparato para el control de la inyección de combustible, para motor de combustión interna.**

30 Prioridad: **30.09.2003 JP 2003-340402**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.06.2011**

73 Titular/es: **TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA  
1, Toyota-cho  
Toyota-shi, Aichi 471-8571, JP**

72 Inventor/es: **Yamada, Takafumi y  
Watanabe, Yoshimasa**

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 361 019 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Aparato para el control de la inyección de combustible, para motor de combustión interna

5 Sector técnico

La presente invención se refiere a un aparato para el control de la inyección de combustible, para un motor de combustión interna.

10 Antecedentes técnicos

De manera convencional, entre los motores de combustión interna con inyección directa que tienen una válvula para la inyección de combustible (o un inyector) para inyectar combustible directamente en el interior del cilindro, se conoce un tipo que tiene una función de corrección del tiempo de apertura de la válvula de inyección de combustible, basado en la presión en el interior del cilindro (o presión dentro del cilindro), (por ejemplo, ver documento de patente 15 1 indicado más adelante o bien EP 1 318 288 A2).

La razón por la que se adopta esta función es que la presión en el interior del cilindro (presión interna del cilindro) actúa como contrapresión contra la válvula de inyección de combustible. En esta función, la presión dentro del cilindro que cambia de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del motor, se calcula para corregir el tiempo de apertura de la válvula de inyección de combustible, obteniendo de esta manera la cantidad de inyección de combustible deseada.

No obstante, en la técnica convencional anteriormente descrita se calcula la presión dentro del cilindro y a continuación se calcula la cantidad de combustible a inyectar (es decir, la cantidad de combustible inyectado por unidad de tiempo), basándose en la diferencia de presión entre dicha presión dentro del cilindro y la presión del combustible introducido en la válvula de inyección de combustible. A continuación, se calcula el tiempo de apertura de la válvula de inyección del combustible, basándose en la velocidad de inyección de combustible que se ha calculado y la cantidad de combustible requerida. Por lo tanto, en la técnica convencional no se ha tomado en consideración los cambios del momento de inicio de la inyección de combustible.

Este aspecto será discutido a continuación con referencia a la figura 14. La figura 14 muestra el comportamiento variable de la cantidad de combustible inyectado. En la figura 14, el eje vertical representa la cantidad de combustible inyectado y el eje horizontal representa el tiempo. En la figura 14, la forma de onda X y la forma de onda Y de la cantidad de combustible inyectado muestran el comportamiento variable de la cantidad de combustible inyectado para diferentes presiones dentro del cilindro pero a la misma presión del conducto común (es decir, la presión del combustible facilitada a la válvula de inyección). La forma de onda de cantidad de combustible inyectado X representa el caso en el que la presión dentro del cilindro es una presión de referencia dentro del cilindro que sirve de referencia (por ejemplo, la presión en la situación en un inyector con características de medición de una prueba patrón (por ejemplo, 1 Mpa)) y la forma de onda de cantidad de combustible inyectado Y representa el caso con la presión dentro del cilindro del motor en el motor de combustión interna en estado de funcionamiento (por ejemplo, 8 Mpa).

Tal como se apreciará de la figura 14, cuando aumenta la presión dentro del cilindro, el momento de inicio de la inyección de combustible se anticipa. Si el momento de inicio de la presión de combustible se anticipa, la cantidad de combustible inyectado aumentará.

La figura 15 es un modelo de comportamiento del cambio de la cantidad de combustible inyectado que sirve como modelo para el comportamiento variable de la cantidad de combustible inyectado mostrado en la figura 14. Los inventores de la presente invención han modelado el comportamiento variable de la cantidad de combustible inyectado mostrado en la figura 14 como un trapecio mostrado en la figura 15. En la figura 15, el trapecio X mostrado por una línea continua es un modelo de la forma de onda X de cantidad de combustible inyectado de la figura 14 y el trapecio Y mostrado por una línea de trazos es un modelo de la forma de onda Y de cantidad de combustible inyectado de la figura 14.

En la figura 15, suponiendo Q es el área del trapecio X o la cantidad de combustible inyectado requerido, Qr es el área del trapecio Y o la cantidad de inyección real, dQ1 es la variación en la cantidad de combustible inyectado debido a la variación de la velocidad de inyección de combustible en el caso de una presión dentro del cilindro de referencia y en el caso de presión dentro del cilindro del motor (es decir, el área del trapecio X por encima del trapecio Y en la figura 15) y dQ2 la variación de cantidad de combustible inyectado debido a la variación del momento de inicio entre el caso de referencia de presión dentro del cilindro y el caso de la presión dentro del cilindro del motor (es decir, el área dentro del trapecio Y en el lado izquierdo del trapecio X en la figura 15) la cantidad real de combustible inyectado Qr se podrá presentar por la siguiente fórmula (1).

$$Q_r = Q - dQ_1 + dQ_2 \quad \text{-- (1)}$$

Por lo tanto, un valor de control para conseguir la cantidad de combustible inyectado deseada está representado por la siguiente fórmula (2).

$$Q = Q_r + dQ_1 - dQ_2 \quad \text{-- (2)}$$

- 5 En la figura 15, suponiendo que A es la longitud de la base superior del trapecio X, B es la longitud de la base inferior del trapecio X, Q' la altura del trapecio X (es decir, la velocidad de inyección de combustible en el caso de presión de referencia dentro del cilindro), q' la altura del trapecio Y y C la longitud de la parte de la base superior del trapecio Y que se solapa con el trapecio X, dQ1 está representado por la siguiente fórmula (3).

$$\begin{aligned} dQ_1 &= Q - q \\ &= Q - (B + C)q' / 2 \\ &= Q - (B + (Aq' / Q' + B(Q' - q') / Q'))q' / 2 \\ &= (1 - q' / Q')Q + (A - B)(q' - Q')q' / Q' \quad \text{-- (3)} \end{aligned}$$

- 10 En la técnica convencional, no se toma en consideración dQ2 de la fórmula (2) y la velocidad de inyección de combustible corregida se obtiene por la relación representada por la siguiente fórmula (4).

$$Q_r = Qq' / Q' \quad \text{-- (4)}$$

Por lo tanto, en la técnica convencional dQ1 está representado por la siguiente fórmula (5).

$$\begin{aligned} dQ_1 &= Q - Q_r \\ &= (1 - q' / Q')Q \quad \text{-- (5)} \end{aligned}$$

- 15 La ecuación (5) carece del segundo término de la ecuación (3) y, por lo tanto, no se ha tomado en consideración el error que corresponde a este término en la técnica convencional.

Además, cuando la presión en el conducto de alimentación es reducida, el cambio en la velocidad de inyección de combustible después del inicio de la inyección de combustible es moderado. Por lo tanto, el gradiente del borde izquierdo del trapecio es pequeño y el valor (A-B) es grande. Por lo tanto, en el caso en el que la presión en el conducto de alimentación es baja, la influencia del valor (A-B) es significativa y, por lo tanto, se introducirá un error importante si se obtiene dQ1 de la ecuación (5).

- 25 [Documento de patente 1] Solicitud de patente japonesa publicada n° 9-256886  
[Documento de patente 2] Solicitud de patente japonesa publicada n° 2000-54889

#### Materia de la invención

- 30 La presente invención ha sido realizada teniendo en cuenta la situación antes descrita. Un objetivo de la presente invención consiste en dar a conocer una tecnología para el control de la cantidad de combustible inyectado que varía al variar la presión dentro del cilindro, con una exactitud mejorada.

- 35 A efectos de obtener el objetivo mencionado, de acuerdo con la presente invención, se da a conocer un aparato para el control de la inyección de combustible para un motor de combustión interna dotado de una válvula para la inyección de combustible para inyectar de forma directa combustible a alta presión suministrado por medios de suministro de combustible a alta presión hacia dentro del cilindro, que comprende:

- medios de detección de la presión dentro del cilindro para detectar o estimar la presión dentro del cilindro correspondiente a dicho cilindro;
- 40 medios de cálculo del periodo de tiempo para calcular el periodo de tiempo de inyección del combustible, durante el cual se inyecta combustible desde dicha válvula de inyección del combustible, siendo corregido el periodo de tiempo de inyección de combustible para compensar la variación de la cantidad de combustible inyectado provocada por una variación de la velocidad de inyección de combustible debida a la variación de la presión dentro del cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión dentro del cilindro relativos a una presión dentro del cilindro de referencia que está almacenada de antemano;
- 45 medios para el cálculo de la variación del momento inicial para calcular la variación en el momento inicial de variación de combustible y la presión dentro del cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión dentro del cilindro con respecto al momento de inicio de la inyección de combustible para dicha presión dentro del cilindro de referencia;
- 50 medios de control para controlar el periodo de tiempo durante el cual el combustible es inyectado desde dicha válvula de inyección de combustible, basándose en el periodo de tiempo de inyección de combustible calculado por dichos medios de cálculo del periodo de tiempo y la variación en el inicio de la inyección de combustible calculado por dichos medios de cálculo de la variación del momento de inicio.

Por el cálculo del periodo de tiempo de inyección de combustible, corrigiendo simultáneamente la variación en la cantidad de inyección de combustible provocada por la variación en la velocidad de inyección de combustible y calculando la variación del momento de inicio de la inyección de combustible, es posible controlar la cantidad de combustible inyectado que varía con las variaciones en la presión dentro del cilindro con mayor exactitud y es posible conseguir una cantidad de combustible inyectado objetivo con independencia del estado de funcionamiento del motor de combustión interna.

El aparato anteriormente descrito puede comprender además:

medios de detección de la presión de combustible para detectar la presión del combustible a alta presión suministrado a dicha válvula de inyección de combustible por dichos medios de suministro de combustible a alta presión;

medios de almacenamiento de la característica de la cantidad de combustible inyectada, para almacenar una característica en relación con el tiempo de apertura de la válvula de dicha válvula de inyección de combustible, de la cantidad de combustible inyectado por dicha válvula de inyección de combustible durante el tiempo de apertura de la válvula, de acuerdo con la presión del combustible a alta presión suministrado a dicha válvula de inyección de combustible por dichos medios de suministro de combustible a alta presión;

medios de cálculo de la cantidad de combustible a inyectar requerido para el cálculo de la cantidad de combustible inyectado deseada, basándose en el estado de funcionamiento del motor de combustión interna;

medios de cálculo de la velocidad de inyección de combustible para calcular la velocidad de inyección del combustible, basándose en la presión del combustible detectada por dichos medios de detección de la presión de combustible y la presión dentro del cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión dentro del cilindro;

medios de cálculo de la variación de la cantidad de inyección de combustible para calcular la variación en la cantidad de combustible inyectado provocada por una variación en una segunda velocidad de inyección de combustible calculada por dichos medios de cálculo de la velocidad de inyección de combustible, basándose en la presión dentro del cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión dentro del cilindro con respecto a una primera velocidad de inyección de combustible calculada por dichos medios de cálculo de la velocidad de inyección de combustible, basándose en dicha presión de referencia dentro del cilindro;

medios de cálculo de un coeficiente para calcular la variación en el tiempo de retardo de la inyección de combustible por unidad de presión dentro del cilindro para la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de la presión de combustible.

En este caso, dichos medios de cálculo de dicho periodo de tiempo pueden calcular el periodo de tiempo de inyección de combustible utilizando dichos medios de almacenamiento de la característica de la cantidad de combustible inyectado, basado en la variación de la cantidad de combustible inyectado calculada por dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado, y la cantidad de combustible inyectado calculada por dichos medios de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido y dichos medios de cálculo de la variación del inicio del tiempo pueden calcular la variación del inicio del tiempo de inyección de combustible basándose en una variación de la presión dentro del cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión dentro del cilindro con respecto a dicha presión dentro del cilindro de referencia y la variación calculada por dichos medios de cálculo de dicho coeficiente.

Con las características anteriores, es posible calcular un valor de corrección basado en la presión dentro del cilindro de referencia. Por lo tanto, una característica almacenada en los medios de almacenamiento de la cantidad característica de combustible inyectado, por ejemplo, una característica obtenida por una prueba patrón de medición de las características de un inyector, se puede aplicar de manera directa a un motor de combustión interna real.

El aparato antes descrito puede comprender además:

una válvula de aguja dispuesta en dicha válvula de inyección del combustible que se desplaza en dirección axial para llevar a cabo la apertura y cierre de la válvula;

medios de estimación de la cantidad de combustible inyectado para estimar, cuando se ha iniciado la inyección de combustible por dicha válvula de inyección de combustible, la cantidad de combustible inyectado desde el inicio de la operación de apertura de la válvula de dicha válvula de aguja hasta que dicha válvula de aguja alcanza un estado de apertura completa, basándose en la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de la presión de combustible y la presión dentro del cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión dentro del cilindro;

medios de comparación para comparar la cantidad de combustible estimado por dichos medios de estimación de la cantidad de combustible inyectado y la cantidad de combustible inyectado calculada por dichos medios de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido,

de manera que dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de inyección de combustible pueden calcular la variación de la cantidad de combustible inyectado utilizando diferentes procesos de cálculo, de acuerdo con un resultado de la comparación por dichos medios de comparación, entre el caso en el que dicha cantidad de inyección de combustible es menor que dicha cantidad de combustible estimada y el caso en el que dicha cantidad de inyección de combustible es superior o igual a dicha cantidad de combustible estimada.

De acuerdo con lo anterior, utilizando diferentes procesos de cálculo de la variación de la cantidad de inyección de combustible dependiendo de si la válvula de aguja ha alcanzado o no el estado de apertura completa, es posible calcular la variación de la cantidad de inyección de combustible por un método de cálculo simplificado. Por lo tanto, en el caso en el que se ha almacenado como mapa la relación necesaria para cálculo de la variación de combustible inyectado, la cantidad de datos del mapa se puede hacer mínima.

En el aparato anteriormente descrito, dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de inyección de combustible pueden calcular la variación en la cantidad de inyección de combustible modelando un cambio a lo largo del tiempo a la velocidad de inyección de combustible como polígono en un sistema de coordenadas y calcular el cambio del área de dicho polígono.

Con esta característica, es posible calcular la variación de la cantidad de combustible inyectado de manera más simple.

Además, en el aparato anteriormente descrito, dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado pueden incluir medios de cálculo de la presión de la cámara de succión para calcular a presión en una cámara de succión formada en el lado del extremo de la punta de un asiento de válvula con respecto al cual dicha válvula de aguja debe ser recibida/separada, basándose en la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de la presión de combustible y la posición de dicha válvula de aguja; medios de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado unitario para calcular la variación de la cantidad de combustible inyectado por unidad de presión en el cilindro basándose en la cantidad inyectada de combustible calculada por dichos medios de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido y la presión de la cámara de succión calculada por dichos medios de cálculo de presión de la cámara de succión, de manera que cuando, de acuerdo con el resultado de la comparación por dichos medios de comparación dicha cantidad de combustible inyectado es menor que dicha cantidad de combustible inyectado estimada, dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado pueden calcular la variación en la cantidad de combustible inyectado, basándose en una variación en la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión en el cilindro con respecto a dicha presión de referencia en el cilindro y a la variación de la cantidad de combustible inyectado por unidad de presión en el cilindro calculada por dichos medios de cálculo de la variación de cantidad de combustible inyectado por unidad.

Con las características mencionadas, cuando la válvula de aguja no ha alcanzado la situación de apertura completa, la variación en la cantidad de combustible inyectado se puede calcular basándose en la presión de la cámara de succión. Por lo tanto, se hace posible la corrección con una eficacia mejorada.

Adicionalmente, el aparato descrito puede comprender además:

medios de detección de la presión de combustible para detectar la presión del combustible a alta presión suministrado a dicha válvula de inyección de combustible por dichos medios de suministro de combustible a alta presión;

medios para el almacenamiento de la característica de la cantidad de inyección de combustible para almacenar una característica en relación con el tiempo de apertura de la válvula de dicha válvula de inyección de combustible, de una cantidad de inyección de combustible inyectada por dicha válvula de inyección de combustible durante el periodo de apertura de la válvula, de acuerdo con la presión de combustible a alta presión suministrado a dicha válvula de inyección de combustible por dichos medios de combustible a alta presión;

medios de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido para calcular la cantidad de combustible inyectado deseada basándose en el estado de funcionamiento del motor de combustión interna;

primeros medios de cálculo de la presión virtual del combustible para calcular una primera presión virtual de combustible al restar la variación de la presión del cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión del cilindro con respecto a dicha presión de referencia en el cilindro a partir de la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de la presión del combustible;

segundos medios de cálculo de la presión virtual del combustible para calcular una segunda presión virtual del combustible por adición de la variación en la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión en el cilindro con respecto a dicha presión de referencia en el cilindro a la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de presión del combustible;

medios de cálculo del tiempo de retraso de la inyección para el cálculo del tiempo de retraso de la inyección desde el momento en el que se ha generado la señal para la apertura de dicha válvula de inyección de combustible con respecto al tiempo en el que se inicia la inyección de combustible por dicha válvula de inyección de combustible, basándose en la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de presión de combustible,

de manera que dichos medios de cálculo del periodo de tiempo pueden calcular el periodo de tiempo de inyección de combustible utilizando dichos medios de almacenamiento de la característica de inyección de combustible, basándose en la primera presión virtual del combustible calculada por dichos primeros medios de cálculo de la presión virtual del combustible y la cantidad de combustible inyectado calculada por dichos medios de cálculo de la cantidad requerida de combustible inyectado, y

dichos medios de cálculo de la variación de inicio del tiempo pueden calcular, por medio de dichos medios de cálculo del retraso del tiempo de la inyección de combustible, un tiempo de retraso de la inyección de combustible para la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de la presión de combustible y un tiempo de retraso de la inyección de combustible para la segunda presión virtual de combustible calculada por dichos segundos medios de cálculo de la presión virtual de combustible y calcula la variación en el tiempo de inicio de la variación de combustible a partir de la diferencia entre aquellos tiempos de retraso de la inyección.

Al introducir una presión virtual de combustible, tal como se ha indicado en lo anterior, es posible calcular el periodo de tiempo a lo largo del cual se inyecta combustible de una manera más simple.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra esquemáticamente la estructura básica de un motor diesel como motor de combustión interna en el que se ha aplicado un aparato del control de la inyección de combustible de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

La figura 2 es una vista esquemática en sección que muestra una válvula de inyección de combustible en la primera realización de la presente invención.

La figura 3 es un diagrama de bloques que muestra el aparato para el control de la inyección de combustible, de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

La figura 4 muestra, en la parte (A), un modelo de comportamiento de cambio de velocidad de inyección, en el que el comportamiento de cambio de la velocidad de inyección de combustible es modelado en forma de trapecio y muestra en la parte (B) una situación en la que el trapecio mostrado en la parte (A) es dividido en dos partes.

La figura 5 es un diagrama ilustrativo de un procedimiento para el cálculo de la variación en la cantidad de combustible inyectado en el caso de que la inyección de combustible ha terminado antes de que la válvula de aguja ha alcanzado la situación de levantamiento completo.

La figura 6 es un diagrama ilustrativo de la corrección de la variación del momento de inicio de la inyección de combustible; la parte (A) de la figura 6 muestra la relación entre la señal de activación y la velocidad de inyección de combustible antes de la corrección, y la parte (B) de la figura 6 muestra la relación entre la señal de activación y la velocidad de inyección de combustible después de la corrección.

La figura 7 muestra la relación entre el coeficiente de proporcionalidad (o de sensibilidad)  $\alpha$  y la presión del conducto de combustible  $P_{cr}$  en la primera realización de la presente invención.

La figura 8 muestra la relación entre la variación entre el retraso del tiempo  $\Delta\tau_d$  de inyección de combustible y las variaciones de la presión en el cilindro  $\Delta P_{cl}$ .

La figura 9 es un diagrama de flujo de un procedimiento para el cálculo del valor de corrección de la cantidad de combustible inyectado en la primera realización de la presente invención.

La figura 10 es un diagrama de bloques que muestra los medios de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado y partes relativas en la segunda realización de la presente invención.

La figura 11 es un diagrama de bloques que muestra el aparato para el control de la inyección de combustible según una tercera realización de la presente invención.

La figura 12 es un mapa  $\tau$ -Q de la tercera realización de la presente invención.

La figura 13 muestra la relación entre la presión del conducto de combustible  $P_{cr}$  y el tiempo de retardo de la inyección de combustible  $\tau_d$ .

La figura 14 es un gráfico que muestra el comportamiento de cambio de la velocidad de inyección de combustible.

La figura 15 muestra un modelo de comportamiento de cambio de la velocidad de inyección de combustible que sirve como modelo para el comportamiento de cambio de la velocidad de inyección de combustible.

#### Forma preferente de llevar a cabo la invención

A continuación se describirá en detalle, basándose en realizaciones a título de ejemplo, la forma preferente de llevar a cabo la presente invención.

#### <Realización 1>

La figura 1 muestra esquemáticamente la estructura básica de un motor diesel como motor de combustión interna en el que se ha aplicado un aparato para el control de la inyección de combustible según la primera realización de la presente invención.

Tal como se ha mostrado en la figura 1, el motor de combustión interna 1 está compuesto principalmente por un sistema de suministro de combustible 2, cilindros (o cámaras de combustión 3), paso de admisión 4 y paso de escape 5. El motor de combustión interna 1 es un motor diesel de cuatro cilindros en línea en el que se repiten para crear potencia cuatro ciclos, incluyendo la carrera de admisión, la carrera de compresión, la carrera de explosión (o carrera de expansión) y la carrera de escape.

El sistema de suministro de combustible 2 comprende una bomba de suministro 6, un conducto común de combustible 7, válvulas de inyección de combustible 8, paso de combustible 9, etc. La bomba de suministro 6 aumenta la presión del combustible procedente de un depósito de combustible (no mostrado) a elevada presión y  
 5 suministra combustible al conducto común 7 con intermedio del paso de combustible 9. El conducto común 7 funciona como cámara de acumulación de presión para mantener (o acumular) la presión del combustible a alta presión suministrado desde la bomba de suministro 6 a una presión predeterminada y distribuye el combustible a presión a las respectivas válvulas de inyección de combustible 8 a través de los tubos de combustible conectados al conducto común 7. Los medios de suministro de combustible a alta presión comprenden la bomba de suministro 6,  
 10 el conducto común 7 y el paso de combustible 9.

La válvula de inyección de combustible 8 es una válvula accionada electromagnéticamente dotada de un solenoide electromagnético (no mostrado) en su interior. La válvula de inyección 8 es abierta, en primer lugar, para suministrar una cantidad apropiada de combustible a presión del conducto común 7 al interior del cilindro 3 por inyección directa  
 15 con una temporización apropiada. La válvula de inyección de combustible 8 puede estar dotada de un accionador piezoeléctrico en vez del solenoide electromagnético.

El motor de combustión interna 1 está dotado de varios detectores, tales como un sensor de posición del acelerador que envía una señal indicadora del desplazamiento del pedal del acelerador (no mostrado) como resultado de su accionamiento por el conductor, un sensor de la posición del cigüeñal que envía una señal indicadora del número de revoluciones del cigüeñal del motor (no mostrado), un sensor de temperatura del agua que envía una señal indicadora de la temperatura del agua de refrigeración que circula en el motor de combustión interna 1 (temperatura del agua de refrigeración), un medidor del caudal de aire que envía una señal indicadora del caudal de aire introducido en el cilindro 3 a través del paso de admisión 4 (cantidad de aire admitido) y un sensor de presión 11 del conducto común que detecta la presión del combustible sometido a alta presión en el conducto común 7 (presión del conducto común). Las señales de estos sensores son introducidas en una unidad de control electrónico (ECU) 10. El sensor 11 de presión del conducto común constituye los medios de detección de presión de combustible.  
 20  
 25

El ECU 10 comprende un circuito operativo lógico compuesto de una unidad de proceso central (CPU), una memoria de lectura solamente (ROM), una memoria de acceso al azar (RAM), una memoria de soporte RAM y otros elementos. La ECU 10 lleva a cabo un control global de varios componentes del motor de combustión interna 1 basándose en señales de varios sensores. Por ejemplo, la ECU 10 detecta el estado de funcionamiento del motor de combustión interna 1 para controlar el funcionamiento de apertura/cierre de las válvulas de inyección de combustible 8.  
 30  
 35

Además, la ECU 10 realiza la introducción de las señales desviadas de varios sensores, cálculo de número de revoluciones del motor, cálculo de la carga, cálculo de la cantidad de inyección de combustible, etc. en una rutina básica que tiene que ser llevada a cabo a intervalos regulares. Varias señales introducidas en la ECU 10 y varios valores de control obtenidos por medios de cálculo por la ECU 10 en la rutina básica, son almacenados temporalmente en la RAM de la ECU 10. Además, en un proceso de interrupción que es puesto en marcha, por ejemplo, por señales introducidas desde varios sensores o interruptores, el transcurso de un cierto tiempo o la introducción de una señal de impulso desde una posición del sensor del cigüeñal, la ECU 10 lee diferentes valores de control de la RAM y lleva a cabo el control de la inyección de combustible u otro control de acuerdo con dichos valores de control. La ECU 10 constituye el aparato para el control de la inyección de combustible y constituye los medios 51 de cálculo del periodo de tiempo, los medios 52 de cálculo de la variación de tiempo de inicio, medios de control 53, medios 54 de almacenamiento de la característica de la cantidad de combustible inyectado, medios 55 de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido, medios 56 de cálculo de la velocidad de inyección de combustible, medios 57 de cálculo de la variación de cantidad de combustible inyectado, medios 58 de cálculo del coeficiente, medios 59 de estimación de la cantidad de combustible inyectado y medios 60 de comparación de la figura 3 que se describirá a continuación.  
 40  
 45  
 50

A continuación, la válvula de inyección de combustible 8 se describirá de manera más específica. La figura 2 es una vista en sección que muestra esquemáticamente la válvula de inyección de combustible 8 de esta realización.

Tal como se ha mostrado en la figura 2, la válvula de inyección de combustible 8 comprende un cuerpo principal 22, que tiene un orificio de inyección de combustible 21 en su punta, y una válvula 23 en forma de aguja (es decir, el cuerpo de válvula) y un resorte helicoidal 24 que obliga a la válvula de aguja 23 en la dirección de cierre. La válvula de aguja 23 está dispuesta en el interior del cuerpo principal 22 de manera tal que se puede desplazar en dirección axial. La válvula de aguja 23 cierra el orificio 21 de inyección de combustible cuando queda alojada en el asiento de válvula 25 en su disposición avanzada, y abre la válvula de inyección de combustible 21 cuando se separa del asiento de válvula 25 en su posición retraída. El orificio 21 de inyección de combustible está dispuesto en una cámara de succión 26 dispuesta en la punta del asiento de válvula 25 en el cuerpo principal 22.  
 55  
 60

Además, la válvula de inyección de combustible 8 comprende un primer paso de suministro de combustible 31 para introducir combustible a alta presión, suministrado desde el conducto común 7 con una presión predeterminada al orificio de inyección de combustible 21, una cámara de control 32 para recibir combustible a alta presión para  
 65

presionar la válvula de aguja 23 en la dirección de cierre, un segundo paso de suministro de combustible 33, que se ramifica del primer paso de suministro de combustible 31, para introducir combustible a alta presión suministrado desde el conducto común 7 con una presión predeterminada a una cámara de control 32, y un paso de descarga de combustible 34, para descargar el combustible a alta presión en la cámara de control 32 para reducir la presión del fluido en la cámara de control 32.

En el segundo paso de suministro de combustible 33 se dispone un orificio de entrada 33a que determina el caudal de combustible que fluye hacia la cámara de control 32. En el paso 34 de descarga de combustible se dispone un orificio de salida 34a, que determina la cantidad de combustible descargado. La proporción del área en sección transversal del orificio de entrada 33a y el orificio de salida 34a es determinada de manera tal que, el área en sección transversal del orificio de salida 34a es mayor que la del orificio de entrada 33a. Por ejemplo, la proporción es 2:3.

La válvula de aguja 23 tiene un émbolo principal 23a que está dirigido a la cámara de control 32 y recibe el combustible a presión en la cámara de control 32, para desplazar hacia abajo la válvula de aguja 23. Un sub-émbolo 23c está dispuesto en el lado del orificio 21 de inyección de combustible de la válvula de aguja 23 con respecto al émbolo principal 23a. En una posición en el primer paso 31 de suministro de combustible que conduce al orificio de inyección de combustible 21, se ha dispuesto un depósito de combustible 31a de manera tal que está dirigido al sub-émbolo 23c. De este modo, la presión de combustible en el depósito de combustible 31a actúa sobre el sub-émbolo 23c, presionando la válvula de aguja 23 en la dirección de apertura (es decir, la dirección hacia arriba en la figura 2). El área  $S_s$  sobre la que el sub-émbolo 23c recibe la presión del combustible del recipiente de combustible 31a está calculada para que sea menor que el área  $S_m$  sobre la que el émbolo principal recibe la presión del combustible de la cámara de control 32. Además, un resorte helicoidal 24 para obligar a la válvula de aguja 23 a la dirección de cierre está dispuesto en el lado del émbolo principal 23a del sub-émbolo 23c.

Si  $F_m$  es la fuerza ejercida sobre el émbolo principal 23a por la presión del combustible en la cámara de control 32,  $F_s$  es la fuerza de la presión ejercida sobre el sub-émbolo 23c por la presión del combustible en el recipiente del combustible 31a,  $F_c$  la fuerza antagonista del resorte helicoidal 24, se cumplen en situación permanente las desigualdades  $F_m + F_c > F_s$  y  $F_c < F_s$ .

Además, una válvula 35 de control de la contrapresión para sellar, en estado cerrado, el combustible a alta presión de la cámara de control 32 y para dejar, en su estado abierto, el combustible fuera de la cámara de control 32 hacia el paso de descarga 34, está dispuesto interviniendo en el paso de descarga de combustible 34 desde la cámara de control 32. La válvula 35 de control de contrapresión está compuesta por una válvula electromagnética y está dispuesta en el interior del cuerpo principal 22. Cuando la válvula 35 de control de la contrapresión se encuentra en estado cerrado, la presión del combustible en la cámara de control 32 aumenta presionando el émbolo principal 23a para desplazar la válvula de aguja 23 hacia abajo en cooperación con la fuerza antagonista del resorte helicoidal 24.

En este procedimiento, si bien el combustible que tiene la misma presión que la presión existente en la cámara de control 32 es introducido desde el primer paso de suministro de combustible 31 hacia dentro del depósito de combustible 31a para presionar el sub-émbolo 23c, su fuerza de presión  $F_s$  no puede adaptarse a la fuerza asociada  $F_m + F_c$ . Como consecuencia, la válvula de aguja 23 se mantiene en un estado en el que cierra el orificio de inyección de combustible 21.

Después de esto, cuando se abre la válvula 35 de control de la contrapresión, el combustible es descargado de la cámara de control 32 a través del paso de descarga de combustible 34. En este proceso, dado que el orificio de salida 34a está diseñado de forma que es mayor que el orificio de entrada 33a, la cantidad de combustible que sale de cámara de control 32, es superior a la cantidad de combustible que pasa hacia dentro de la cámara de control 32.

Como consecuencia, la presión de combustible en la cámara de control 32, disminuye.

Entonces, en el momento en que se establece  $F_m + F_c < F_s$ , la válvula de aguja 23 se levanta (es decir, se desplaza hacia arriba y abre la válvula), de manera que el orificio de inyección de combustible 21 queda abierto y empieza la inyección de combustible.

En este caso, se describirá un proceso de control de la válvula de inyección de combustible para activar la válvula de inyección de combustible 8. El proceso de control de la activación de la válvula de inyección de combustible es llevado a cabo por la ECU 10.

Antes de la inyección del combustible, la ECU 10 mantiene la válvula 35 de control de contrapresión en estado cerrado, y el interior de la cámara de control 32 es llenado de combustible a alta presión, introducido desde el conducto común 7 a través del segundo conducto de paso de combustible 33. De esta manera, el émbolo 23a de la válvula de aguja 23, se encuentra en la posición baja y el orificio de inyección de combustible 21 está cerrado.

Cuando llega el momento de la inyección de combustible, la válvula 35 de control de contrapresión es abierta por una instrucción procedente de la ECU 10 y el combustible a alta presión del interior de la cámara de control 32, es

descargado a través del paso de descarga de combustible 34. Como consecuencia, la presión de combustible en la cámara de control 32 disminuye de manera que la válvula de aguja 23 se levanta para abrir el orificio de inyección de combustible 21.

- 5 Cuando transcurre un tiempo predeterminado de inyección de combustible después de la anterior, la válvula de contrapresión 35 es cerrada por la ECU 10. Entonces, el combustible a alta presión pasa a la cámara de control 32 y queda retenido en la misma de forma estanca. Por lo tanto, la presión en la cámara de control 32 aumenta, de manera que la válvula de aguja 23 desciende para cerrar el orificio 21 de inyección de combustible.
- 10 La figura 3 es un diagrama de bloques del aparato para el control de la inyección de combustible de acuerdo con esta realización. Tal como se ha mostrado en la figura 3, el aparato para el control de la inyección de combustible de acuerdo con esta realización, está dotado de medios 51 para el cálculo de un periodo de tiempo, medios 52 de cálculo de la variación del tiempo de inicio y medios de control 53.
- 15 Los medios 51 para el cálculo de un periodo de tiempo calcula el periodo de tiempo de inyección de combustible, corregido para compensar la variación en la cantidad de inyección de combustible provocada por una variación en la velocidad de inyección del combustible, debida a una variación de la presión dentro del cilindro detectada o estimada por los medios de detección 61 de presión dentro del cilindro, con respecto a una presión de referencia en el cilindro que se ha almacenado por adelantado.
- 20 Los medios 52 de cálculo de la variación del tiempo de inicio, calcula la variación en el tiempo de inicio de la inyección de combustible a la presión dentro del cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección de la presión en el cilindro, con respecto al tiempo de inicio de la inyección de combustible a la presión de referencia dentro del cilindro que se describe más adelante.
- 25 Los medios de control 53 controlan el periodo de tiempo durante el cual se inyecta combustible desde la válvula de inyección de combustible 8 basándose en el periodo de tiempo de inyección del combustible calculado por los medios 51 de cálculo del periodo de tiempo y la variación en el periodo de inicio de la inyección de combustible calculado por los medios 52 de cálculo de la variación del tiempo de inicio.
- 30 El aparato para el control de la inyección de combustible, de acuerdo con la presente realización, está dotado además, de los medios 54 de almacenamiento de la característica de la cantidad de combustible inyectada para almacenar una característica, en relación con el tiempo de apertura de la válvula de inyección de combustible 8, de la cantidad de combustible inyectado por la válvula de inyección de combustible 8 durante el tiempo de apertura de
- 35 la válvula, de acuerdo con la presión del combustible a alta presión, suministrado a la válvula de inyección de combustible 8; los medios 55 para el cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido para calcular la cantidad de combustible inyectado deseado, basado en el estado de funcionamiento del motor de combustión interna; los medios 56 para el cálculo de la velocidad de inyección para calcular la velocidad de inyección de combustible, basado en la presión de combustible detectada por el sensor 11 del conducto común, y la presión en el
- 40 cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección de presión en el cilindro; los medios 57 para el cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado para calcular la variación en la cantidad de combustible inyectado, provocada por una variación en una segunda velocidad de inyección del combustible calculada por los medios 56 de cálculo de la velocidad de inyección de combustible, basándose en la presión en el cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección de presión en el cilindro con respecto a una primera velocidad de
- 45 inyección de combustible calculada por el dispositivo de cálculo 56 de inyección de combustible, basándose en la presión de referencia en el cilindro; los medios 58 para el cálculo de coeficiente para calcular una variación en el tiempo de retraso de inyección de combustible por unidad de presión en el cilindro para la presión de combustible detectada por el sensor 11 de presión en el conducto común.
- 50 Los medios 51 para el cálculo del periodo de tiempo calculan el periodo de tiempo de inyección de combustible autorizando los medios 54 de almacenamiento de la característica de cantidad de combustible inyectado, basada en la variación de la cantidad de combustible inyectado calculada por los medios 57 de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado y la cantidad de combustible inyectado calculada por los medios 55 de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido.
- 55 Los medios 52 de cálculo de la variación del tiempo de inicio calculan la variación en el tiempo de inicio de la inyección de combustible, basándose en la variación de la presión en el cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección de la presión en el cilindro con respecto a la presión de referencia en el cilindro y a la variación calculada por los medios 58 de cálculo del coeficiente.
- 60 Además, los medios 59 de estimación de la cantidad de combustible inyectado estiman la cantidad de combustible inyectado desde el inicio de la operación de apertura de la válvula de aguja 23 hasta que la válvula de aguja 23 alcanza una posición de apertura completa, basándose en la presión combustible detectada en el sensor 11 de presión del conducto común y la presión dentro del cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección de
- 65 la presión en el cilindro.

Los medios de comparación 60 efectúan la comparación de la cantidad de combustible estimada por los medios 59 de estimación de la cantidad de combustible inyectado y la cantidad de combustible inyectado calculada por los medios 55 de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido.

5 Los medios 57 de cálculo de la variación de la cantidad de inyección de combustible calculan la variación de la cantidad de combustible inyectada utilizando diferentes procesos de cálculo, de acuerdo con un resultado de la comparación por los medios de comparación 60, entre el caso en el que dicha cantidad de inyección de combustible es menor que la cantidad de combustible estimada y el caso en el que dicha cantidad de combustible inyectada es superior o igual a la cantidad de combustible estimada.

10 A continuación se describirá, en particular, un procedimiento de corrección de la cantidad de combustible inyectado.

15 En el caso de que el combustible esté directamente inyectado en el cilindro 3 por la válvula de inyección de combustible 8, la presión en el cilindro que sirve de contrapresión cambia de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor. Por lo tanto, aunque la ECU 10 ordene la inyección de una cantidad predeterminada de combustible, se generan variaciones en la cantidad real de combustible inyectado.

20 El motor de combustión interna 1 es un motor de combustión interna de inyección directa dotado de la válvula de inyección de combustible 8 para inyectar combustible en el cilindro de manera directa y, por lo tanto, el orificio de inyección de combustible 21 está dispuesto en el interior del cilindro 3. Cuando se abre el orificio 21 de inyección de combustible, tal como se ha descrito en lo anterior, la válvula 35 de control de la contrapresión se abre por una instrucción procedente de la ECU 10 y se descarga combustible a alta presión en el interior de la cámara de control 32 a través del paso de descarga de combustible 34. De este modo, disminuye la presión en la cámara de control 32, de manera que la válvula de aguja 23 se levantará. En este proceso, dado que el orificio de inyección de combustible 21 está dispuesto en el interior del cilindro 3, la presión en el cilindro es ejercida sobre la válvula de aguja 23. Dado que la presión dentro del cilindro actúa sobre la válvula de aguja 23 en la dirección de levantamiento, la temporización de la apertura del orificio de inyección de combustible 21 se adelanta, es decir, la inyección de combustible se inicia con anterioridad.

30 En vista de ello, en esta realización, se calcula (o se estima) una variación de la cantidad de combustible inyectado provocada por una variación de la velocidad de inyección de combustible a la presión en el cilindro del motor (presión detectada o estimada en el estado de funcionamiento del motor de combustión interna) con respecto a la velocidad de inyección a una presión en el cilindro de referencia (por ejemplo, estado en una prueba de medición de la característica de inyector de tipo patrón (por ejemplo 1 Mpa)) y además, se corrige la variación en el tiempo de inicio de la inyección de combustible para controlar el tiempo de suministro de potencia durante el cual se suministra potencia eléctrica a la válvula 8 de inyección de combustible (es decir, válvula de control de contrapresión 3) (a saber, el periodo de tiempo durante el cual se inyecta combustible por la válvula de inyección de combustible 8). En otras palabras, se controla el periodo de tiempo durante el cual se inyecta combustible desde la válvula 8 de inyección de combustible por los medios de control 53 basándose en el periodo de tiempo de inyección de combustible calculado por los medios 51 de cálculo del periodo de tiempo y la variación en el tiempo de inicio de la inyección de combustible calculado por los medios 52 de cálculo de la variación del tiempo de inicio.

45 En primer lugar, se describirá un procedimiento para el cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectada debido a la variación de la velocidad de inyección del combustible.

50 En esta realización, un modelo del cambio de la velocidad de inyección de combustible en el que se hace un modelo del comportamiento de cambio de la velocidad de inyección de combustible de manera similar a la figura 15, a la que se ha hecho referencia en la descripción de antecedentes técnicos, se utiliza (figura 4) y se lleva a cabo la corrección de la cantidad de combustible inyectado utilizando el modelo de cambio de velocidad de inyección de combustible.

55 Además, en esta realización, el proceso de cálculo es cambiado dependiendo de si la distancia de elevación (distancia de desplazamiento) de la válvula de aguja 23 alcanza o no uno de los estados de levantamiento completo (posición en la que la válvula de aguja 23 se levanta (se abre) completamente o se encuentra en estado completamente abierto), de manera que la válvula de aguja 23 se levanta de acuerdo con la cantidad de combustible inyectado deseada (cantidad de combustible inyectada requerida) basándose en las condiciones de funcionamiento del motor.

60 En otras palabras, el proceso de cálculo es cambiado entre el caso en el que la inyección de combustible ha sido efectuada después o al mismo tiempo en el que la válvula de aguja a alcanzado el estado completamente abierto y el caso en el que la realización de la inyección de combustible se ha terminado antes de que la válvula de aguja 23 haya alcanzado el estado completamente abierto. En relación con ello, la determinación de si la válvula de aguja ha alcanzado el estado completamente abierto se hace por comparación de la cantidad de combustible inyectada calculada por los medios de cálculo 55 de la cantidad de combustible inyectada requerida, y la cantidad de combustible estimada calculada por los medios 59 de estimación de la cantidad de inyección de combustible (una cantidad de combustible que se supone inyectada hasta que la válvula de aguja 23 alcanza su estado de

levantamiento completo, que se estima basándose en la presión de combustible detectada por el sensor 11 de presión de conducto común y la presión en el cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección en el cilindro (que se describirán más adelante) por los medios de comparación 60. Basándose en un resultado de la comparación por los medios de comparación 60, se calcula la variación de la cantidad de combustible inyectado utilizando un proceso de cálculo que es distinto, con respecto al caso en el que la cantidad de combustible inyectado es menor o igual a la cantidad de combustible estimado, y el caso en el que la cantidad de combustible inyectado es superior a la cantidad de combustible estimado. A continuación se describirán estos dos casos.

En primer lugar, se realizará la descripción del caso en el que se ha llevado a cabo la inyección de combustible después o en el mismo momento en el que la válvula de aguja 23 ha alcanzado el estado de levantamiento completo.

La parte (A) de la figura 4 muestra un modelo de comportamiento de cambio de la velocidad de inyección en la que el comportamiento de cambio de la velocidad de inyección de combustible se ha modelado en forma de trapecio. La parte (B) de la figura 4 muestra la situación en la que el trapecio mostrado en la parte (A) de la figura 4 se divide en dos partes.

En la figura 4, el trapecio X mostrado por la línea continua es un modelo para la forma de onda X de la velocidad de inyección de combustible (en el caso de presión de referencia en el cilindro) mostrada en la figura 4, igual que la figura 15 y el trapecio Y mostrado por la línea de trazos es un modelo para la forma de onda Y de la velocidad de inyección de combustible (en el caso de presión dentro del cilindro del motor) mostrado en la figura 14.

La posición (coordenadas) mostrada en las figuras 4(A) y 4(B) se dispone para representar la velocidad de inyección de combustible en el momento en el que la válvula de aguja 23 alcanza el estado completamente levantado. Se traza una línea adicional desde esa posición paralela al borde derecho del trapecio X, de manera que el trapecio X es dividido en un triángulo X1 y un paralelogramo X2 tal como se ha mostrado en la parte (B) de la figura 4.

En este caso, tal como se ha mostrado en las figuras 4(A) y 4(B), los vértices del trapecio X están designados por a, b, c y d y los vértices del trapecio Y se han designado por e, f, g y h. Además, el punto de intersección del borde de la izquierda ab del trapecio X y la base superior en el trapecio Y se han designado i, el punto de intersección de la línea adicional trazada desde el vértice a, paralelo al borde derecho dc y la base inferior bc se ha indicado por j, y el punto de intersección del borde izquierdo aj del paralelogramo X2 y la base superior eh del trapecio Y se ha indicado por k.

La variación  $\Delta Q$  de la cantidad de combustible inyectado con un cambio en la velocidad de inyección de combustible se calcula por la siguiente ecuación (6). En este caso, la variación  $\Delta Q$  de la cantidad de combustible inyectado con un cambio en la velocidad de combustible inyectado corresponde al área del trapecio aihd. La variación  $\Delta Q$  de la cantidad de combustible inyectado se podrá presentar como la suma de la variación  $\Delta q_1$  hasta que la válvula de aguja 23 alcanza la situación de levantamiento completo (área del triángulo aik) y la variación  $\Delta q_2$  después de que la válvula de aguja ha alcanzado la situación completamente levantada (área de paralelogramo akhd).

A saber, la variación  $\Delta Q$  en la cantidad de combustible inyectada es representada del modo siguiente.

$$\Delta Q = \Delta q_1 + \Delta q_2 \quad \text{-- (6)}$$

En este caso, la cantidad de combustible inyectado en el momento en el que la válvula de aguja 23 ha alcanzado la situación de levantamiento completo o el área del triángulo abj está representada por  $Q_{f1}$ , la cantidad de combustible inyectada requerida o área del trapecio X es representada por Q, la velocidad de inyección de combustible a la presión de referencia dentro del cilindro o altura del trapecio X es representada por  $Q'$  y la velocidad de inyección de combustible en la inyección en el cilindro o altura del trapecio Y es representada por  $q'$ . Entonces, la altura del triángulo aik y del paralelogramo akhd es representada por  $(Q' - q')$  y el área del paralelogramo ajcd está representada por  $(Q - Q_{f1})$ . Por lo tanto, las variaciones  $\Delta q_1$  y  $\Delta q_2$  se pueden calcular por las siguientes fórmulas (7) y (8) basándose en la proporción de las áreas.

$$\Delta q_1 = Q_{f1} \times (1 - q'/Q')^2 \quad \text{-- (7)}$$

$$\Delta q_2 = (Q - Q_{f1}) \times (1 - q'/Q') \quad \text{-- (8)}$$

En este caso, la velocidad de inyección de combustible puede ser interpretada como flujo por un orificio y las velocidades de inyección de combustible  $Q'$  y  $q'$  se pueden calcular por las siguientes fórmulas (9) y (10), respectivamente. En relación con ello, el coeficiente del orificio es representado por  $C_0$ , el área del orificio de inyección (es decir, el área de la abertura de la válvula de inyección de combustible) es representada por A, la presión en el conducto común es representada por  $P_{cr}$ , la presión en el cilindro en el momento de iniciar la inyección de combustible es representada por  $P_{cl}$ , la presión de referencia en el cilindro es representada por  $P_0$  y la densidad del combustible es representado por  $\rho$ .

$$Q' = C_0 \times A \times (2 \times (P_{cr} - P_0) / \rho)^{1/2} \quad \text{-- (9)}$$

$$q' = C_0 \times A \times (2 \times (P_{cr} - P_{cl}) / \rho)^{1/2} \quad \text{-- (10)}$$

5 Por lo tanto, la proporción de variación ( $q'/Q'$ ) de la velocidad de inyección de combustible se puede representar por la siguiente fórmula (11).

$$q'/Q' = ((P_{cr} - P_{cl}) / (P_{cr} - P_0))^{1/2} \quad \text{-- (11)}$$

10 En el caso en el que la inyección de combustible es efectuada después o al mismo tiempo que la válvula de aguja 23 ha alcanzado el estado de levantamiento completo, se puede calcular la variación  $\Delta Q$  de la cantidad de inyección de combustible provocada por un cambio en la velocidad de inyección de combustible por el método antes descrito.

15 A continuación, se describirá el caso en el que la inyección de combustible ha terminado antes de que la válvula de aguja 23 haya alcanzado la situación de levantamiento completo.

20 La figura 5 es un diagrama que ilustra un procedimiento de cálculo de una variación de la cantidad de combustible inyectado en el caso de que la inyección de combustible se haya terminado antes de que la válvula de aguja 23 haya alcanzado el estado de levantamiento completo.

25 En la figura 5, el triángulo X1 es un modelo de la forma de onda de la velocidad de inyección de combustible en el momento en el que la válvula de aguja 23 ha alcanzado el estado de levantamiento completo igual que en el triángulo X mostrado en la parte (B) de la figura 4. El triángulo sombreado X1' es un modelo para la forma de onda de la velocidad de inyección de combustible en el caso de que la inyección de combustible se ha terminado antes de que la válvula de aguja 23 ha alcanzado el estado de levantamiento completo.

30 La variación  $\Delta Q_1$  de la cantidad de combustible inyectado en el caso de que la inyección de combustible se ha terminado antes de que la válvula de aguja 23 haya alcanzado el estado de levantamiento completo se puede obtener por la proporción del área del triángulo X1 y del área del triángulo X1'.

35 El área del triángulo X1 está representada por  $Q_{f1}$ , y el área del triángulo X1' corresponde a la cantidad de combustible inyectado  $Q$  tal como se ha descrito en lo anterior. De este modo, la proporción de las áreas está representada por las siguiente fórmula (12).

$$\Delta Q_1 / \Delta q_1 = Q / Q_{f1} \quad \text{-- (12)}$$

40 Por lo tanto, la variación  $\Delta Q_1$  de la cantidad de combustible inyectado, en el caso de que la inyección se ha terminado antes de que la válvula de aguja 23 ha alcanzado el estado de levantamiento completo, se puede representar por la siguiente fórmula (13).

$$\Delta Q_1 = Q \times (1 - q'/Q')^2 \quad \text{-- (13)}$$

45 A continuación se describirá la corrección de la variación del tiempo de inicio de la inyección de combustible.

50 La figura 6 es un diagrama para ilustrar la corrección de la variación del tiempo de inicio de la inyección de combustible. La parte (A) de la figura 6 muestra la relación entre la señal de activación y la velocidad de inyección de combustible antes de la corrección. La parte (B) de la figura 6 muestra la relación entre la señal de activación y la velocidad de inyección de combustible después de la corrección. Tanto en la parte (A) como en la parte (B) de la figura 6, la curva superior representa la señal de activación y la curva inferior representa la velocidad de inyección de combustible. En la parte (A) de la figura 6 asimismo la forma de curva X de la velocidad de inyección de combustible a la presión de referencia en el cilindro se ha mostrado por la línea continua y la forma de onda Y de la velocidad de inyección de combustible a la presión en el cilindro del motor, se ha mostrado por la línea de trazos, de manera similar a la figura 4. Las señales de referencia b y f en la parte (A) de la figura 6 corresponden a las señales de referencia b y f de la parte (A) de la figura 4, respectivamente.

60 Tal como se aprecia de la parte (A) de la figura 6, en el caso de la presión de referencia en el cilindro, existe un retraso de tiempo  $\tau d_1$  antes del inicio de la inyección de combustible después de la generación de la señal de inyección de combustible por la ECU 10. Por otra parte, en el caso de inyección en el cilindro, existe un retraso de tiempo  $\tau d_2$  antes del inicio de la inyección de combustible después de la generación de la señal de la inyección de

combustible, es decir, la inyección de combustible se inicia más pronto que en el caso de la presión de referencia en el cilindro en un tiempo  $\Delta\tau d$  ( $=\tau d1-\tau d2$ ). A continuación, el tiempo  $\tau d1$  ó  $\tau d2$  se indicará en algunos casos como tiempo de retraso de la inyección  $\tau d$ .

5 Es conocido que el tiempo  $\tau d$  es sustancialmente proporcional a la variación de la presión en el cilindro y al coeficiente de proporcionalidad (es decir, la sensibilidad de la variación del tiempo de retraso de inyección de combustible  $\tau d$ )  $\alpha$  varía dependiendo de la presión en el conducto común  $P_{cr}$ . Sus relaciones se han mostrado en las figuras 7 y 8. La figura 7 muestra la relación entre el coeficiente de proporcionalidad (o la sensibilidad)  $\alpha$  y la presión en el conducto común (de manera específica, la variación del retraso de inyección de combustible por unidad de presión en el cilindro con respecto a la presión en el conducto común). La figura 8 muestra la relación entre la variación del tiempo de retraso de inyección de combustible  $\tau d$  (tiempo  $\Delta\tau d$ ) y la variación de presión en el cilindro  $\Delta P_{cl}$  ( $= P_{cl}$  (presión en el cilindro del motor)  $- P_{cl}'$  (presión de referencia en el cilindro)).

15 Por lo tanto,  $\Delta\tau d$  se puede obtener de la siguiente fórmula (14) calculando la presión en el conducto común  $P_{cr}$  y la variación en la presión en el cilindro ( $P_{cl}- P_{cl}'$ ). En relación con ello, es preferible que la relación entre la presión  $P_{cr}$  en el conducto común y el coeficiente de proporcionalidad se preparen como mapa por adelantado. Este mapa constituye los medios 58 de cálculo del coeficiente.

$$\Delta\tau d = \alpha \times (P_{cl} - P_{cl}') \quad \text{--(14)}$$

20 Tal como se ha mostrado en la parte (B) de la figura 6, es posible corregir un cambio en la cantidad de combustible inyectado provocado por un cambio del tiempo de inicio de la inyección de combustible al acortar la señal para abrir la válvula 8 de inyección de combustible en el tiempo  $\Delta\tau d$  obtenido por la fórmula (14). Además, es posible corregir la temporización de la inyección de combustible, que se puede realizar más pronto por la influencia de la presión en el cilindro, con una temporización de inyección de combustible deseada al retrasar la temporización de inyección de combustible en  $\Delta\tau d$ .

30 Tal como se ha descrito en lo anterior, de acuerdo con la presente invención, es posible calcular la variación de la cantidad de combustible inyectado provocada por un cambio en la velocidad de la inyección de combustible y calcular la variación en el inicio de la inyección de combustible. A continuación, se describirá un procedimiento para controlar el tiempo de suministro de potencia a lo largo del cual se suministra potencia eléctrica a la válvula de inyección de combustible 8 a efectos de abrir la válvula de inyección de combustible 8.

35 La figura 9 es un diagrama de flujo ilustrativo de un procedimiento de cálculo de un valor de corrección para la cantidad de combustible inyectado.

40 En primer lugar, en la etapa S101, se lee la cantidad de combustible inyectada requerida por la ECU 10, de acuerdo con la situación de funcionamiento del motor de combustión interna 1. Esto corresponde al cálculo de la cantidad de inyección de combustible que se requiere por los medios de cálculo 55 de la cantidad de combustible requerido para la inyección.

45 A continuación, en la etapa S102, se calcula la presión en el cilindro (presión en el cilindro del motor) en el momento en el que se inicia la inyección de combustible. El cálculo de la presión en el cilindro, puede ser llevado a cabo por detección directa de la presión en el cilindro por medios de detección previstos para detectar la presión en el cilindro 3 o por estimación de la presión en el cilindro. La presión en el cilindro puede ser estimada basándose, por ejemplo, en la presión en el paso de admisión 4 y la proporción del volumen interior del cilindro (es decir, la proporción del volumen durante la inyección de combustible y el volumen en el punto muerto inferior). Esto corresponde a la detección de la presión en el cilindro del cilindro 3 por los medios 61 de detección de la presión en el cilindro.

50 A continuación, en la etapa S103, se calcula la proporción de variación de la velocidad de inyección del combustible. La proporción de variación de la velocidad de inyección del combustible se calcula por la fórmula (11) que se ha indicado anteriormente. Esto corresponde al cálculo de la velocidad de inyección del combustible por los medios 56 de cálculo de la velocidad de inyección de combustible.

55 A continuación, en la etapa S104, se calcula la variación de la cantidad de combustible inyectado (o valor de corrección para la variación de la velocidad de combustible inyectado) provocada por un cambio en la velocidad de inyección del combustible. Esto corresponde al cálculo de la variación de la cantidad de inyección del combustible por los medios 57 de cálculo de la variación de la cantidad de inyección de combustible. Este cálculo es llevado a cabo de acuerdo con el procedimiento anteriormente descrito (cálculo con utilización de la fórmula (6) y la fórmula (13)) y su resultado es llevado a una etapa de determinación de una cantidad de inyección de combustible indicada como final, que es llevada a cabo en otra rutina. Esta etapa será indicada como etapa S201 para facilitar la descripción. En la etapa S201, una cantidad de combustible inyectado indicada como final es calculada corrigiendo la cantidad de inyección de combustible que se requiere basándose en la variación de la cantidad de combustible inyectado calculada en la etapa S104.

En la etapa S105, que se sucede en la S104, se calcula la variación del tiempo de inicio de la inyección de combustible por los medios 52 de cálculo de la variación del tiempo de inicio de la inyección. Este cálculo es llevado a cabo de acuerdo con el procedimiento antes descrito y su resultado es llevado a una etapa de determinación del tiempo de suministro de potencia final, que es llevado a cabo en otra rutina. Esta etapa se hará referencia como etapa S202 para facilitar la descripción.

En la etapa S202, se calcula el tiempo de suministro de potencia basándose en la cantidad de combustible inyectada requerida después de la corrección calculada en la etapa S201 y el tiempo de suministro de potencia es corregido basándose en la variación del tiempo de inicio de la inyección de combustible calculada en la etapa S105. De este modo, se determina el tiempo final de suministro de potencia.

En este caso, es preferible que la relación entre el tiempo de suministro de potencia (es decir, el periodo de tiempo  $\tau$  durante el cual está abierta la válvula de inyección de combustible 8) y la cantidad de combustible inyectado (Q) a obtener por adelantado por experimentos y preparado como característica  $\tau$ -Q en forma de un mapa. El tiempo de suministro de potencia puede ser calculado basándose en la cantidad de combustible inyectado que se requiere después de corrección utilizando el mapa  $\tau$ -Q. Entonces, es posible determinar el tiempo final de suministro de potencia al aumentar o disminuir el tiempo de suministro de potencia en un valor que corresponde a la variación del tiempo de inicio de la inyección de combustible. El mapa mencionado constituye los medios 54 de almacenamiento de características de la cantidad de combustible inyectado.

La inyección de combustible en una cantidad precisa se puede conseguir aplicando el tiempo de suministro final de potencia determinada de esta manera como tiempo de suministro de potencia a la válvula de inyección de combustible 8. Se debe comprender que no existe limitación en cuanto al tipo de válvula de inyección de combustible 8 que se ha descrito, y esta realización puede ser aplicada preferentemente a una válvula de inyección activada por un solenoide y una válvula de inyección activada por un elemento piezoeléctrico. Además, esta realización puede ser aplicada preferentemente a una válvula de inyección directa que no tiene cámara de control ajustando la variación en el tiempo de retardo de la inyección de combustible  $\tau_d$  como 0 (sin variación).

<Realización 2>

En la segunda realización de la presente invención, en el caso de que la realización de la inyección de combustible se ha terminado antes de que la magnitud de levantamiento de la válvula de aguja 23 alcance el levantamiento completo, la cantidad de combustible inyectado se corrige de acuerdo por un método distinto al método descrito en relación con la primera realización. La figura 10 es un diagrama de bloques que muestra los medios 57 de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado y partes relacionadas en esta realización. En esta realización, la ECU 10 constituye los medios 57a de cálculo de la presión en la cámara de succión y los medios 57b de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado unitario.

Los medios 57 de cálculo de la variación de cantidad de combustible inyectado, están dotados de medios 57a de cálculo de la presión de la cámara de succión para calcular la presión en una cámara de succión 26 formada en el lado que corresponde al extremo del asiento de la válvula en/desde el que se tiene que recibir/separar la válvula de aguja 23, basándose en la presión de combustible detectada por el sensor 11 de presión en el conducto común y la posición de dicha válvula de aguja 23; los medios 57b de cálculo de la variación de cantidad de combustible inyectado unitario para calcular la variación en la cantidad de combustible inyectado por unidad de presión en el cilindro, basándose en la cantidad de combustible inyectado calculada por los medios 55 de cálculo de la cantidad de combustible inyectado que se requiere y la presión de la cámara de succión calculada por los medios 57a de cálculo de la presión en la cámara de succión.

Cuando, de acuerdo con el resultado de la comparación por los medios de comparación 60, la cantidad de combustible inyectado es menor que la cantidad de combustible inyectado estimada, los medios 57 de cálculo de la variación de cantidad de combustible inyectado calculan la variación de la cantidad de combustible inyectado basándose en la variación de la presión en el cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección de la presión el cilindro, con respecto a la presión de referencia en el cilindro y a la variación de la cantidad de combustible inyectado por unidad de presión en el cilindro, calculada por los medios 57b de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado unitario.

La estructura básica del motor de combustión interna de esta realización es la misma que la de la primera realización y las piezas de esta realización, iguales a las de la primera realización, serán designadas por los mismos signos de referencia y se omitirán sus descripciones.

En caso de que la válvula de aguja 23 no llegue a estado completamente levantado, especialmente en el caso en el que se efectúa la inyección de combustible en la situación de un levantamiento reducido, la presión real en el proceso de inyección de combustible (la presión de inyección real) no alcanza la presión del conducto común. En vista de ello, en esta realización, la cantidad de combustible inyectada es conocida basándose en la presión en la

cámara de succión 26 o la llamada presión de la cámara de succión (es decir, la presión realmente aplicada al orificio de inyección (equivalente a la presión de inyección real)).

5 La presión de la cámara de succión está determinada por la posición de levantamiento de la válvula de aguja 23 y la presión real del conducto común detectada por el sensor 11 del conducto común. La posición de levantamiento de la válvula de aguja 23 es determinada por el tiempo y velocidad de levantamiento de la válvula de aguja 23. La velocidad de levantamiento de la válvula de aguja 23 puede ser determinada basándose en las características del caudal que sale de la cámara de control 32 a través del orificio de salida 34a. El movimiento se puede suponer que es un movimiento uniforme, es decir, la velocidad de levantamiento de la válvula de aguja 23 se puede suponer que es sustancialmente constante. Por lo tanto, la presión de la cámara de succión se puede representar como función del tiempo y se puede obtener basándose en el tiempo. Esto corresponde al cálculo de la presión en la cámara de succión 26 por los medios 57a de cálculo de la presión en la cámara de succión.

15 Por lo tanto, si se prepara por adelantado un mapa, por ejemplo, mediante experimentos, para obtener la variación en la cantidad de combustible inyectado por presión unitaria en el cilindro basándose en la cantidad de combustible inyectado requerido, calculado por los medios 55 de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido y la presión en la cámara de succión, es posible calcular la variación de la cantidad de combustible inyectado basándose en la variación de cantidad de combustible inyectado por la presión unitario en el cilindro y la variación en la presión en el cilindro del motor, con respecto a la presión de referencia en el cilindro. El mapa antes mencionado constituye los medios 57b de cálculo de la variación de cantidad de combustible inyectado unitario.

25 De acuerdo con esta realización, dado que la cantidad de combustible inyectado se termina antes de que el levantamiento de la válvula de aguja 23 alcanza el levantamiento completo, se calcula el valor de corrección basándose en la presión de la cámara de succión que es equivalente a la presión de inyección real, se puede realizar una corrección con exactitud mejorada. En relación con este procedimiento, la determinación de si la realización de la inyección de combustible se ha terminado antes de que el levantamiento de la válvula de aguja 23 alcance o no el levantamiento completo, se determina basándose en el resultado de la comparación efectuada por los medios de comparación 60.

30 <Realización 3>

35 En la tercera realización de la presente invención, se lleva a cabo la corrección de la cantidad de combustible inyectado, basándose en la presión del conducto común Pcr y la presión en el cilindro del motor Pcl, a diferencia de la primera realización. De manera específica, cuando la presión en el cilindro del motor Pcl aumenta, se supone que la presión Pcr en el conducto común ha disminuido y el tiempo de inyección de combustible se calcula compensando la variación en la cantidad de combustible inyectado debido a un cambio de la velocidad de inyección basado en la diferencia entre la presión del conducto común Pcr y la presión en el cilindro del motor Pcl. Además, cuando la presión en el cilindro del motor Pcl aumenta, se supone que la presión del conducto común Pcr ha aumentado y se calcula la variación en el tiempo de inicio de la inyección de combustible basándose en la suma de la presión del conducto común Pcr y la presión en el cilindro del motor Pcl.

La figura 11 es un diagrama de bloques del aparato para el control de la inyección de combustible de esta realización.

45 Tal como se ha mostrado en la figura 11, el aparato para el control de la inyección de combustible, de acuerdo con esta realización, está dotado de medios 51 de cálculo del periodo de tiempo, medios 52 para el cálculo de la variación del tiempo de inicio y medios de control 53.

50 Los medios 51 de cálculo del periodo de tiempo calculan el periodo de tiempo de inyección de combustible corregido para compensar la variación de la cantidad de combustible inyectado provocada por la variación de la velocidad de inyección de combustible debido a la variación de la presión en el cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección de presión en el cilindro con respecto a una presión en el cilindro de referencia almacenada de antemano.

55 Los medios 52 de cálculo de la variación del tiempo de inicio calculan la variación en el tiempo de inicio de la inyección de combustible a la presión del cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección de la presión en el cilindro, con respecto al tiempo de inicio de la inyección de combustible en la presión del cilindro de referencia que se describe más adelante.

60 Los medios de control 53 controlan el periodo de tiempo durante el que se inyecta combustible desde la válvula de inyección de combustible 8, basándose en el periodo de tiempo de inyección de combustible calculado por los medios 51 de cálculo de periodo de tiempo y la variación del tiempo de inicio de la inyección de combustible, calculado por los medios 52 de cálculo de la variación del tiempo de inicio.

65 El aparato para el control de la inyección de combustible, de acuerdo con esta realización, está dotado además, de un sensor de presión 11 del conducto común para detectar la presión del combustible a alta presión suministrada a la válvula de inyección de combustible 8; los medios 54 que almacenan la característica de la cantidad de inyección

de combustible para almacenar una característica, en relación con el tiempo de apertura de la válvula de la inyección de combustible 8, de la cantidad de combustible inyectado por la válvula de inyección de combustible 8 durante el tiempo de apertura de la válvula de acuerdo con la presión del combustible a alta presión suministrado a la válvula de inyección de combustible 8; medios 55 para el cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido para calcular la cantidad de combustible inyectada deseada, basándose en el estado de funcionamiento del motor de combustión interna; los primeros medios 65 de cálculo de la presión virtual del combustible para calcular una primera presión virtual del combustible restado la variación en la presión en el cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección de presión en el cilindro con respecto a la presión de referencia en el cilindro a partir de la presión del combustible detectada por el sensor 11 de presión en el conducto común; los segundos medios 66 para el cálculo de la presión virtual del combustible para calcular una segunda presión virtual del combustible por adición de la variación en la presión en el cilindro detectada o estimada por los medios 61 de detección de la presión en el cilindro, con respecto a la presión de referencia en el cilindro a la presión de combustible detectada por el sensor 11 de presión en el conducto común; los medios 67 de cálculo del tiempo de retraso de la inyección para calcular tiempo de retardo de la inyección a partir del tiempo en el que se ha generado una señal para apertura de la válvula de inyección de combustible 8 al tiempo en el que se ha iniciado la inyección de combustible por la válvula de inyección de combustible 8, basándose en la presión de combustible detectada por el sensor 11 de presión en el conducto común.

Los medios 51 de cálculo del periodo de tiempo calculan el periodo de tiempo de inyección de combustible utilizando los medios 54 de almacenamiento de la característica de la cantidad de inyección de combustible, basándose en la primera presión virtual de combustible calculada por los primeros medios de 65 de cálculo de la presión virtual del combustible y la cantidad de combustible inyectada calculada por los medios 55 de cálculo de la cantidad de combustible inyectado.

Los medios 52 de cálculo de la variación de tiempo de inicio calculan, por medio de los medios 67 de cálculo del tiempo de retraso de la inyección de combustible, un tiempo de retardo de la inyección de combustible para la presión de combustible detectada por el sensor de presión 11 del conducto común y un tiempo de retraso de la inyección de combustible para la segunda presión virtual de combustible calculada por los segundos medios 66 de cálculo de la presión virtual de combustible y calcula la variación del tiempo de inicio de la inyección de combustible a partir de la diferencia entre estos retrasos de inyección.

En esta realización, la ECU 10 constituye los primeros medios 65 de cálculo de la presión virtual de combustible, los segundos medios 66 de cálculo de la presión virtual de combustible y los medios 67 de cálculo del tiempo de retardo de la inyección. La estructura básica del motor de combustión interna 1 de esta realización es la misma que la de la primera realización y las piezas de esta realización iguales a las de la primera realización se designarán por los mismos signos de referencia y se omitirá su descripción.

La figura 12 muestra un mapa  $\tau$ -Q que sirve como medios 54 de almacenamiento de la característica de la cantidad de inyección de combustible en esta realización.

En la figura 12, la curva de línea continua indica la característica  $\tau$ -Q a la presión del conducto común  $P_{cr}$  (es decir, a la presión  $P_{cl}$  de referencia en el cilindro). Cuando la cantidad de combustible inyectado requerido es Q, el tiempo de suministro de potencia para alcanzar la cantidad de inyección de combustible requerida Q a la presión del conducto común  $P_{cr}$  (a la presión de referencia en el cilindro  $P_{cl}$ ) determinada a partir de la característica  $\tau$ -Q indicada por la línea continua de la figura 12 es  $\tau_1$ .

En la figura 12, la línea discontinua indica la característica  $\tau$ -Q para la primera presión virtual del conducto común ( $P_{cr}-\Delta P_{cl}$ ) obtenida al restar la diferencia  $\Delta P_{cl}$  de la presión en el cilindro del motor  $P_{cl}$  y la presión  $P_{cl}$  de referencia en el cilindro a partir de la presión en el conducto común  $P_{cr}$  bajo la condición de que la presión en el cilindro del motor  $P_{cl}$  se aplica a la presión  $P_{cr}$  en el conducto común. El tiempo de suministro de potencia para alcanzar la cantidad de inyección de combustible que se requiere Q a la primera presión virtual de conducto común ( $P_{cr}-\Delta P_{cl}$ ) determinada a partir de la característica  $\tau$ -Q indicada por la curva de trazos de la figura 12, es  $\tau_2$ .

Tal como se ha indicado en lo anterior, dado que en estado de funcionamiento estacionario el caudal a través del orificio de inyección puede ser determinado basándose en la diferencia de presión entre el interior y el exterior, se puede conseguir la inyección con una cantidad de combustible inyectada requerida al sustituir la presión de conducto común por la diferencia de presión entre la presión del conducto común y la presión en el cilindro del motor como presión virtual del conducto común de manera directa. Por lo tanto, en el estado de funcionamiento estacionario, no requiere cálculo adicional para corrección, y difícilmente puede tener lugar errores de cálculo. La utilización de la diferencia de presión entre la presión en el conducto común y la presión en el cilindro del motor como presión virtual del conducto común corresponde al cálculo de la primera presión virtual del combustible por los primeros medios 65 de cálculo de la presión virtual del combustible.

No obstante, la variación del tiempo de inicio de la inyección de combustible no se corrige, aunque la diferencia de presión es sustituida por la presión en el conducto común. La razón de ello es que en el momento de la apertura de

la válvula de aguja 23, el área sobre la que actúa la presión en el cilindro es reducida en comparación con el área sobre la que actúa la presión de combustible y, dado que la velocidad de disminución de la presión del líquido en la cámara de control 32 varía dependiendo de la presión en el conducto común.

5 Teniendo en cuenta lo anterior, en esta realización se efectúa la corrección del tiempo de inicio de la inyección de combustible de la manera siguiente.

10 La figura 13 muestra la relación entre la presión en el conducto común  $P_{cr}$  y el tiempo de retardo de la inyección de combustible  $\tau_d$  en esta realización. El mapa que contiene esta relación constituye los medios 67 de cálculo del tiempo de retardo de la inyección de combustible.

15 A partir de la relación mostrada en la figura 13, la diferencia de tiempo  $\Delta\tau_d$  entre el tiempo de retardo de la inyección del combustible y la presión del conducto común  $P_{cr}$  y el tiempo de retardo de la inyección de combustible a una segunda presión virtual del conducto común ( $P_{cr} + \Delta P_{cl}$ ) obtenida por adición de la diferencia  $\Delta P_{cl}$  de la presión en el cilindro del motor  $P_{cl}$  y la presión de referencia en el cilindro  $P_{cl}'$  con respecto a la presión en el conducto común  $P_{cr}$ .

20 Se indica en forma de línea de trazos en la figura 12 una característica  $\tau$ -Q en la que la diferencia  $\Delta\tau_d$  entre el tiempo de retardo de la inyección de combustible a la presión del conducto común  $P_{cr}$  y el tiempo de retardo de la inyección de combustible a la segunda presión virtual del conducto común ( $P_{cr} + \Delta P_{cl}$ ) ha sido compensada tal como se ha indicado por la línea de trazos de la figura 12. En este caso, el tiempo de suministro de potencia para conseguir la cantidad Q de combustible inyectado que se requiere es  $\tau_3$ . El tiempo  $\tau_3$  de suministro de potencia, puede ser representado por la siguiente fórmula (15).

$$\tau_3 = \tau_2 - \Delta\tau_d \quad \text{-- (15)}$$

25 Cuando el tiempo de suministro de potencia final determinado de este modo es aplicado como tiempo de suministro de potencia para la válvula 8 de inyección de combustible, la inyección de combustible puede ser realizada con una exactitud mejorada en la cantidad de combustible inyectado. El proceso anteriormente descrito, para obtener la  
30 segunda presión virtual del conducto común ( $P_{cr} + \Delta P_{cl}$ ) por suma de la diferencia  $\Delta P_{cl}$  de la presión en el cilindro del motor  $P_{cl}$  y la presión de referencia en el cilindro  $P_{cl}'$  a la presión de conducto común  $P_{cr}$  corresponde al cálculo de la segunda presión virtual de combustible por segundos medios 66 de cálculo de la presión virtual.

Aplicabilidad industrial

35 De acuerdo con la presente invención, es posible controlar la cantidad de combustible inyectado que varía con los cambios de la presión en el cilindro con una exactitud mejorada y es posible conseguir una cantidad de combustible inyectado objetivo con independencia del estado de funcionamiento del motor de combustión interna.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato para el control de la inyección de combustible, para un motor de combustión interna, dotado de una válvula para la inyección de combustible para inyectar de forma directa combustible a alta presión, suministrado por medios de suministro de combustible a alta presión a un cilindro, que comprende:

medios de detección de la presión en el cilindro para detectar o estimar la presión en el cilindro de dicho cilindro;

medios para el cálculo del periodo de tiempo para calcular el periodo de tiempo de inyección de combustible a lo largo del cual se inyecta el combustible desde dicha válvula de inyección de combustible, siendo corregido el periodo de tiempo de inyección de combustible para compensar la variación en la cantidad de combustible inyectado, provocada por la variación de la velocidad de inyección de combustible debida a la variación de la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de presión en el cilindro con respecto a una presión de referencia en el cilindro que se ha almacenado por adelantado;

medios de cálculo de la variación del tiempo de inicio para calcular la variación en el tiempo de inicio de la inyección de combustible a la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de presión en el cilindro con respecto al tiempo de inicio de la inyección a dicha presión de referencia en el cilindro;

medios de control para controlar el periodo de tiempo a lo largo del cual se inyecta combustible desde dicha válvula de inyección de combustible, basado en el periodo de tiempo de inyección de combustible calculado por dichos medios de cálculo del periodo de tiempo y la variación en el tiempo de inicio de la inyección de combustible calculada por dichos medios de cálculo de la variación del tiempo de inicio.

2. Aparato para el control de la inyección de combustible para un motor de combustión interna, según la reivindicación 1, que comprende además:

medios de detección de la presión del combustible para detectar la presión del combustible a alta presión suministrado a dicha válvula de inyección de combustible por dichos medios de suministro del combustible a alta presión;

medios de almacenamiento de la característica de cantidad de inyección de combustible para almacenar una característica en relación con el tiempo de apertura de la válvula de dicha válvula de inyección del combustible, de la cantidad de combustible inyectado por dicha válvula de inyección de combustible durante el periodo de apertura de la válvula, de acuerdo con la presión en el combustible a alta presión suministrado a dicha válvula de inyección de combustible por dichos medios de suministro de combustible a alta presión;

medios de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido para calcular la cantidad de inyección de combustible deseada, basándose en el estado de funcionamiento del motor de combustión interna;

medios para el cálculo de la velocidad de inyección para calcular la velocidad de inyección de combustible basada en la presión del combustible detectada por dichos medios de detección de la presión del combustible y la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión en el cilindro;

medios para el cálculo de la variación de la cantidad de inyección de combustible para calcular la variación en la cantidad de combustible inyectado provocada por la variación en una segunda velocidad de inyección de combustible calculada por dichos medios de cálculo de la velocidad de inyección de combustible, basándose en la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión en el cilindro con respecto a una primera velocidad de inyección de combustible calculada por dichos medios de cálculo de la velocidad de inyección de combustible basándose en dicha presión de referencia en el cilindro;

medios de cálculo del coeficiente para el cálculo de una variación del tiempo de retardo de inyección de combustible por presión unitaria en el cilindro para la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de la presión del combustible;

en el que dichos medios para el cálculo del periodo de tiempo calculan el periodo de tiempo para la inyección de combustible utilizando dichos medios de almacenamiento de la característica de la cantidad de inyección de combustible, basándose en la variación de la cantidad de combustible inyectado, calculada por dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado y la cantidad de combustible inyectado calculada por dichos medios de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido,

dichos medios de cálculo de la variación de tiempo de inicio calculan la variación del tiempo de inicio de la inyección de combustible basándose en la variación de la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión en el cilindro con respecto a dicha presión de referencia en el cilindro y a la variación calculada por dichos medios de cálculo del coeficiente.

3. Aparato para el control de la inyección de combustible para un motor de combustión interna, según la reivindicación 2, que comprende además:

una válvula de aguja dispuesta en dicha válvula para la inyección de combustible que se desplaza en dirección axial para llevar a cabo las operaciones de apertura y cierre de la válvula;

medios de estimación de la cantidad de combustible inyectado para estimar cuándo se inicia la inyección de combustible por dicha válvula de inyección de combustible, la cantidad de combustible inyectado desde el inicio de la operación de apertura de válvula de dicha válvula de aguja hasta que dicha válvula de aguja alcanza la situación de apertura completa, basándose en la presión de combustible detectada por dichos

5 medios de detección de la presión de combustible y la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión en el cilindro;  
medios de comparación para comparar la cantidad de combustible estimado estimada por dichos medios de estimación de la cantidad de combustible inyectada y la cantidad de combustible inyectado calculada por

10 dichos medios de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido,  
en el que dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado calculan la variación en la cantidad de combustible inyectado utilizando diferentes procesos de cálculo, de acuerdo con el resultado de la comparación por dichos medios de comparación, entre el caso en el que dicha cantidad de combustible inyectado es menor que dicha cantidad de combustible estimada y el caso en el que dicha cantidad de combustible inyectado es superior o igual a dicha cantidad de combustible estimada.

15 **4.** Aparato para el control de la inyección de combustible para un motor de combustión interna, según la reivindicación 2 ó 3, en el que dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado calculan la variación de la cantidad de combustible inyectado modelando el cambio a lo largo del tiempo de la velocidad de inyección de combustible como polígono en un sistema de coordenadas y calculando el cambio del área de dicho polígono.

20 **5.** Aparato para el control de la inyección de combustible para un motor de combustión interna, según la reivindicación 3, en el que dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado comprenden además:

25 medios de cálculo de la presión en la cámara de succión para calcular la presión en una cámara de succión formada en el extremo de un asiento de válvula sobre/desde la que dicha válvula de aguja tiene que ser recibida/retirada, basándose en la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de la presión del combustible y la posición de dicha válvula de aguja;

30 medios para el cálculo de la variación de la cantidad unitaria de inyección de combustible para calcular la variación en la cantidad de combustible inyectado por presión unitaria en el cilindro, basándose en la cantidad de combustible inyectado calculada por dichos medios de cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido y la presión en la cámara de succión calculada por dichos medios de cálculo de la presión en la cámara de succión;

35 en el que cuando, de acuerdo con el resultado de la comparación por dichos medios de comparación, dicha cantidad de combustible inyectado es menor que dicha cantidad de combustible inyectado estimada, dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de combustible inyectado calculan la variación de la cantidad de combustible inyectado, basándose en la variación de la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión en el cilindro con respecto a dicha presión de referencia en el cilindro, y la variación de la cantidad de combustible inyectado por presión unitaria en el cilindro calculada por dichos medios de cálculo de la variación de la cantidad de de combustible inyectado unitario.

40 **6.** Aparato para el control de la inyección de combustible para un motor de combustión interna, según la reivindicación 1, que comprende además:

45 medios de detección de la presión de combustible para detectar la presión del combustible a alta presión suministrado a dicha válvula de inyección de combustible por dichos medios de suministro de combustible a alta presión;

50 medios de almacenamiento de la característica de la cantidad de combustible inyectado para almacenar una característica, en relación con el tiempo de apertura de la válvula de dicha válvula de inyección de combustible, de la cantidad de combustible inyectado por dicha válvula de inyección de combustible durante el tiempo de apertura de la válvula de acuerdo con la presión del combustible a alta presión, suministrado a dicha válvula de inyección de combustible por dichos medios de suministro del combustible a alta presión;

55 medios para el cálculo de la cantidad de combustible inyectado requerido para calcular la cantidad de combustible inyectado deseada, basándose en el estado funcional del motor de combustión interna;

60 primeros medios para el cálculo de la presión virtual de combustible para calcular una primera presión virtual de combustible por sustracción de la variación de la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de la presión en el cilindro, con respecto a dicha presión de referencia en el cilindro a partir de la presión del combustible, detectada por dichos medios de detección de la presión de combustible;

65 segundos medios de cálculo de la presión virtual del combustible para calcular una segunda presión virtual de combustible por adición de la variación en la presión en el cilindro detectada o estimada por dichos medios de detección de presión en el cilindro respecto a dicha presión de referencia en el cilindro con respecto a la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de presión del combustible;

5 medios de cálculo del retardo de tiempo de inyección para calcular el retardo del tiempo de inyección desde el momento en el que se ha generado una señal para la apertura de dicha válvula de inyección de combustible al momento en el que se ha iniciado la inyección de combustible por dicha válvula de inyección de combustible, basándose en la presión del combustible detectada por dichos medios de detección de la presión del combustible,

10 en el que dichos medios de cálculo del periodo de tiempo calculan el periodo de tiempo de inyección de combustible utilizando dichos medios de almacenamiento de la característica de inyección del combustible, basándose en la primera presión virtual de combustible, calculada por dichos primeros medios de cálculo de la presión virtual de combustible, y la cantidad de combustible inyectado calculada por dichos medios de cálculo de la cantidad de combustible inyectado, y

15 dichos medios de cálculo de la variación de tiempo de inicio calculan, por medio de dichos medios de cálculo del tiempo de retardo de la inyección de combustible, un tiempo de retardo de la inyección de combustible para la presión de combustible detectada por dichos medios de detección de la presión de combustible y un tiempo de retardo de la inyección de combustible para la segunda presión virtual de combustible calculada por dichos segundo medios de cálculo de la presión virtual del combustible y calcula la variación del tiempo de inicio de la inyección a partir de la diferencia entre estos dos tiempos de retardo de la inyección.

**FIG. 1**

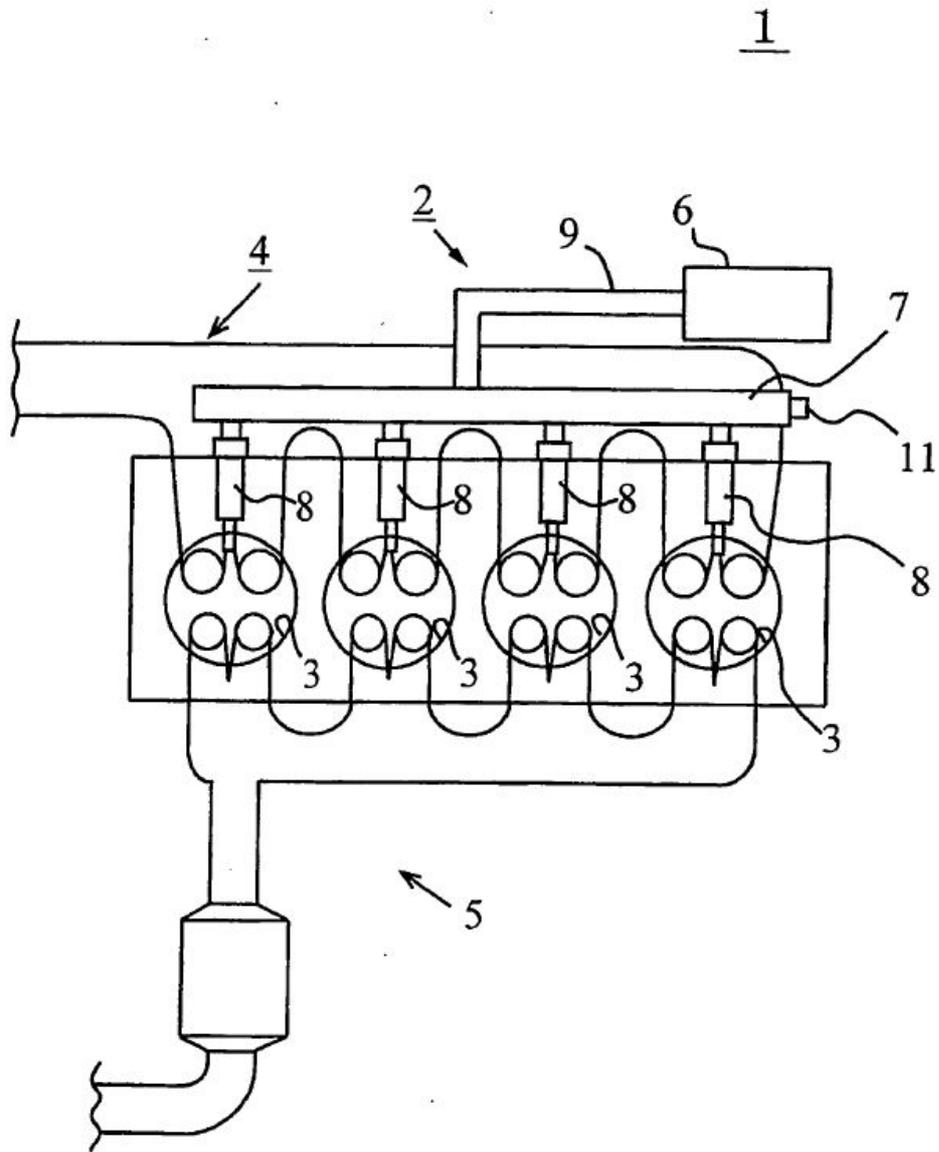


FIG. 2

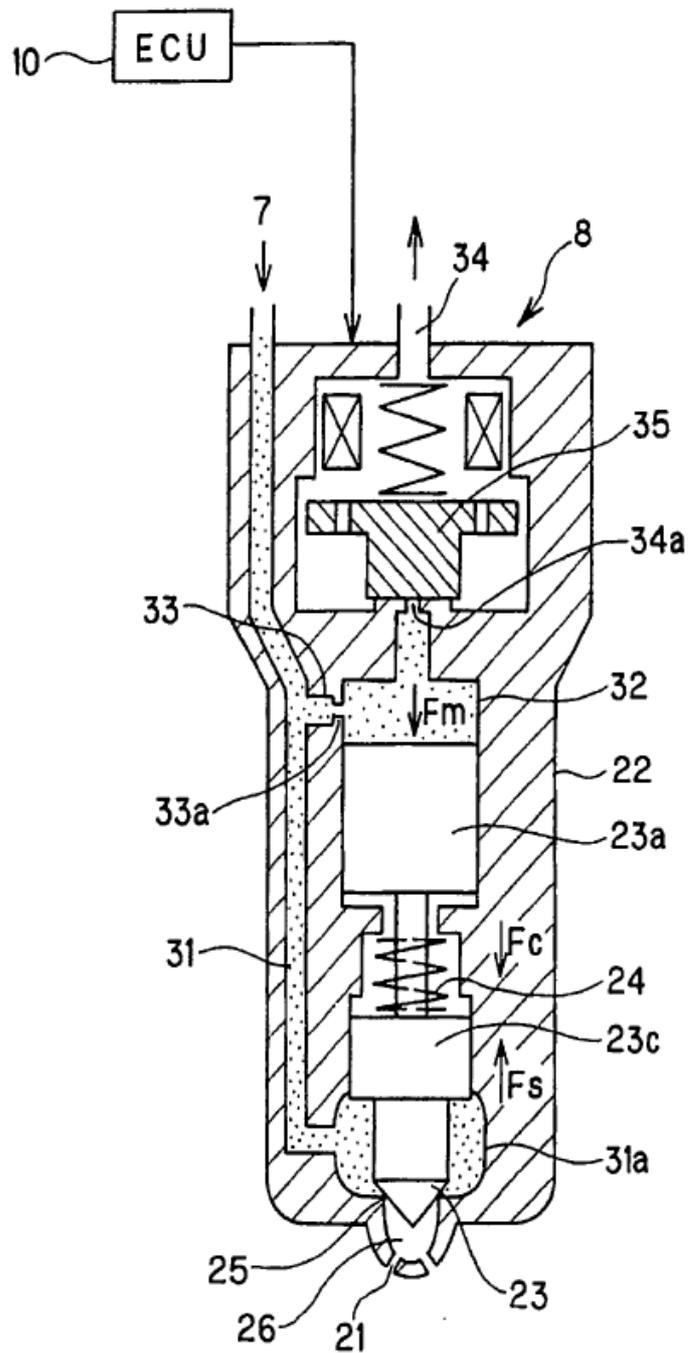
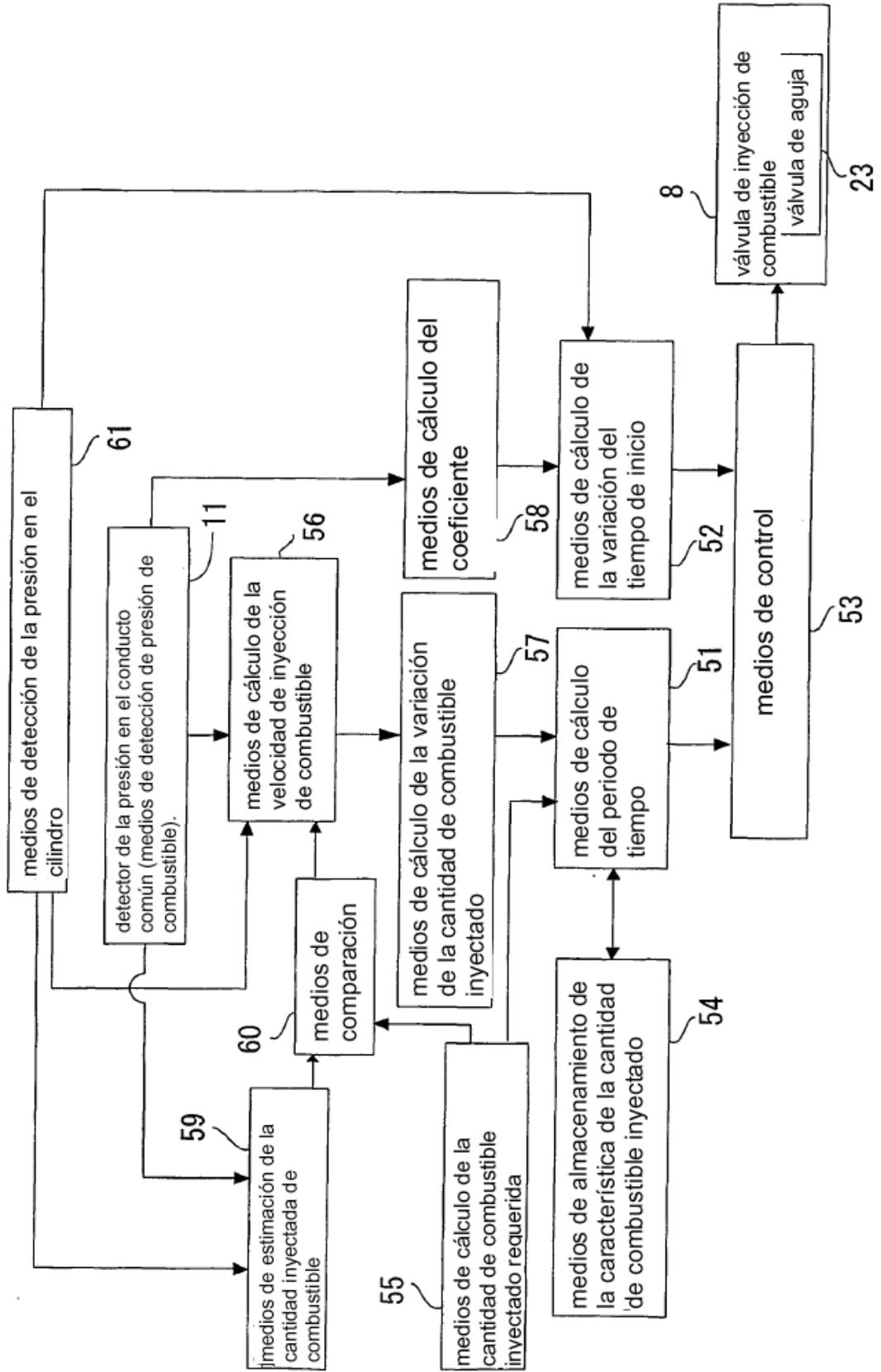
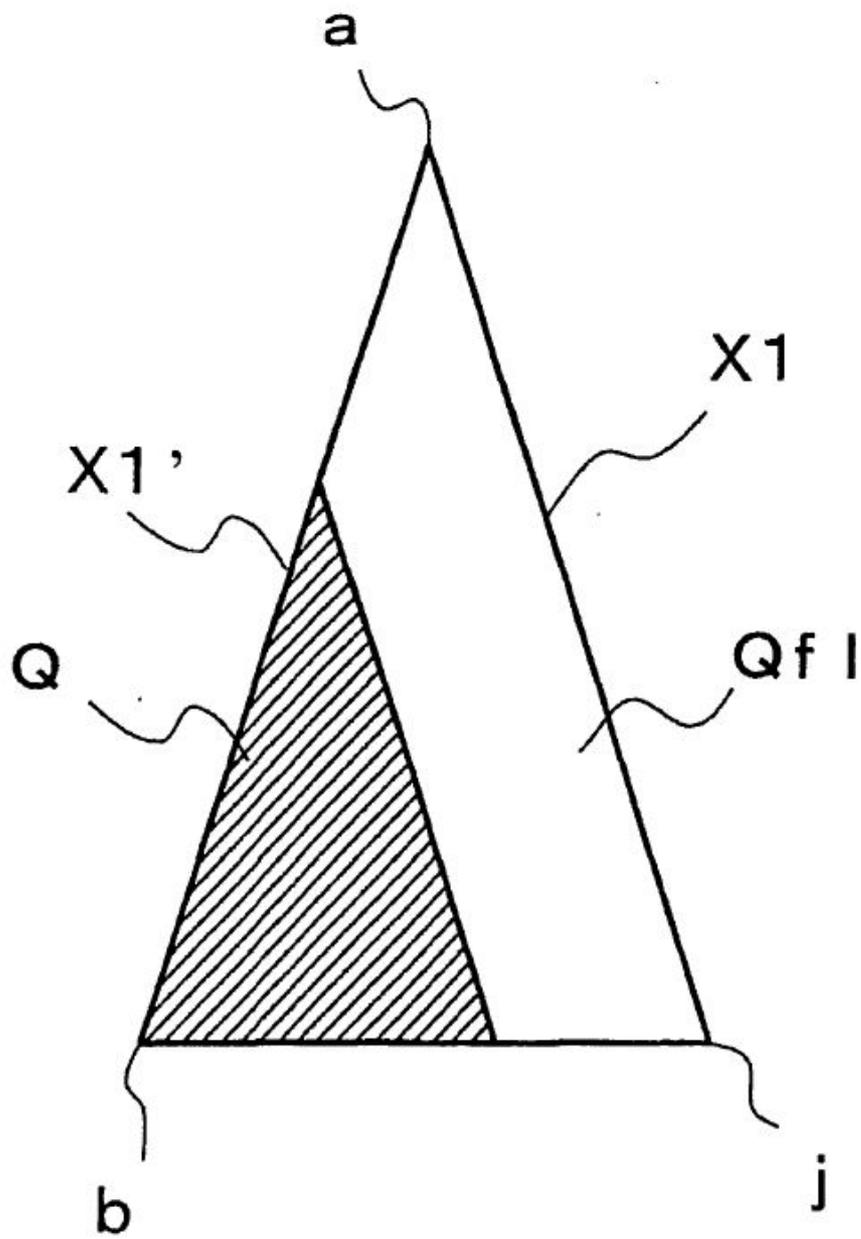


FIG. 3

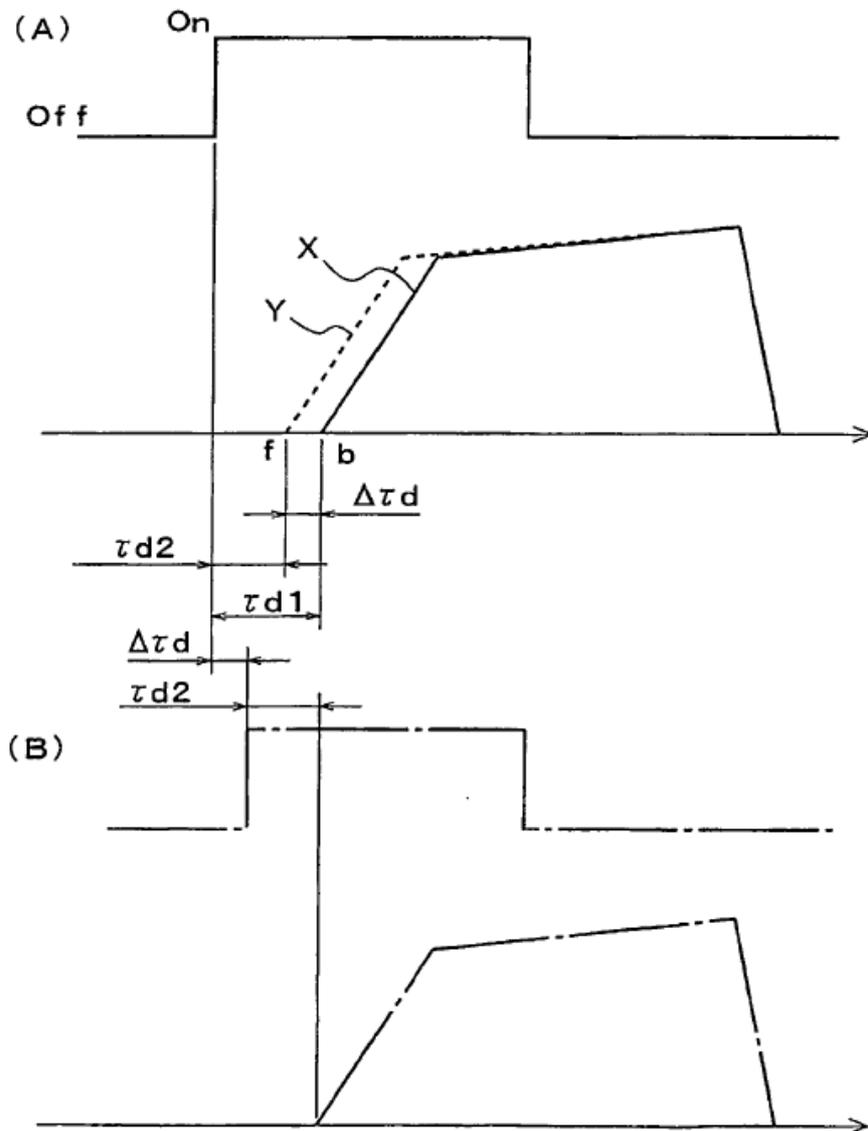




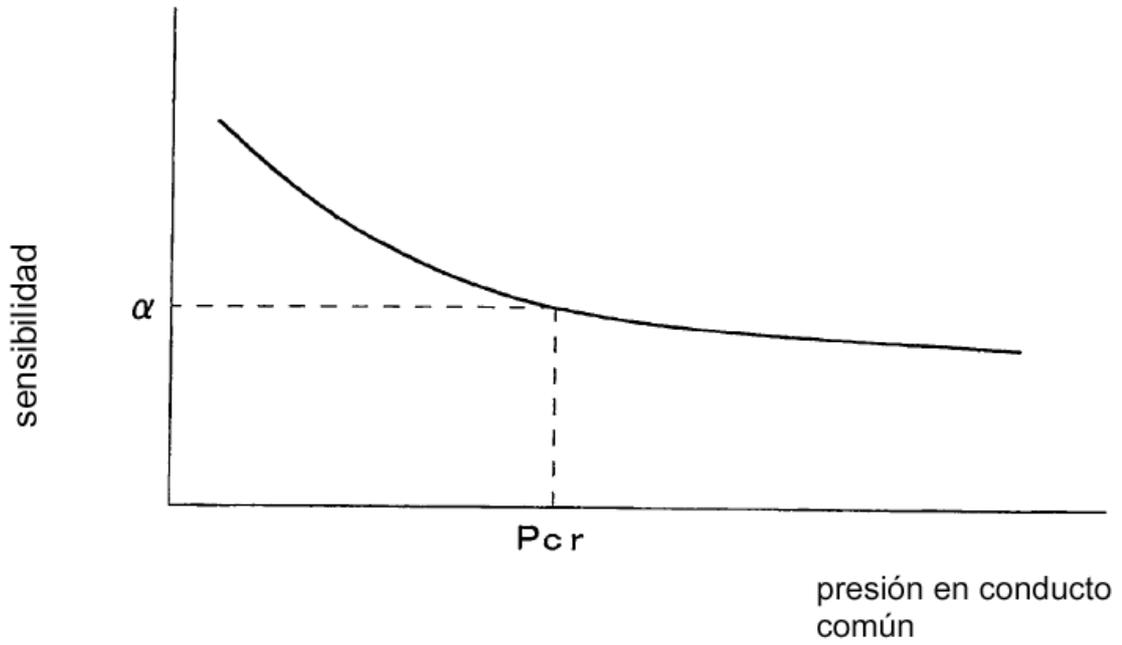
**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**

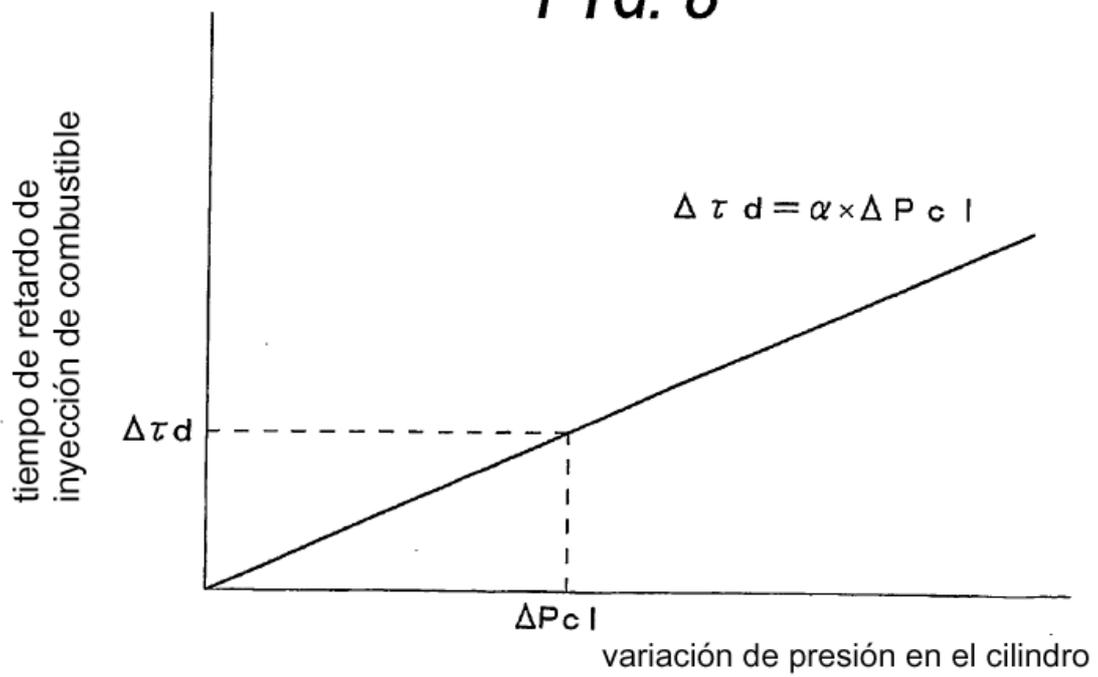


FIG. 9

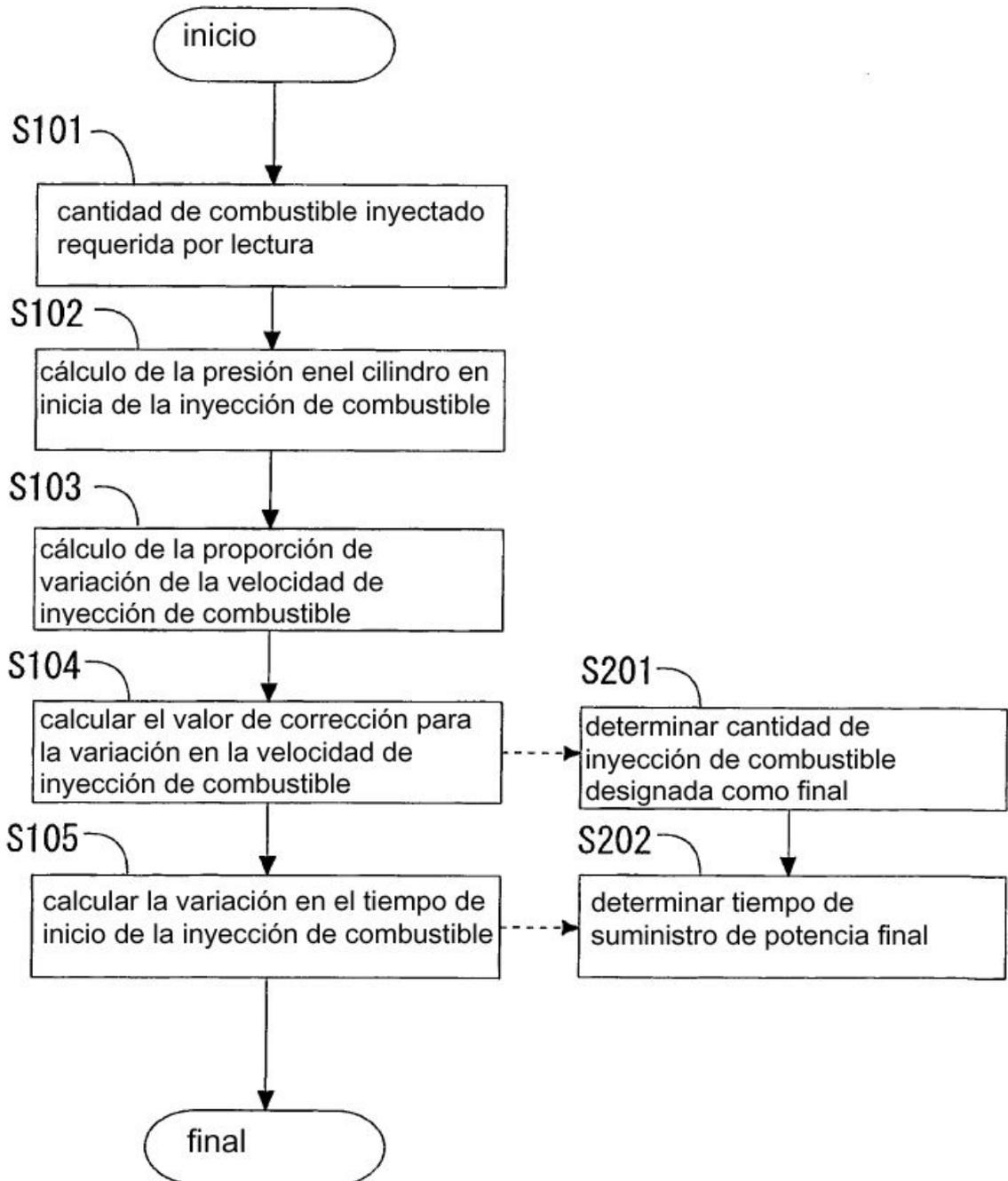


FIG. 10

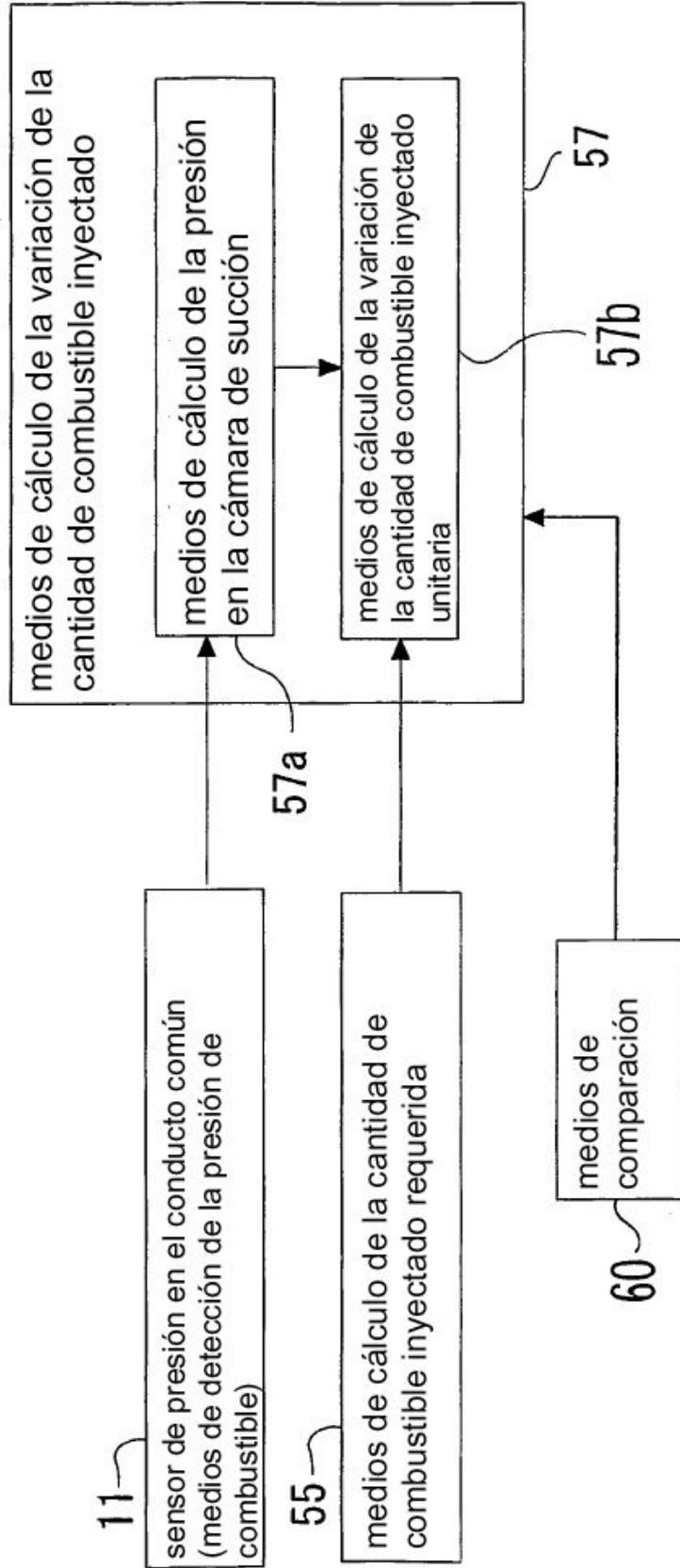
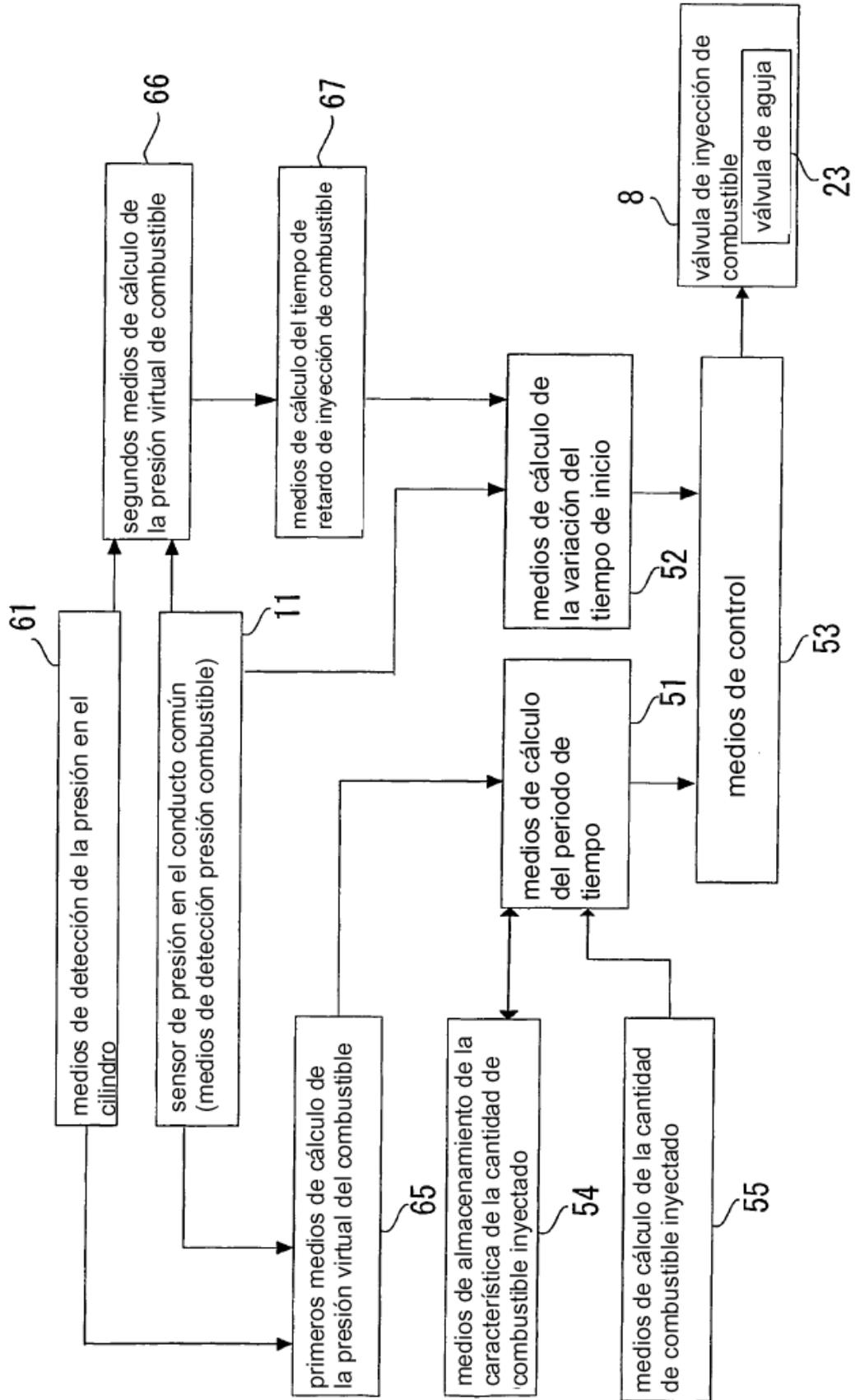
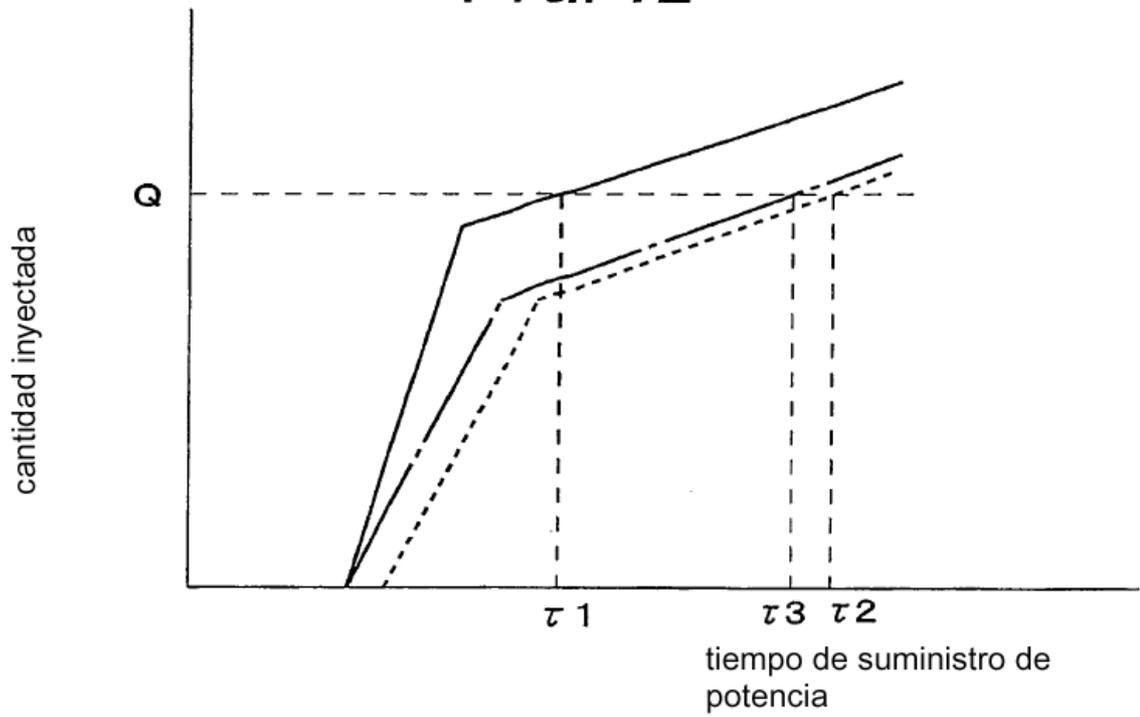


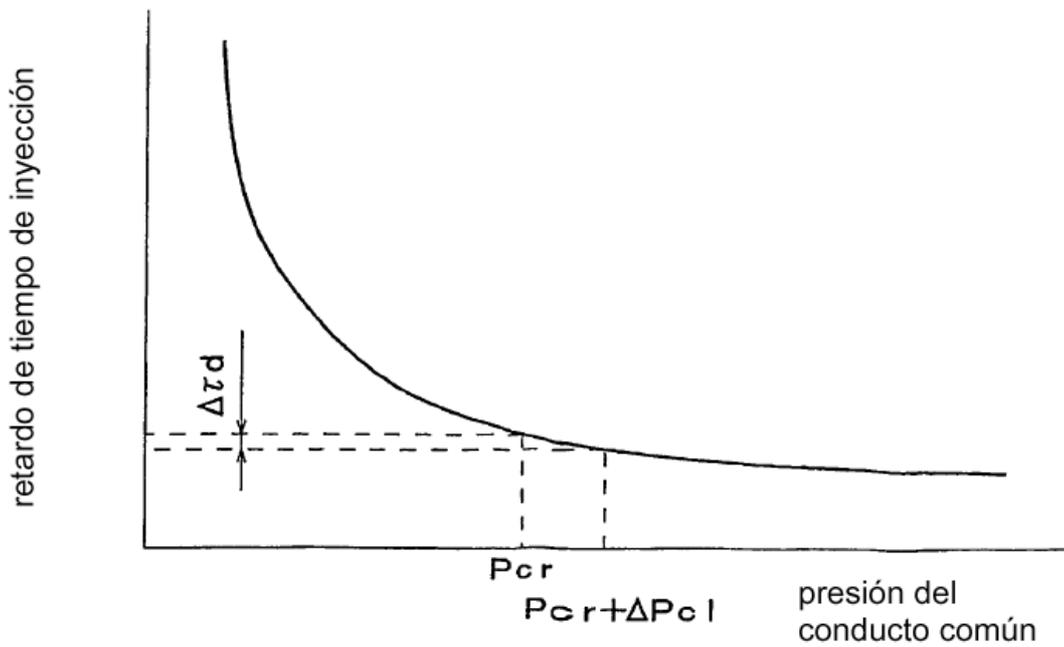
FIG. 11



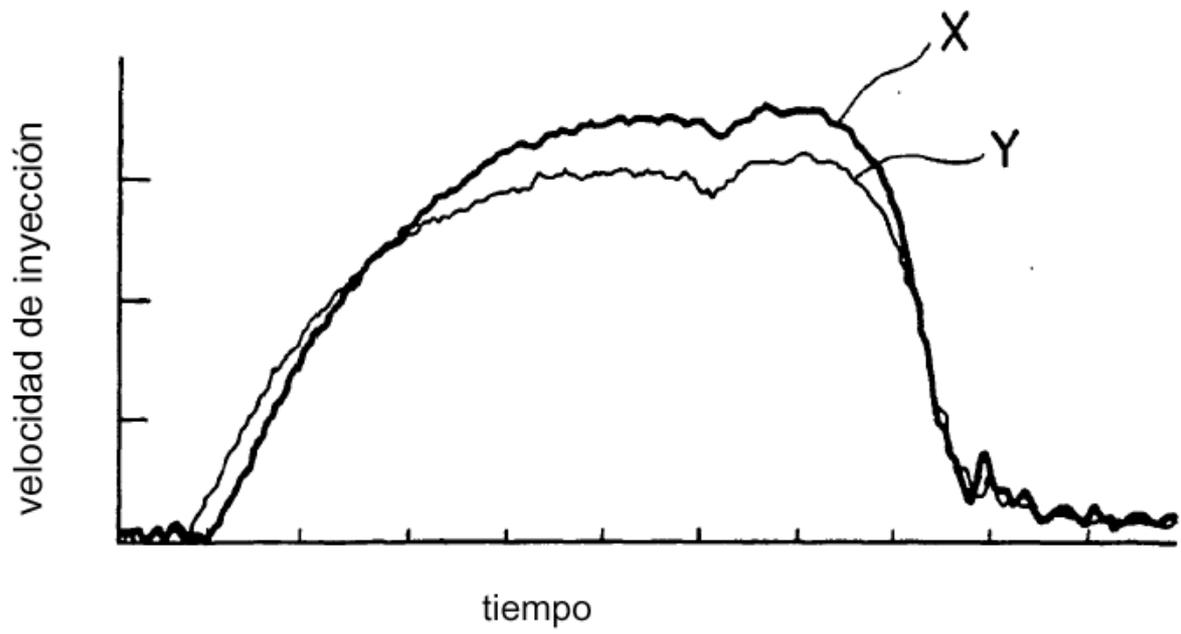
**FIG. 12**



**FIG. 13**



*FIG. 14*



**FIG. 15**

