(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 621 134**

(51) Int. CI.:

F02D 41/40 (2006.01)
F02D 41/14 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2006 E 06115820 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 1736659**

(54) Título: **Aparato de control de inyección de combustible para motor de combustión interna**

(30) Prioridad:

22.06.2005 JP 2005182117
29.07.2005 JP 2005221476
12.05.2006 JP 2006133801

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.07.2017

(73) Titular/es:

DENSO CORPORATION (100.0%)
1-1, Showa-cho
Kariya-city, Aichi-pref., 448-8661, JP

(72) Inventor/es:

ISHIZUKA, KOJI;
NAKATA, KENICHIRO y
KAWAMURA, JUN

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

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

DESCRIPCIÓN

Aparato de control de inyección de combustible para motor de combustión interna

La presente invención se refiere a un aparato de control de inyección para un motor de combustión interna. Especialmente, el aparato lleva a cabo un control en el que se restringe la dispersión en la velocidad de rotación del cigüeñal entre cilindros.

Una diferencia individual del inyector o una dispersión en la temporización de una válvula de admisión/escape puede provocar la dispersión en la velocidad de rotación de cada cilindro. El documento JP-6-50077B muestra cómo se corrige la cantidad de la inyección para promediar la velocidad de rotación de cada cilindro mediante la detección de la variación en la velocidad de rotación (una velocidad del ángulo de rotación). Sin embargo, esta corrección de la cantidad de la inyección de combustible solo se lleva a cabo cuando el motor está estable, por ejemplo al ralentí. Es decir, cuando el motor está funcionando a diferentes velocidades, no se puede corregir la dispersión en la velocidad de rotación entre cilindros, de modo que pueden aumentar las emisiones y se puede deteriorar la conducción.

El documento JP-8-218924A muestra que dos filtros filtran la señal de velocidad de rotación en diferentes frecuencias. Se detectan al menos dos valores de operación estables, y valores de operación estables objetivo que dependen inherentemente de las frecuencias, y una desviación de control de una frecuencia natural. Específicamente, se utiliza un filtro paso banda (BPF, band pass filter) cuya frecuencia central es una frecuencia del árbol de levas, una frecuencia del cigüeñal, y la mitad de una frecuencia de ignición. Se introduce la señal de velocidad de rotación en el filtro paso banda. Basándose en la salida del filtro, se totalizan las desviaciones de control y se controla la salida del motor basándose en el valor totalizado. Cuando surge dispersión en la velocidad del cigüeñal entre cilindros, se calcula esta dispersión como una desviación de control para determinar si la velocidad del cigüeñal tiende a ser alta o baja en vista relativa a cada cilindro. Se ajusta la cantidad de la inyección de combustible para reducir la dispersión de la velocidad del cigüeñal entre cilindros. Sin embargo, no se puede obtener la desviación absoluta con relación al valor ideal. Por tanto, no se controla adecuadamente el estado de combustión de cada cilindro. Por ejemplo, cuando la velocidad del cigüeñal con respecto de cada cilindro se desvía de la velocidad ideal en la misma dirección, apenas se lleva a cabo el control adecuado.

En el documento US-4532592 se muestra otro ejemplo de control de inyección de combustible.

La presente invención se lleva a cabo en vista de lo anterior y un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato de control de inyección de combustible capaz de corregir una dispersión de la velocidad de rotación del cigüeñal entre cilindros en toda la región de conducción del motor de combustión interna.

De acuerdo con la presente invención, este objeto se consigue mediante un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 así como un método de control de inyección de combustible de acuerdo con la reivindicación 17.

Otras características y modificaciones ventajosas se muestran en las reivindicaciones dependientes.

Los anteriores y otros objetos, elementos y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada hecha con referencia a las figuras adjuntas, en las que partes similares se designan mediante números de referencia similares y donde:

La Figura 1 es una vista esquemática que muestra un sistema de control de motor.
Las Figuras 2A y 2B son gráficos temporales que muestran una transición de una velocidad de rotación de cada cilindro.
La Figura 3 es un gráfico de bloques que muestra un bloque de control para calcular una carga de trabajo de cada cilindro.
La Figura 4 es un gráfico temporal que muestra una velocidad de rotación, un valor correspondiente a un par actual, y una carga de trabajo de cada cilindro.
La Figura 5 es un gráfico de flujo que muestra un proceso de cálculo de un valor de aprendizaje de cada cilindro.
La Figura 6 es un gráfico de flujo que muestra un proceso de control de inyección de combustible.
La Figura 7 es una gráfica temporal que muestra una transición de un valor que corresponde a un par actual con una combustión en un cilindro específico.
La Figura 8 es una gráfica de flujo que muestra un proceso de estimación de temporización del inicio de inyección de combustible.
La Figura 9 es un gráfico de flujo que muestra un proceso de cálculo de la carga de trabajo de combustión de cada cilindro.
Las Figuras 10A-10E son gráficos temporales que muestran una velocidad de rotación, un par de combustión, un par de inercia, un par de carga, y un valor correspondiente a un par actual.
La Figura 11 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para corregir una dispersión en la cantidad de inyección de combustible entre cilindros.

La Figura 12 es un diagrama de bloques que muestra un bloque de control para corregir una dispersión entre cilindros.
La Figura 13 es un diagrama que muestra una forma de onda de una velocidad de rotación actual de cada cilindro.
La Figura 14 es un gráfico que muestra una dispersión en la cantidad de inyección de combustible entre cilindros.
La Figura 15 es un mapa de datos que tiene ejes de coordenadas de una velocidad de rotación de motor y una cantidad de inyección de combustible.
La Figura 16 es un mapa de datos que tiene ejes de coordenadas de una presión de conducto común y una cantidad de inyección de combustible.

A continuación se describirán en este documento realizaciones de la presente invención haciendo referencia a las figuras.

(Primera realización)
La Figura 1 es una vista esquemática de un sistema de inyección de combustible de conducto común. Un motor 10 diesel multi-cilindro está dotado de un inyector 11 de combustible electromagnético para cada cilindro, que se comunica con un conducto 12 común. Una bomba 13 de alta presión suministra combustible a alta presión al conducto 12 común. El conducto 12 común acumula combustible a alta presión cuya presión corresponde a la presión de inyección. El motor 10 acciona la bomba 13 de alta presión. La bomba 13 de alta presión está dotada de una válvula 13a de control de succión. Una bomba 14 de alimentación bombea combustible de un tanque 15 de combustible. La válvula 13a de control de succión está accionada electromagnéticamente para ajustar una cantidad del combustible que se suministra a la bomba 13 de alta presión.

El conducto 12 común está dotado de un sensor 16 de presión de conducto común que detecta la presión de combustible en el conducto 12 común. El conducto 12 común también está dotado de una válvula de seguridad (no mostrada) que alivia un exceso de presión en el conducto 12 común.

Un sensor 18 de velocidad está dispuesto en la cercanía de un cigüeñal 17 del motor 10 para detectar una velocidad de rotación del cigüeñal 17. El sensor 18 de velocidad es, por ejemplo, un sensor de adquisición electromagnético que genera señales de pulso (pulso NE) representativos de la velocidad de rotación del cigüeñal 17. En esta realización, un intervalo angular del pulso NE es 30ºCA, de modo que se puede detectar la velocidad de rotación cada 30ºCA.

Un ECU 20 incluye un microcomputador que comprende CPU, ROM, RAM, EEPROM. El ECU 20 recibe señales detectadas por el sensor 16 de presión de conducto común y el sensor 18 de velocidad y otras señales representativas de la posición del acelerador y la velocidad del vehículo. El ECU 20 determina una cantidad de inyección de combustible y una temporización de inyección de combustible, y emite una señal de control al inyector 11.

La Figura 2A es un gráfico que muestra un comportamiento de la velocidad de rotación del cigüeñal en detalle. En caso de un motor de cuatro cilindros, la combustión tiene lugar en un primer cilindro (#1), un tercer cilindro (#3), un cuarto cilindro (#4), y un segundo cilindro (#2) en este orden. La inyección de combustible tiene lugar cada 180ºCA. En cada carrera se repite un aumento y una disminución en la velocidad de rotación. La combustión en el cilindro incrementa la velocidad de rotación, y entonces una carga aplicada al cigüeñal disminuye la velocidad de rotación. Se puede estimar una carga de trabajo con respecto de cada cilindro basándose en el comportamiento de la velocidad de rotación.

La carga de trabajo del cilindro en cuestión puede calcularse basándose en la velocidad de rotación en el momento en que termina el período de combustión del cilindro. Como se muestra en la Figura 2B, la carga de trabajo del primer cilindro se calcula en un momento t1 en el que termina el período de combustión. La carga de trabajo del tercer cilindro se calcula en un momento t2. Sin embargo, las señales detectadas (pulso NE) indicativas de la velocidad de rotación incluyen errores de detección y ruido. Por tanto, la velocidad de rotación detectada indicada por una línea sólida se desvía de la velocidad de rotación real indicada por una línea discontinua. No se puede calcular una carga de trabajo precisa en el momento de t1 y t2.

En esta realización, se introduce la velocidad de rotación Ne en un filtro M1 para calcular un valor correspondiente a n par actual. Este valor correspondiente a un par actual es denominado en adelante como par actual correspondiente Neflt. El filtro M1 calcula el par actual correspondiente Neflt mediante la extracción de componentes de la variación de velocidad de rotación. La velocidad de rotación Ne es detectada en el período de salida del pulso NE (30ºCA). El filtro M1 comprende un filtro paso banda (BPF) para eliminar componentes de alta frecuencia y componentes de baja frecuencia. El par actual correspondiente Neflt se expresa mediante la siguiente ecuación (1).

$$Neflt(i) = k1*Ne(i) + k2*Ne(i-2) + k3*Neflt(i-1) + k4*Neflt(i-2) \quad (1)$$

donde Ne(i) representa un valor de muestreo presente de la velocidad de rotación, Ne(i-2) representa un valor de

muestreo de la velocidad de rotación en un momento anterior al momento previo, Neflt(i-1) es una correspondencia de par actual previa, Neflt(i-2) es una correspondencia de par actual en un momento anterior al momento previo, y k1 a k4 son constantes. Siempre que se introduce la velocidad de rotación Ne en el filtro M1, se calcula la correspondencia de par actual Neflt(i).

La ecuación anterior (1) es una ecuación discreta de una función de transferencia G(s) expresada mediante la siguiente ecuación (2).

$$G(s) = \frac{2\zeta\omega s}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2} \quad \text{...(2)}$$

donde ζ representa un coeficiente de atenuación y ω es una frecuencia de respuesta.

En esta realización, la frecuencia de respuesta ω está definida por una frecuencia de combustión del motor 10, y las constantes k1 – k4 se determinan basándose en la frecuencia de respuesta ω. La frecuencia de combustión es una frecuencia angular indicativa del número de combustión cada unidad de ángulo. En este caso de un motor de cuatro cilindros, el período de combustión (el período del ángulo de combustión) es 180ºCA, y la frecuencia de combustión es una inversa del período de combustión.

Un medio de integración M2 mostrado en la Figura 3 integra el par actual correspondiente Neflt en un rango constante cada período de combustión de cada cilindro para obtener cargas de trabajo de cilindro Sneflt#1 – Sneflt#4 respectivamente. En este momento, los pulsos NE emitidos cada 30ºCA se numeran con números 0-23 de pulso NE. Se dan los números 0-5 de pulso NE al período de combustión del primer cilindro, se dan los números 6-11 de pulso NE al período de combustión del tercer cilindro, se dan los números 12-17 de pulso NE al cuarto cilindro, y se dan los números 18-23 de pulso NE al segundo cilindro. Las cargas de trabajo de cilindro Sneflt#1 – Sneflt#4 del primer al cuarto cilindros se calculan respectivamente basándose en la siguiente ecuación (3).

$$\begin{cases} \text{Sneflt\#1} = \text{Neflt}(0) + \text{Neflt}(1) + \text{Neflt}(2) + \text{Neflt}(3) + \text{Neflt}(4) + \text{Neflt}(5) \\ \text{Sneflt\#3} = \text{Neflt}(6) + \text{Neflt}(7) + \text{Neflt}(8) + \text{Neflt}(9) + \text{Neflt}(10) + \text{Neflt}(11) \\ \text{Sneflt\#4} = \text{Neflt}(12) + \text{Neflt}(13) + \text{Neflt}(14) + \text{Neflt}(15) + \text{Neflt}(16) + \text{Neflt}(17) \\ \text{Sneflt\#2} = \text{Neflt}(18) + \text{Neflt}(19) + \text{Neflt}(20) + \text{Neflt}(21) + \text{Neflt}(22) + \text{Neflt}(23) \end{cases} \quad \cdots(3)$$

En adelante, el número del cilindro se expresará como #i, y las cargas de trabajo de cilindro Sneflt#1 – Sneflt#4 se expresan como Sneflt#i.

La Figura 4 es un gráfico temporal que muestra la velocidad de rotación N3, el par actual correspondiente Neflt, y las cargas de trabajo de cilindro Sneflt#i. El par actual correspondiente Neflt periódicamente aumenta y disminuye con respecto de un nivel de referencia Ref. La carga de trabajo de cilindro Sneflt#i se obtiene integrando el par actual correspondiente Neflt en el período de combustión de cada cilindro. El valor integrado del par actual correspondiente Neflt positivo corresponde al par de combustión, y el valor integrado del par actual correspondiente Neflt negativo corresponde al par de carga. El valor de referencia se determina basándose en la velocidad de rotación media entre cilindros.

Teóricamente, el par de combustión y el par de carga son iguales entre sí, de modo que la carga de trabajo del cilindro Sneflt#i se hace cero en el período de combustión de cada cilindro (“par de combustión” – “par de carga” = 0). Sin embargo, en la práctica una característica de inyección y una característica de fricción del inyector 11 se deterioran con el tiempo entre cilindros. Por tanto, la carga de cilindro Sneflt#i tiene algunas variaciones. Por ejemplo, en el primer cilindro #1, la carga de trabajo de cilindro Sneflt#1 es mayor que cero, y en el segundo cilindro #2, la carga de trabajo de cilindro Sneflt#2 es menor que cero.

La carga de trabajo de cilindro Sneflt#i presenta diferencias en cargas de trabajo entre cilindros con respecto del valor teórico.

A continuación se describirá un cálculo llevado a cabo por el ECU 20. La Figura 5 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de cálculo del valor de aprendizaje de cada cilindro. Este proceso es llevado a cabo por el ECU 20 cuando sube el pulso NE.

En el paso S101, se calcula un intervalo temporal del pulso NE basándose en la temporización del pulso NE

presente y la temporización del pulso NE previo para calcular una velocidad Ne de rotación presente (velocidad de rotación actual). En el paso S102, el par actual correspondiente Neflt(i) se calcula basándose en la ecuación (1) anterior.

En el paso S103, se determina el número de pulso NE presente. En los pasos S104 – S107, se calcula la carga de trabajo de cilindro Snflt#i con respecto de cada cilindro #1 - #4. Es decir, cuando el número de pulso NE es 0-5, en el paso 104 se calcula la carga de trabajo de cilindro Sneflt#1 del primer cilindro #1. Cuando el número de pulso NE es 6 – 11, en el paso S105 se calcula la carga de trabajo de cilindro Sneflt#3 del tercer cilindro #3. Cuando el número de pulso NE es 12 – 17, se calcula en el paso S106 la carga de trabajo de cilindro Sneflt#4 del cuarto cilindro #4. Cuando el número de pulso NE es 18 – 23, se calcula en el paso S107 la carga de trabajo de cilindro Sneflt#2 del segundo cilindro #2.

En el paso S108, se determina si se establece una condición de aprendizaje de la carga de trabajo del cilindro. La carga de trabajo se satisface cuando se han calculado las cargas de trabajo de cilindro de todos los cilindros, un aparato de transmisión de potencia de un vehículo ha estado en una condición predeterminada (un embrague está completamente acoplado) y existe una situación predeterminada relativa a una condición ambiental (la temperatura del refrigerante del motor es más alta que una temperatura predeterminada).

Cuando la respuesta es NO en el paso S108, el procedimiento termina. Cuando la respuesta es SI en el paso S108, el procedimiento continua al paso S109. En el paso S109, se incrementa en 1 el número de veces de integración nitgr, y se calcula un valor de aprendizaje de carga de trabajo Qlp#i basándose en una ecuación (4) siguiente. La carga de trabajo de cilindro Sneflt#i se hace cero.

$$Qlp\#i = Qlp\#i + Ka*Sneflt\#i \quad \ldots(4)$$

En el paso S110, se determina si el número de veces de integración nitgr ha alcanzado un número de veces predeterminado kitgr. Cuando el número nitgr es mayor o igual al número kitgr, el procedimiento continua al paso S111. En el paso S111, se calcula el valor de aprendizaje final de la carga de trabajo Qlrn#i de cada cilindro basándose en la siguiente ecuación (5). El valor de aprendizaje de carga de trabajo Qlp#i se hace cero, y el número de veces de integración nitgr se hace cero.

$$Qlrn\#i = Qlrn\#i + Kb*Qlp\#i / kitgr \quad \ldots(5)$$

El valor de aprendizaje de carga de trabajo Qlp#i se promedia cada tiempo de integración para actualizar el valor de aprendizaje final de la carga de trabajo Qlrn#i. A promediar el valor de aprendizaje de carga de trabajo Qlp#i, se puede cancelar el error del valor de aprendizaje de carga de trabajo Qlp#i.

En el paso S112, se calcula un valor de aprendizaje diferencial ΔQlrn#i entre cilindros basándose en la siguiente ecuación (6).

$$\Delta Qlrn\#i = Qlrn\#i - \Sigma\, Qlrn\#i / 4 \quad \ldots(6)$$

De acuerdo con la ecuación 6, se calcula una dispersión del valor de aprendizaje final de carga de trabajo Qlrn#i con respecto de la media (Σ Qlrn#i / 4) del valor de aprendizaje final de carga de trabajo Qlrn#i.

El valor de aprendizaje final de carga de trabajo Qlrn#i y el valor de aprendizaje diferencial ΔQlrn# se almacenan en una memoria, tal como una EEPROM o una RAM. Se definen múltiples regiones de conducción basándose en la cantidad de inyección de combustible y la velocidad de rotación como parámetros. Los valores Qlrn#i y ΔQlrn# se almacenan para cada región de conducción.

Haciendo referencia a la Figura 6, se describe a continuación un control de inyección de combustible. En el paso S201, se leen parámetros indicativos de la condición de conducción del motor, tal como la velocidad de rotación (una velocidad de rotación media) o una posición del acelerador. En el paso S202, se calcula una cantidad de inyección de combustible básica basándose en la condición de conducción del motor. La cantidad de inyección de combustible básica puede ser corregida basándose en la temperatura del refrigerante del motor y una presión de conducto común.

En el paso S203, se lee el valor de aprendizaje (el valor de aprendizaje final de carga de trabajo Qlrn#i, o el valor de aprendizaje diferencial ΔQlrn#) con respecto del cilindro en cuestión. En el paso S204, se calcula una cantidad de inyección de combustible de comando (cantidad de inyección de combustible objetivo) mediante la corrección de la cantidad de inyección de combustible básica.

La cantidad de inyección de combustible puede ser corregida mediante la cancelación de un error característico absoluto en cada cilindro. Se calcula una desviación entre la carga de trabajo objetivo y el valor de aprendizaje final de carga de trabajo Qlrn#i. La cantidad de corrección de la cantidad de inyección de combustible se calcula basándose en la desviación para corregir la cantidad de inyección de combustible básica. Alternativamente, se

puede corregir la cantidad de inyección de combustible mediante la cancelación de la dispersión de características entre cilindros. La corrección de la cantidad de inyección de combustible se calcula basándose en el valor de aprendizaje diferencial ΔQlrn# con respecto de cada cilindro. La cantidad de inyección de combustible básica se corrige basándose en la cantidad de corrección.

En el paso S205, se calcula un período de inyección de combustible basándose en la velocidad de rotación y la cantidad de inyección de combustible de comando. El combustible es inyectado en una cámara de combustión (no mostrada) a través del inyector 11 durante el período de inyección de combustible.

Basándose en el par actual correspondiente Neflt con respecto de cada pulso NE; se pueden estimar una temporización de comienzo de inyección de combustible, una temporización de ignición, una temporización de terminación de inyección de combustible, y desviaciones (dispersiones) de cada temporización.

La Figura 7 es una gráfica temporal que muestra el par actual correspondiente de un cilindro específico. En la Figura 7, t11, t12, t13 y t14 representan temporizaciones de salida de pulso NE. El par actual correspondiente Neflt se calcula en estas temporizaciones. En el momento de t11 y t12, la velocidad de rotación aumenta. Con respecto del primer cilindro #1, el momento t11 es la temporización de salida del pulso Nº 23, y el momento t12 es la temporización de salida del pulso Nº 0. En el momento t13 y t14, la velocidad de rotación disminuye. Con respecto del primer cilindro #1, el momento t13 es la temporización de salida del pulso Nº 5, y en la temporización t14 está la temporización de salida del pulso Nº 6.

En el caso de que el par actual correspondiente Neflt aumenta con un incremento de la velocidad de rotación, en el momento t11 (un punto “A”), se denota un instante de tiempo como Ta y el par actual correspondiente Neflt se denota por Ya. En el momento t12 (un punto “B”), un instante de tiempo se denomina Tb y el par actual correspondiente Neflt se denota como Yb. Un umbral del par actual correspondiente Neflt para determinar una temporización de inicio de la inyección de combustible o la temporización de ignición se denomina Yc. El instante de tiempo Tc en el que el par actual correspondiente Neflt se convierte en Yc en el punto “C” se expresa mediante una ecuación (7) siguiente.

$$Tc = (Tb - Ta) * (Yc - Ya) / (Yb - Ya) + Ta \quad \ldots(7)$$

Un instante de tiempo de referencia Tc0 está predeterminado. El instante de tiempo Tc se compara con el instante de tiempo de referencia Tc0 para calcular el tiempo de desviación ΔTc de la temporización de inicio de la inyección de combustible y la temporización de ignición.

$$\Delta Tc = K1 * (Tc - Tc0) \quad \ldots(8)$$

Para calcular la diferencia de temporización de inicio de inyección de combustible o la temporización de ignición entre respectivos cilindros, se compara la temporización de inicio de inyección de combustible calculada o la temporización de ignición calculada entre sí entre respectivos cilindros. Esta diferencia entre respectivos cilindros puede deducirse calculando la media y obteniendo una diferencia entre el valor medio y el calculado.

En el caso de que el par actual correspondiente Neflt disminuye con una disminución de la velocidad de rotación, en el momento t13 (un punto “D”), un instante de tiempo se denota por Td y el par actual correspondiente Neflt se denota como Yd. En el momento t14 (un punto “E”), un instante de tiempo se denota Te y el par actual correspondiente Neflt se denota como Ye. Un umbral del par actual correspondiente Neflt para determinar una temporización de fin de inyección de combustible se denota como Yf. El instante de tiempo Tf en el que el par actual correspondiente Neflt se convierte en Yf en un punto “F” se expresa mediante la siguiente ecuación (9).

$$Tf = (Te - Td) * (Yf - Yd) / (Ye - Yd) + Td \quad \ldots(9)$$

Un instante de tiempo de referencia Tf0 está predeterminado. El instante de tiempo Tf se compara con el instante de tiempo de referencia Tf0 para calcular el tiempo de desviación ΔTc de la temporización de fin de inyección de combustible.

$$\Delta Tf = K2 * (Tf - Ff0) \quad \ldots(10)$$

Para calcular la diferencia de temporización de fin de inyección de combustible entre respectivos cilindros, se comparan las temporizaciones de fin de inyección de combustible entre sí entre respectivos cilindros. Esta diferencia entre respectivos cilindros puede deducirse calculando la media y obteniendo una diferencia entre el valor medio y calculado.

La Figura 8 es un gráfico de flujo que muestra un proceso de estimación de temporización de inicio de inyección de combustible. En el paso S301, se determina si el número de pulso NE es un número de pulso predeterminado “n”. Por ejemplo, en el primer cilindro #1, “n” es 23. Cuando el número de pulso NE es “n”, el instante de tiempo presente se almacena como Ta en el paso S302. En el paso S303, el par actual presente correspondiente Neflt se almacena

como Ya.

En el paso S304, se determina si el número de pulso NE es “n+1”. Por ejemplo, en el primer cilindro #1, “n” es 0. Cuando el número de pulso NE es “n+1”, se almacena el instante de tiempo presente como Tb en el paso S305. En el paso S306, el par actual presente correspondiente Neflt se almacena como Yb.

En el paso S307, calcula el instante de tiempo Tc en la que el par actual correspondiente Neflt es el umbral Yc para estimar la temporización de inicio de inyección de combustible. En el paso S308, se estima una desviación de la temporización de inicio de inyección de combustible basándose en la ecuación (8) anterior.

Después de que se hayan estimado la temporización de inicio de inyección de combustible y la desviación entre respectivos cilindros, se corrige el período de inyección de combustible de comando basándose en el valor estimado.

La temporización de ignición y la temporización de fin de inyección de combustible se calculan de acuerdo con el proceso mostrado en la Figura 8 mediante el uso de las ecuaciones (7) – (10).

De acuerdo con la presente invención, se pueden conseguir los siguientes efectos.

Como la velocidad de rotación Ne es filtrada por la frecuencia de combustión del motor 10 cada temporización para calcular el par actual correspondiente Neflt, el par actual correspondiente Neflt puede obtenerse adecuadamente basándose en condición de inyección de combustible y la condición de combustión. Además, el par actual correspondiente Neflt está integrado en el rango específico con respecto de cada cilindro de modo que se calcula la carga de trabajo de cilindro Sneflt#i. La cantidad de inyección de combustible se ajusta cilindro-a-cilindro basándose en la carga de trabajo de cilindro Sneflt#i de cada cilindro (actualmente, el valor de aprendizaje final de la carga de trabajo Qlrn#i, o el valor de aprendizaje diferencial ΔQlrn#i), de modo que se pueden controlar deseablemente las características de cada cilindro. Por tanto, se restringe la emisión y se mejora la conducción.

La dispersión absoluta de características de cada cilindro puede detectarse así como la dispersión relativa entre cilindros, de manera que se pueden llevar a cabo varios controles cilindro por cilindro.

Como se utiliza el filtro paso banda (BPF) como un medio de filtrado, los componentes variables de la baja frecuencia debido a la aceleración o deceleración y los componentes variables de alta frecuencia de ruido pueden eliminarse de la señal de velocidad de rotación para extraer únicamente componentes que varían con el par. Por tanto, puede calcularse de manera precisa el par actual correspondiente Neflt para reducir la dispersión de características entre cilindros.

Como el valor de aprendizaje final de la carga de trabajo Qlrn#i, o el valor de aprendizaje diferencial ΔQlrn#i se almacena en la memoria de seguridad, se puede considerar la dispersión de características debido al envejecimiento y/o la diferencia individual.

Como la temporización de inyección de combustible, la temporización de ignición, y la temporización de fin de inyección de combustible pueden estimarse basándose en el par actual correspondiente Neflt, se puede restringir la dispersión de temporización de inyección de combustible, la temporización de ignición, y la temporización de fin de inyección de combustible.

La presente invención no está limitada a la realización anterior. A continuación se describirán modificaciones.

En la primera realización, se calcula la cantidad de inyección de combustible de comando corrigiendo la cantidad de inyección de combustible basándose en los valores de aprendizaje. Alternativamente, se puede corregir el período de inyección de combustible de comando basándose en los valores de aprendizaje.

En la primera realización, se calcula la carga de trabajo de cilindro Sneflt#i mediante la integración del par actual correspondiente Neflt en un período de combustión. Alternativamente, se pueden calcular respectivamente la carga de trabajo debido a la combustión y a la carga de trabajo debido a la carga. Específicamente, el par actual correspondiente Neflt se integra en un rango específico en el que la velocidad de rotación aumenta para obtener la carga de trabajo debido a la combustión. El par actual correspondiente Neflt se integra en un rango específico en el que la velocidad de rotación disminuye para obtener la carga de trabajo debida a la carga. La cantidad de inyección de combustible se controla basándose en cada carga de trabajo.

El par actual correspondiente Neflt varía de acuerdo con la carrera del pistón y una posición angular rotacional del cigüeñal. Esta variación depende del par de combustión, un par de inercia, y el par de carga. Las Figuras 10A-10E muestran respectivamente la velocidad de rotación, el par de combustión, el par de inercia, el par de carga, y el par actual correspondiente. En la Figura 10E, un área denotada como “D1” corresponde a la carga de trabajo debida a la combustión, y un área denotada como “D2” corresponde a la carga de trabajo debida a la carga.

La carga de trabajo de cilindro Sneflt#i se calcula en el momento en que se produce la combustión y el momento en que no se produce la combustión. Se calcula una diferencia entre estas cargas de trabajo de cilindro para obtener la carga de trabajo debido a la combustión. Cuando no se produce la combustión, no se lleva a cabo la inyección de combustible, de modo que la carga de trabajo de cilindro Sneflt#i no incluye la carga de trabajo correspondiente al par de combustión.

Durante el período de combustión, el par actual correspondiente Neflt es una suma del par de combustión, el par de inercia, y el par de carga. Durante el período de no-combustión, el par actual correspondiente Neflt es una suma del par de inercia y el par de carga. Es decir, el par actual correspondiente es diferente entre el período de combustión y el período de no-combustión.

Específicamente, basándose en un diagrama de flujo mostrado en la Figura 9, se lleva a cabo el proceso de cálculo de la carga de trabajo de combustión.

En el paso S401, se determina si es un período de combustible cortado. Cuando la respuesta es NO, el procedimiento continua al paso S402 donde se calcula la carga de trabajo de cilindro Sneflt#i en el momento de la combustión. Cuando la respuesta es SI, el procedimiento continua al paso S403 en el que se calcula la carga de trabajo de cilindro Sneflt#i en el momento de no-combustión. En el paso 404, se determina si la carga de trabajo de cilindro Sneflt#i ha sido calculada en ambas situaciones. Cuando la respuesta es SI, el procedimiento continua al paso S405 en el que se calcula la carga de trabajo de cilindro Sneflt#i restando la carga de trabajo de cilindro en el período de combustible cortado de la carga de trabajo de cilindro en el período de combustión.

Alternativamente, en una posición angular predeterminada, se puede calcular el par de combustión de cada cilindro basándose en una diferencia entre el par actual correspondiente Neflt que se obtiene durante el período de combustión y el par actual correspondiente Neflt que se obtiene durante el período de no-combustión. El par de combustión diferencial entre cilindros puede calcularse comparando el par de combustión de cada cilindro.

En las Figuras 10A-10E, la velocidad de rotación Ne comienza a aumentar en el momento de “A1”, “A2”, y “A3” en un cilindro. Un ángulo entre “A1” y “A2” y un ángulo entre “A2” y “A3” corresponden a períodos angulares de combustión. Como se muestra en la Figura 10B, el par de combustión comienza a aumentar en un momento de inicio de la combustión, y comienza a descender en un momento de finalización de la combustión. El par de inercia varía de acuerdo con un par de inercia rotacional de un volante de inercia (no mostrado). Como se muestra en la Figura 10C, cuando la velocidad de rotación aumenta, el par de inercia generalmente adopta valores negativos, y cuando la velocidad de rotación disminuye, el par de inercia generalmente adopta valores positivos. Como se muestra en la Figura 10D, el par de carga es siempre un valor negativo y varía dentro de un rango pequeño. La suma del par de combustión, el par de inercia, y el par de carga corresponde al par actual correspondiente.

Sin embargo, debido a la diferencia de características entre cilindros, la forma de onda del par actual correspondiente Neflt varía. En la misma posición angular rotacional, cada cilindro tiene un par actual correspondiente Neflt diferente. Como se muestra en la Figura 10E, en la misma posición rotacional “B” de cada cilindro, el par actual correspondiente Neflt (C1, C2) corresponde a las características de cada cilindro. Los valores de pico y valores inferiores del par actual correspondiente Neflt son diferentes entre cilindros.

El par actual correspondiente Neflt se calcula en la misma posición angular rotacional con respecto de cada cilindro, y luego se pueden estimar las características de cada cilindro basándose en el par actual correspondiente. Alternativamente, se pueden estimar la diferencia en características entre los cilindros mediante la comparación del par actual correspondiente Neflt entre cilindros. En una estructura en la que el pulso NE tiene el número de pulso, puede calcularse el par actual correspondiente Neflt con respecto del pulso NE que tiene el mismo número de pulso. Se proporcionan múltiples posiciones angulares rotacionales para calcular el par actual correspondiente Neflt. Estas múltiples posiciones angulares son sustancialmente iguales entre sí.

Alternativamente, se obtiene el valor de pico o el valor inferior del par actual correspondiente Neflt para estimar las características de cada cilindro. La diferencia en las características entre cilindros puede estimarse comparando al menos uno de entre el valor de pico y el valor inferior entre cilindros. Las características de cada cilindro pueden evaluarse basándose en el valor de pico del par actual correspondiente, el valor inferior del par actual correspondiente, o la diferencia entre el valor de pico y el valor inferior.

Se puede utilizar un filtro paso baño (LPF, low pass filter) o un filtro paso alto (HPF, high pass filter) en lugar del filtro paso banda (BPF). La frecuencia de combustión es una frecuencia de respuesta ω de la función de transferencia que define el LPH o el HPF, de modo que puede calcularse el par actual correspondiente.

Se puede utilizar un resolver para detectar la posición rotacional del cigüeñal linealmente. El par actual correspondiente Neflt puede calcularse en una temporización arbitraria. El par actual correspondiente Neflt se calcula continuamente para estimar la temporización de inicio de inyección de combustible, la temporización de ignición, o la temporización de fin de inyección de combustible. Cuando el par actual correspondiente Neflt alcanza un umbral predeterminado, se mide el instante de tiempo. La temporización de inicio de inyección de combustible, la

temporización de ignición, o la temporización de fin de inyección de combustible pueden estimarse directamente a partir del instante de tiempo medido.

(Ejemplo comparativo)

Haciendo referencia a las Figuras 11 y 12, se describirá a continuación un ejemplo comparativo. La Figura 11 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para corregir una dispersión en inyección de combustible entre cilindros. En el paso S10 se mide una velocidad de rotación actual como se muestra en la Figura 13. Específicamente, la velocidad de rotación actual se deduce de un intervalo de pulso entre un primer ángulo rotacional (ATDC 42º) y un segundo ángulo rotacional (ATDC 72º). En el paso S20, se determina si el presente valor y el valor previo están en la misma región. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 6, se determina si los datos medidos presentes (la velocidad de rotación actual) y los datos medidos previos están en la misma región con respecto a múltiples regiones que se definen en un mapa de datos “A” que tiene ejes de coordenadas de la velocidad de rotación y la cantidad de inyección de combustible. Cuando la respuesta es SI en el paso S20, el procedimiento continua al paso S30. Cuando la respuesta es NO en el paso S20, el procedimiento vuelve al paso S10. En lugar del mapa de datos “A”, un mapa de datos “B” que tiene ejes de coordenadas de la presión del conducto común y la cantidad de inyección de combustible. El mapa de datos “B” se muestra en la Figura 16.

Los datos medidos en el paso S10 se introducen en un filtro paso bajo M10 mostrado en la Figura 12 para extraer componentes de baja frecuencia. En el paso S40, los datos extraídos se almacenan en la región correspondiente definida por el mapa de datos “A” o el mapa de datos “B”. Los datos almacenados de cada cilindro se integran respectivamente. En esta realización, como el motor diésel tiene cuatro cilindros, se generan cuatro datos integrados mediante el filtro paso bajo M10.

En el paso S50, se determina si el número de datos almacenados en la región específica ha alcanzado un número predeterminado. Si la respuesta es SI en el paso S50, el procedimiento continúa al paso S60. Si la respuesta es NO, el procedimiento vuelve al paso S10.

En el paso S60, se promedian los datos mediante un medio M20 de promedio mostrado en la Figura 12, de modo que se extrae la dispersión en la cantidad de inyección de combustible de los cilindros como se muestra en la Figura 14. La Figura 14 muestra la dispersión en la cantidad de inyección de combustible debido a la diferencia individual entre inyectores. La magnitud de la dispersión dQ en la cantidad de inyección de combustible se expresa mediante un número “0” a “5”. La dispersión de la velocidad entre cilindros #1 a #4 se ilustra en la Figura 14. Con respecto de los cilindros #1 y #4, la dispersión dQ en la cantidad de inyección de combustible es el valor positivo. Con respecto de los cilindros #3 y #2, la dispersión dQ es el valor negativo. La Figura 14 muestra el valor promediado de la salida del filtro con respecto del ángulo del cigüeñal. En el caso en que la dispersión dQ = 2, se suma a la salida del filtro una cantidad de 2 mm^3/carrera con relación a la cantidad promedio con respecto de los cilindros #1 y #4 para promediar la salida filtrada. Se resta a la salida filtrada la cantidad de 2 mm^3/carrera con relación a la cantidad promediada con respecto de los cilindros #3 y #2 para promediar la salida filtrada.

En este proceso, los datos se obtienen entre el primer ángulo rotacional (ATDC 42º) y el segundo ángulo rotacional (ATDC 72º). Por tanto, en el paso S60 se obtiene el valor de proceso promediado de la salida del filtro entre el primer ángulo rotacional y el segundo ángulo rotacional mostrado en la Figura 14.

En la Figura 14, a medida que la dispersión dQ aumenta, la dispersión en la velocidad de rotación entre los cilindros aumenta.

A continuación, se describe proceso de promediado del paso S60 se describe con detalle.

Los datos integrados obtenidos en el paso S40 se dividen por el valor predeterminado para calcular el promedio de los datos integrados con respecto de cada cilindro. Se obtienen cuatro medias. Estas cuatro medias se integran y dividen por el número de cilindros (cuatro en este ejemplo) para calcular el promedio completo. La desviación de cada cilindro se calcula restando el promedio individual de cada cilindro del promedio completo de todos los cilindros. Esta desviación se convierte en un valor para la cantidad de inyección de combustible para calcular la cantidad “q” de corrección de inyección de combustible.

En el paso S70, se corrige la cantidad de inyección de combustible de tal modo que se reduce la dispersión en la cantidad de inyección de combustible entre los cilindros. Específicamente, como se muestra en la Figura 3, se calcula la cantidad Qf de inyección de combustible de comando corregida mediante la adición de la cantidad “q” de corrección a la cantidad Q de inyección de combustible de comando. El inyector 11 de combustible se controla basándose en la cantidad Qf de inyección de combustible de comando corregida.

De acuerdo con el ejemplo comparativo, la velocidad de rotación actual de cada cilindro es filtrada por un filtro paso bajo M10 para obtener los componentes de baja frecuencia, de modo que se elimina el ruido de alta frecuencia para detectar de manera precisa la variación rotacional entre cilindros. Entonces, se integra y se promedia el conjunto predeterminado de datos, de modo que solo se puede detectar la dispersión de la inyección de combustible entre los

cilindros. Como resultado, se corrige la cantidad de inyección de combustible de tal modo que se reduce la dispersión entre cilindros, de modo que se puede reducir la dispersión en la velocidad de rotación entre cilindros.

El control anteriormente descrito puede aplicarse a todo el rango de conducción del motor. La dispersión de la velocidad de rotación entre cilindros puede corregirse incluso cuando el motor está funcionando a velocidad normal así como al ralentí para reducir las emisiones y mejorar la conducción.

Los datos filtrados por el filtro paso bajo M10 se almacenan en el mapa de datos “A” o el mapa de datos “B”, y se integra y promedia el conjunto predeterminado de datos en cada región. De ese modo, se puede deducir la cantidad de corrección de inyección de combustible en todas las regiones definidas en el mapa de datos “A” o “B”. La cantidad de corrección de inyección de combustible obtenida en la región de baja carga y baja velocidad no se utiliza en la región de alta carga y alta velocidad, de modo que se puede llevar a cabo la corrección adecuada en todo el rango de conducción del motor.

La presente invención puede ser aplicada a un motor de gasolina, así como a un motor diésel.

Se introduce una señal de sensor de un sensor (18) de velocidad en un ECU (20). El ECU (20) calcula una velocidad de rotación de un cigüeñal (17) en un período predeterminado basándose en la señal de sensor. La velocidad de rotación es filtrada por una frecuencia que se define basándose en una frecuencia de combustión del motor (10) para obtener un valor correspondiente a un par actual. El ECU (20) calcula una carga de trabajo de cada cilindro basándose en el valor correspondiente al par actual, y controla la característica de cada cilindro basándose en la carga de trabajo.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de control de inyección de combustible para un motor de combustión interna multi-cilindro que comprende:

un medio (20) de cálculo para calcular una velocidad de rotación de un cigüeñal (17) del motor (10) de combustión interna;
un medio (20, M1) de filtrado que comprende un filtro paso banda que filtra la velocidad de rotación mediante una banda de frecuencia que está definida basándose en una frecuencia de combustión, que es una inversa de un período de combustión, del motor (10) de combustión interna para obtener un valor (Neflt) correspondiente a un par actual, para eliminar componentes de alta frecuencia de ruido y componentes de baja frecuencia debidos a la aceleración o deceleración; y
un medio (20, 11) de control para controlar una característica de cada cilindro del motor (10) de combustión interna basándose en el valor correspondiente al par actual,

en donde el valor (Neflt) se obtiene mediante la siguiente ecuación (1):

$$\mathbf{Neflt(i) = k1*Ne(i) + k2*Ne(i-2) + k3*Neflt(i-1) + k4*Neflt(i-2)}$$

en donde Ne(i) representa el valor de muestreo presente de la velocidad de rotación, Ne(i-2) representa un valor de muestreo de la velocidad de rotación en un momento anterior al momento previo, Neflt(i-1) es un par actual correspondiente previo, Neflt(i-2) es un par actual correspondiente en un momento anterior al momento previo, y k1 a k4 son constantes que están determinadas basándose en la frecuencia de respuesta, caracterizado por que la ecuación (1) es una ecuación discreta de una función de transferencia G(s) expresada mediante la siguiente ecuación (2):

$$G(s) = \frac{2\zeta\omega s}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2}$$

donde ζ representa un coeficiente de atenuación y ω es una frecuencia de respuesta; y
donde el par actual correspondiente Neflt(i) se calcula cada vez cuando se introduce la velocidad de rotación (Ne) en el filtro (M1).

2. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el medio (20, M1) de filtrado está definido por una función de transferencia cuya frecuencia de respuesta es la frecuencia de combustión.

3. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en donde

el valor (Neflt) correspondiente al par actual se obtiene cada ángulo de rotación predeterminado con respecto de cada cilindro, y la característica de cada cilindro se estima basándose en el valor (Neflt) correspondiente al par actual.

4. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en donde

el valor (Neflt) correspondiente al par actual se obtiene cada ángulo de rotación predeterminado con respecto de cada cilindro, y se estima una diferencia en la característica de cada cilindro mediante la comparación el valor (Neflt) que corresponde al par actual entre cilindros.

5. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en donde

se obtiene menos uno de entre un valor de pico y un valor inferior del valor (Neflt) correspondiente al par actual de cada cilindro, y se estima la característica de cada cilindro basándose en el valor obtenido.

6. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en donde

se obtiene al menos uno de entre un valor de pico y un valor inferior del valor (Neflt) correspondiente al par actual de cada cilindro, y se estima una diferencia de característica entre los cilindros mediante la comparación del valor obtenido entre los cilindros.

7. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en donde

se calcula un par de combustión basándose en una diferencia entre el valor (Neflt) correspondiente al par actual que se calcula en una condición de combustión y el valor (Neflt) correspondiente al par actual que se calcula en una condición de no-combustión.

8. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que además comprende:

un medio (20) para calcular al menos uno de entre una carga de trabajo (Sneflt) respectiva y una carga de trabajo total (Sneflt) de una combustión, una fuerza de inercia, y una carga mediante la integración del valor correspondiente al par actual de cada cilindro en un rango predeterminado.

9. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que además comprende:

un medio (20) para calcular al menos una de las diferencias en una carga de trabajo respectiva (Sneflt) y una carga de trabajo total (Sneflt) de una combustión, una fuerza de inercia, y una carga entre cilindros mediante la integración del valor (Neflt) correspondiente al par actual de cada cilindro en un rango predeterminado y la comparación de los valores integrados entre cilindros.

10. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que además comprende:

un medio (20) para calcular al menos una de entre una carga de trabajo respectiva (Sneflt) y una carga de trabajo total (Sneflt) de una combustión, una fuerza de inercia, y una carga, como un parámetro de condición de combustión, mediante la integración del valor (Neflt) correspondiente al par actual de cada cilindro en un rango predeterminado;
un medio (20) para calcular un promedio de los parámetros de condición de combustión de cada cilindro; y
un medio (20) para calcular una diferencia entre el promedio de los parámetros de condición de combustión y el parámetro de condición de combustión de cada cilindro.

11. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde

la carga de trabajo (Sneflt) de cada cilindro se calcula mediante la integración del valor (Neflt) correspondiente al par actual en un rango predeterminado durante un período de combustión y un período de no combustión, y la carga de trabajo (Sneflt) de la combustión de cada cilindro se calcula basándose en una diferencia entre la carga de trabajo durante el período de combustión y la carga de trabajo durante el período de no-combustión.

12. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde

se almacena como un valor de aprendizaje la carga de trabajo respectiva (Sneflt), la carga de trabajo total (Sneflt), o una distancia entre ellas entre cilindros.

13. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que además comprende

un medio (20) para estimar una temporización de inicio de inyección de combustible o una temporización de ignición mediante la comparación del valor (Neflt) correspondiente al par actual con un umbral predeterminado en una situación en la que el valor (Neflt) correspondiente al par actual de cada cilindro aumenta.

14. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que además comprende

un medio (20) para estimar una temporización de fin de inyección de combustible mediante la comparación del valor (Neflt) correspondiente al par actual con un umbral predeterminado en una situación en la que el valor (Neflt) correspondiente al par actual de cada cilindro disminuye.

15. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que además comprende

un medio (20) para estimar una temporización de inicio de inyección de combustible o una temporización de ignición mediante la comparación del valor (Neflt) correspondiente al par actual con un umbral predeterminado en una situación en la que el valor (Neflt) correspondiente al par actual de cada cilindro aumenta, y para calcular una diferencia en la temporización de inicio de inyección de combustible o la temporización de ignición entre cada cilindro.

16. Un aparato de control de inyección de combustible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15,

que además comprende

un medio (20) para estimar una temporización de fin de inyección de combustible mediante la comparación del valor (Neflt) correspondiente al par actual con un umbral predeterminado, y para calcular una diferencia en la temporización de fin de inyección de combustible entre los cilindros en una situación en la que el valor (Neflt) correspondiente al par actual de cada cilindro disminuye.

17. Un método de control de inyección de combustible para un motor de combustión interna multi-cilindro que comprende:

calcular una velocidad de rotación de un cigüeñal (17) del motor (10) de combustión interna;
aplicar un filtrado paso banda a la velocidad de rotación mediante una banda de frecuencia que está definida basándose en una frecuencia de combustión, que es una inversa de un período de combustión, del motor (10) de combustión interna para obtener un valor (Neflt) correspondiente a un par actual, para eliminar componentes de alta frecuencia de ruido y componentes de baja frecuencia debido a la aceleración y deceleración; y
controlar una característica de cada cilindro en el motor (10) de combustión interna basándose en el valor (Neflt) correspondiente al par actual,

en donde el valor (Neflt) se obtiene mediante la siguiente ecuación:

Neflt(i) = k1*Ne(i) + k2*Ne(i-2) + k3*Neflt(i-1) + k4*Neflt(i-2)

en donde Ne(i) representa un valor de muestreo de la velocidad de rotación, Ne(i-2) representa un valor de muestreo de la velocidad de rotación en un momento anterior al momento previo, Neflt(i-1) es un par actual correspondiente previo, Neflt(i-2) es un par actual correspondiente en un momento anterior al momento previo, y k1 a k4 son constantes que se determinan basándose en la respuesta en frecuencia, **caracterizado por que** la ecuación (1) es una ecuación discreta de una función de transferencia G(s) expresada por la siguiente ecuación (2):

$$G(s) = \frac{2\zeta\omega s}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2}$$

en donde ζ representa un coeficiente de atenuación, y ω es una frecuencia de respuesta; y
en donde el par actual correspondiente Neflt(i) se calcula cada vez cuando se introduce la velocidad de rotación (Ne) en el filtro (M1).

FIG. 1

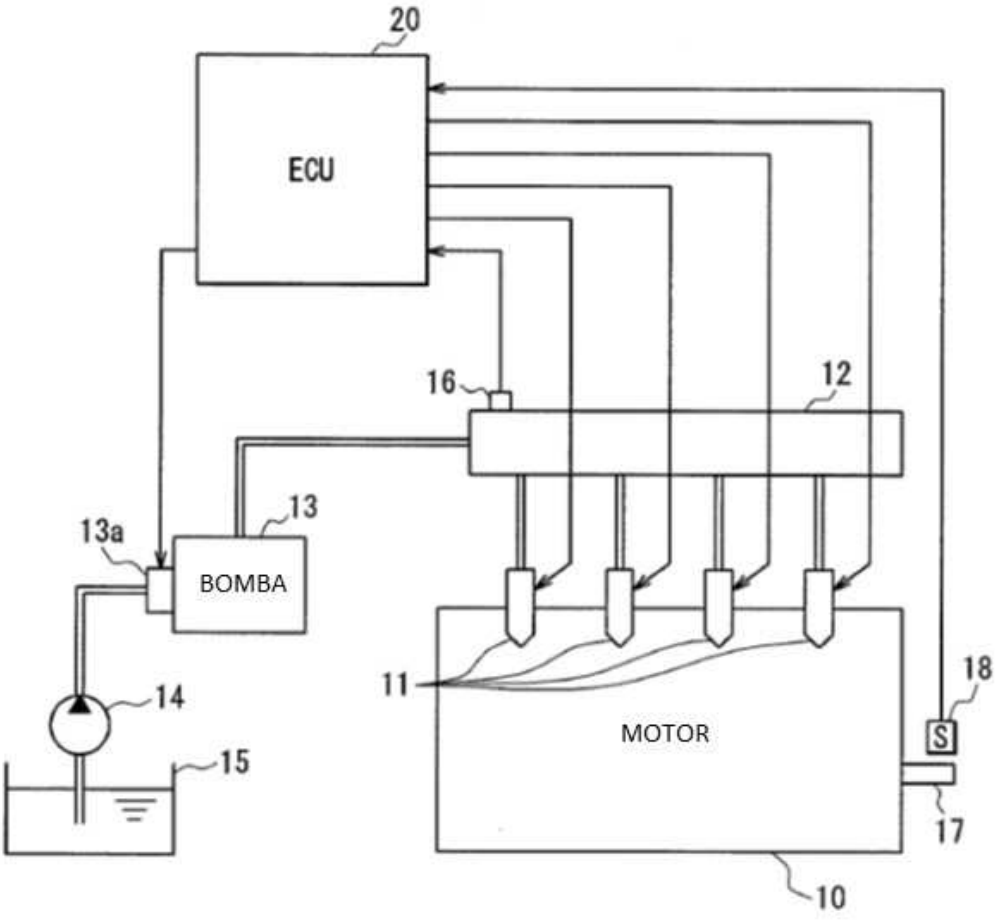


FIG. 2A

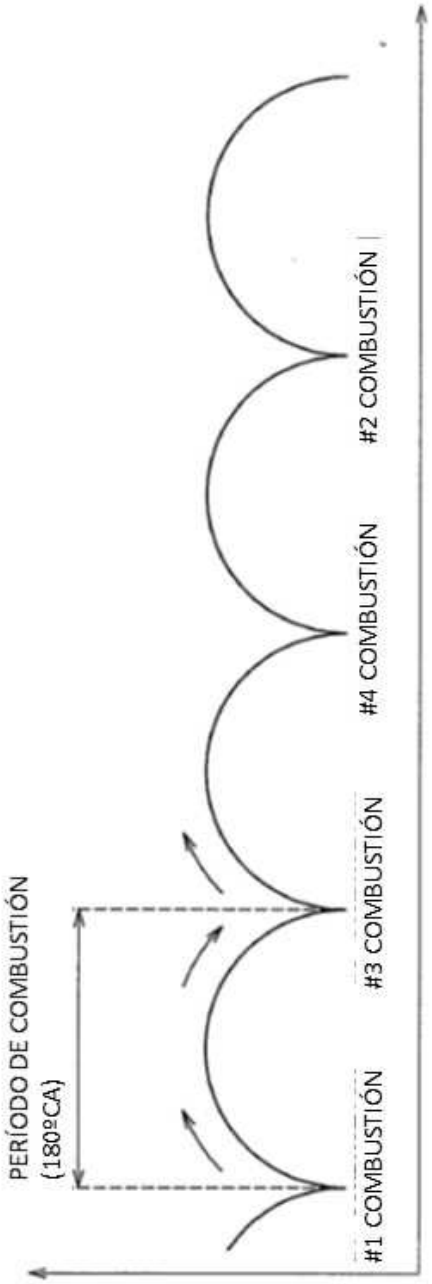

PERÍODO DE COMBUSTIÓN
(180ºCA)
#1 COMBUSTIÓN
#3 COMBUSTIÓN
#4 COMBUSTIÓN
#2 COMBUSTIÓN

FIG. 2B

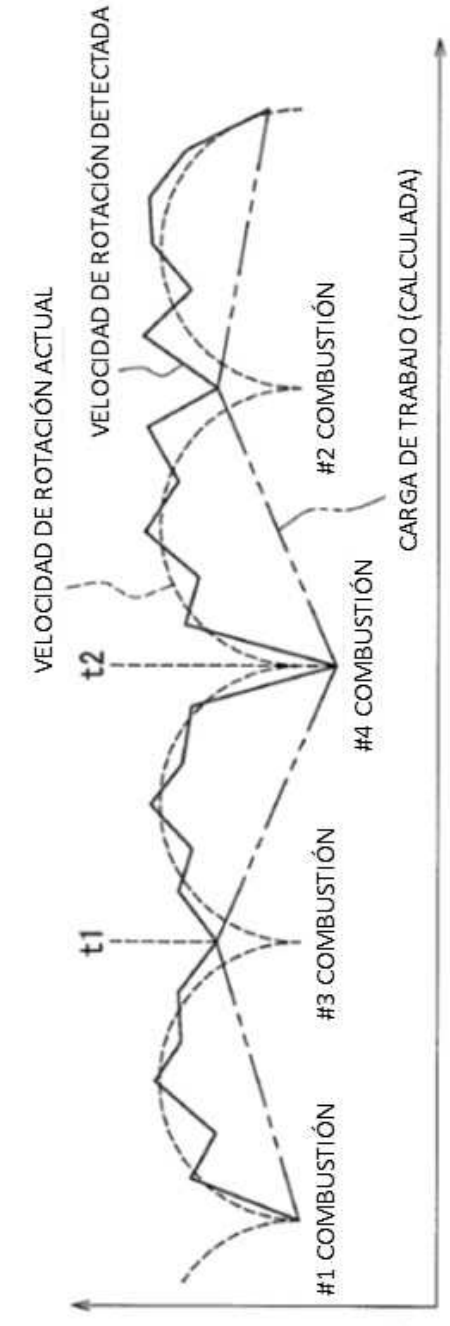

VELOCIDAD DE ROTACIÓN ACTUAL
VELOCIDAD DE ROTACIÓN DETECTADA
t1
t2
#1 COMBUSTIÓN
#3 COMBUSTIÓN
#4 COMBUSTIÓN
#2 COMBUSTIÓN
CARGA DE TRABAJO (CALCULADA)

FIG. 3

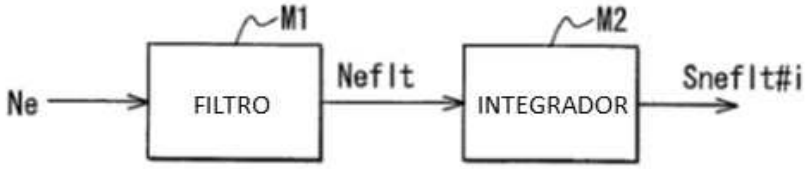

M1
M2
Ne
FILTRO
Neflt
INTEGRADOR
Sneflt#i

FIG. 6

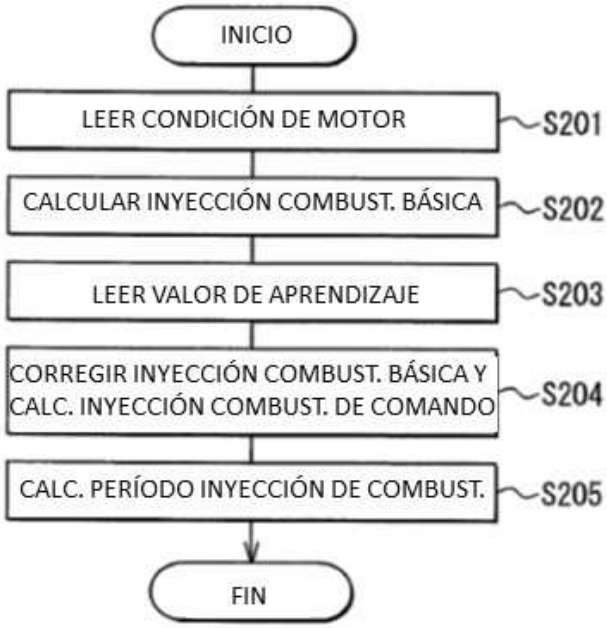

INICIO
LEER CONDICIÓN DE MOTOR
S201
CALCULAR INYECCIÓN COMBUST. BÁSICA
S202
LEER VALOR DE APRENDIZAJE
S203
CORREGIR INYECCIÓN COMBUST. BÁSICA Y CALC. INYECCIÓN COMBUST. DE COMANDO
S204
CALC. PERÍODO INYECCIÓN DE COMBUST.
S205
FIN

FIG. 4

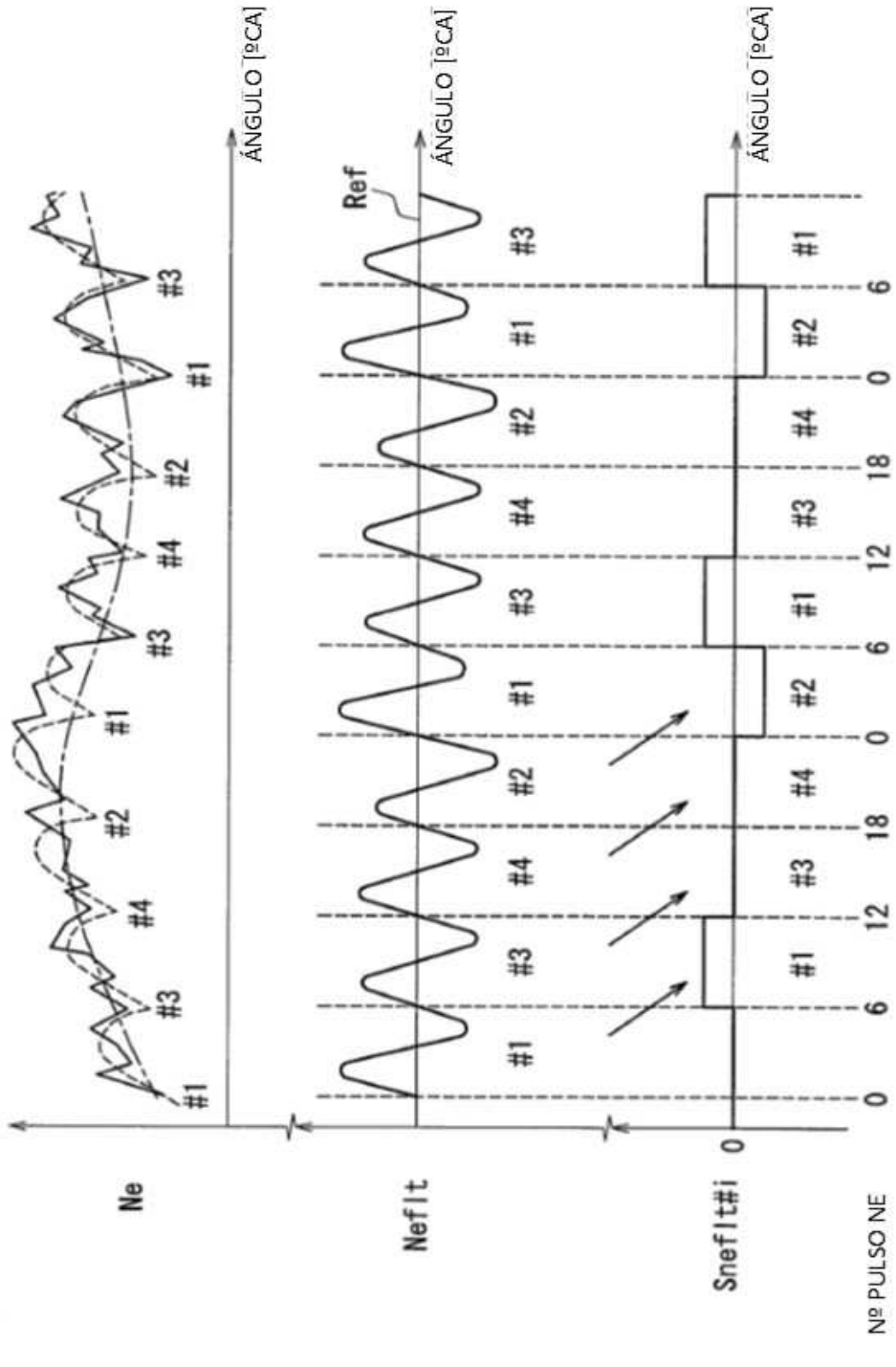


FIG. 5

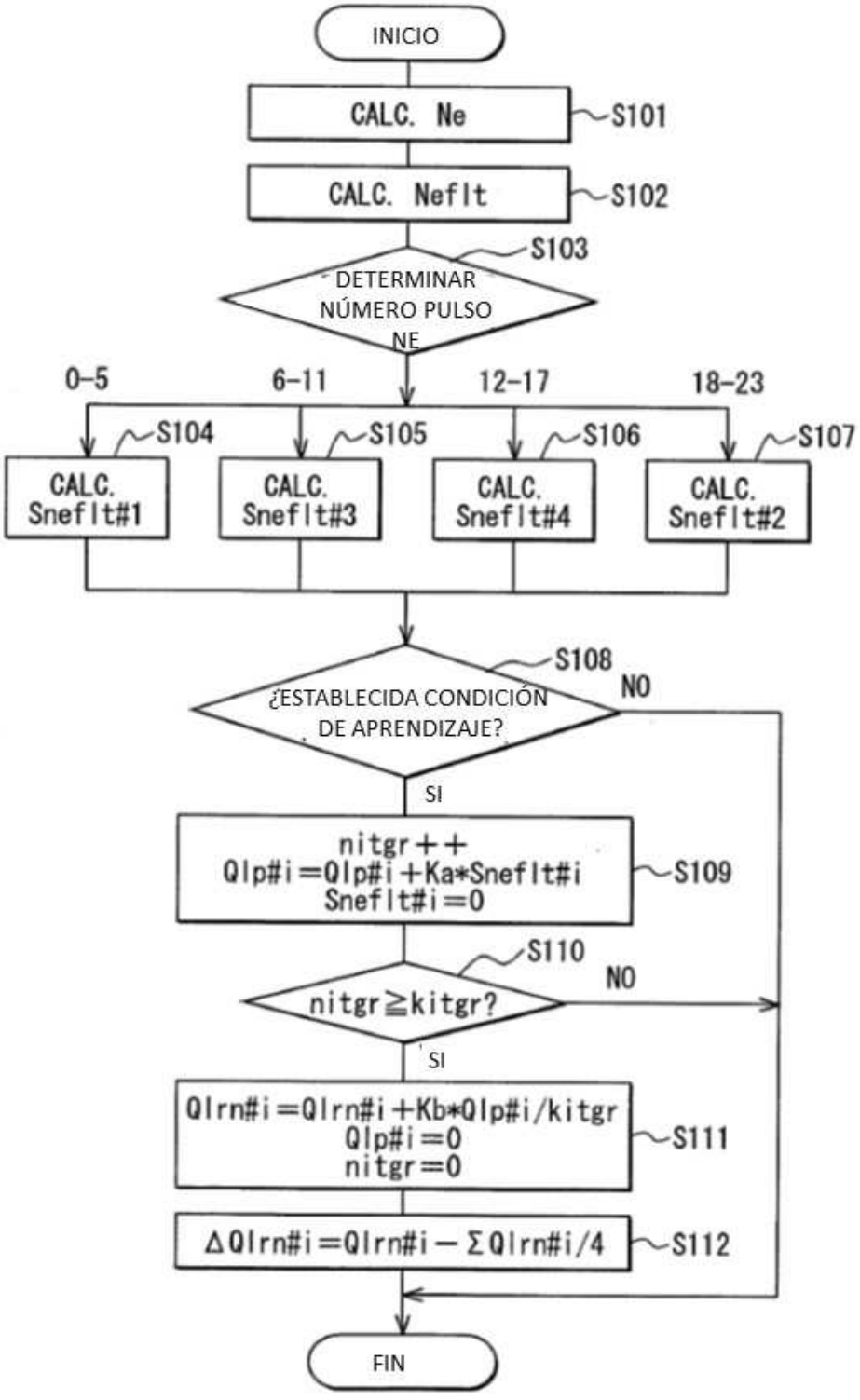

INICIO
CALC. Ne
S101
CALC. Neflt
S102
S103
DETERMINAR NÚMERO PULSO NE
0-5
6-11
12-17
18-23
S104
S105
S106
S107
CALC. Sneflt#1
CALC. Sneflt#3
CALC. Sneflt#4
CALC. Sneflt#2
S108
¿ESTABLECIDA CONDICIÓN DE APRENDIZAJE?
NO
SI
nitgr++
Qlp#i=Qlp#i+Ka*Sneflt#i
Sneflt#i=0
S109
S110
nitgr≧kitgr?
NO
SI
Qlrn#i=Qlrn#i+Kb*Qlp#i/kitgr
Qlp#i=0
nitgr=0
S111
ΔQlrn#i=Qlrn#i−ΣQlrn#i/4
S112
FIN

FIG. 7

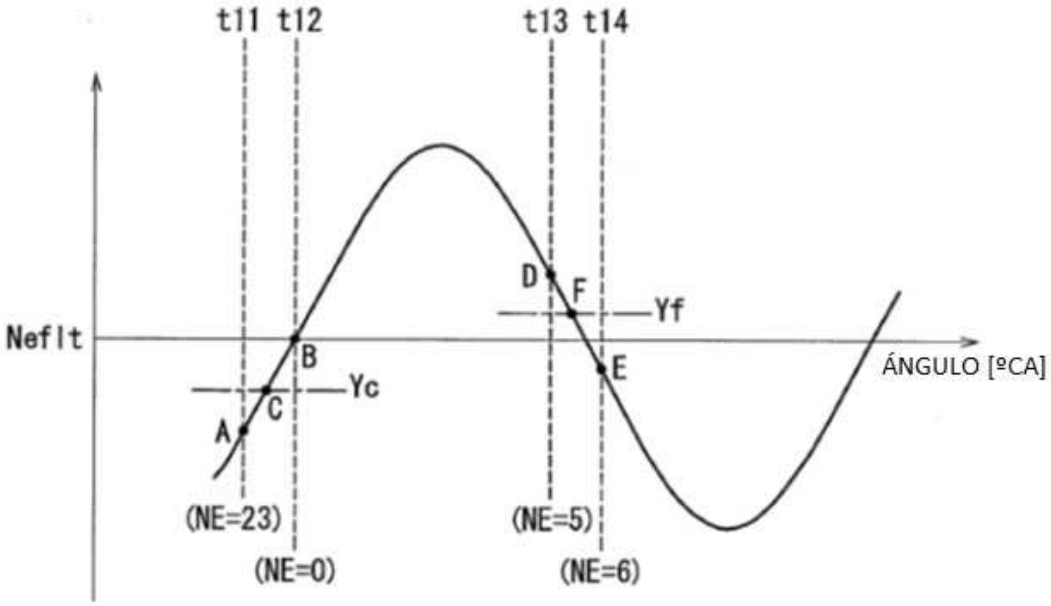


FIG. 8

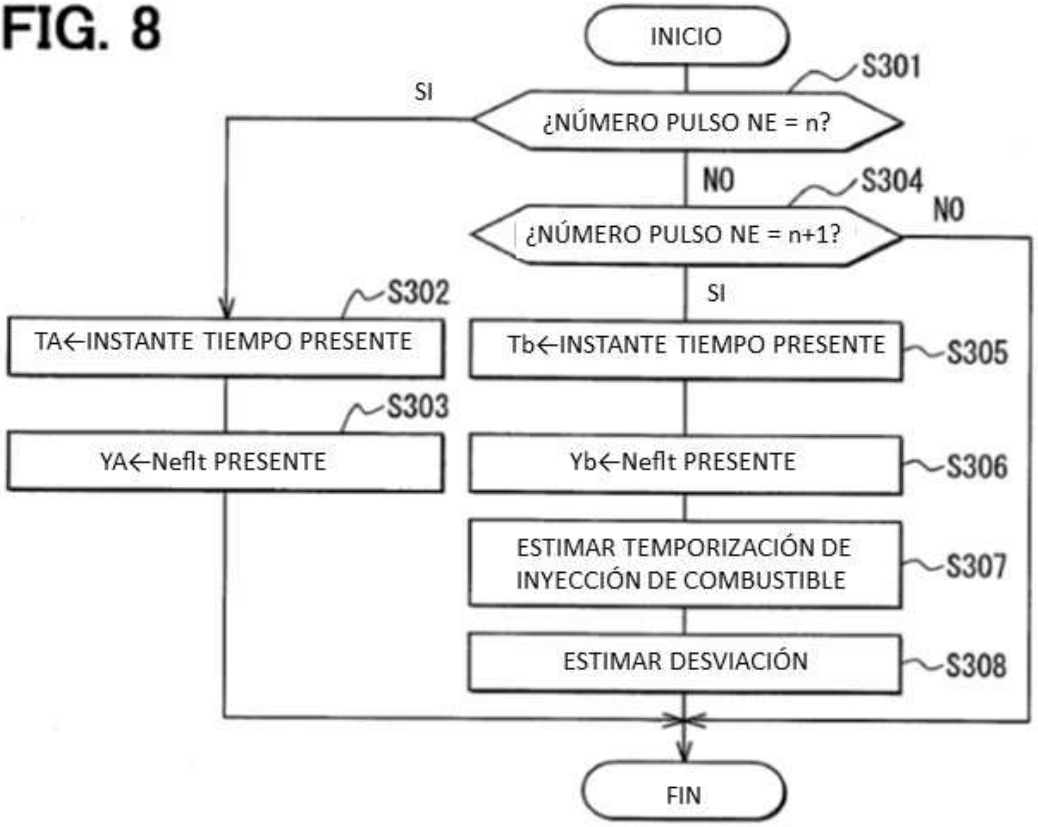

INICIO
S301
SI
¿NÚMERO PULSO NE = n?
NO
S304
¿NÚMERO PULSO NE = n+1?
NO
SI
S302
TA←INSTANTE TIEMPO PRESENTE
Tb←INSTANTE TIEMPO PRESENTE
S305
S303
YA←Neflt PRESENTE
Yb←Neflt PRESENTE
S306
ESTIMAR TEMPORIZACIÓN DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE
S307
ESTIMAR DESVIACIÓN
S308
FIN

FIG. 9

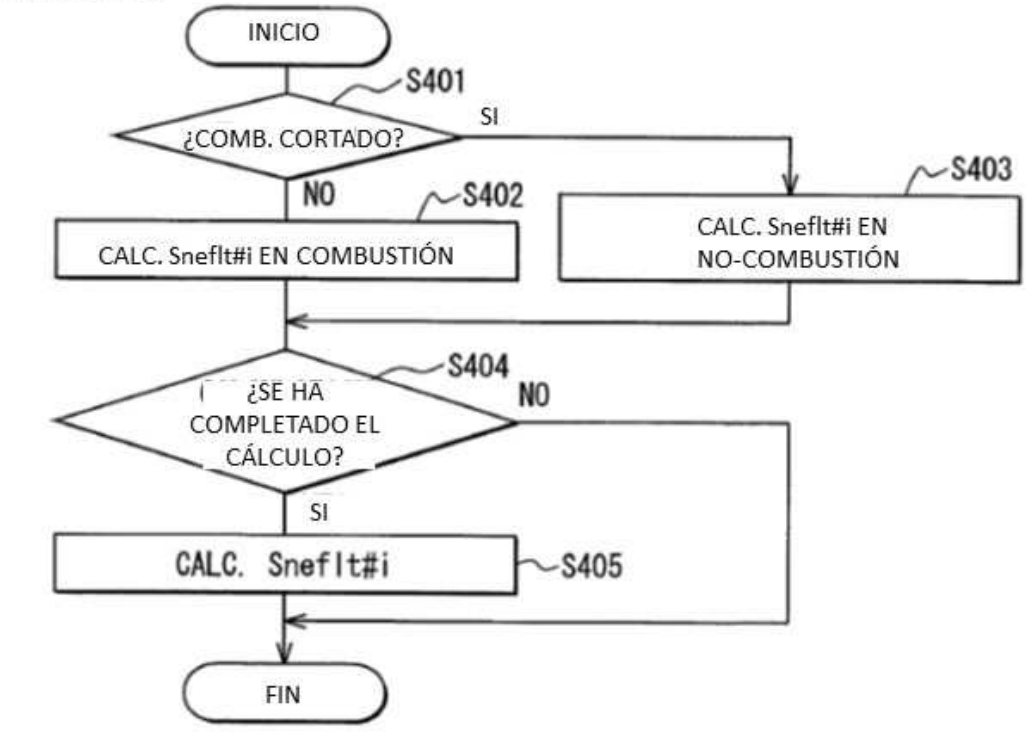

INICIO
S401
¿COMB. CORTADO?
SI
NO
S402
S403
CALC. Sneflt#i EN COMBUSTIÓN
CALC. Sneflt#i EN NO-COMBUSTIÓN
S404
¿SE HA COMPLETADO EL CÁLCULO?
NO
SI
CALC. Sneflt#i
S405
FIN

FIG. 10A

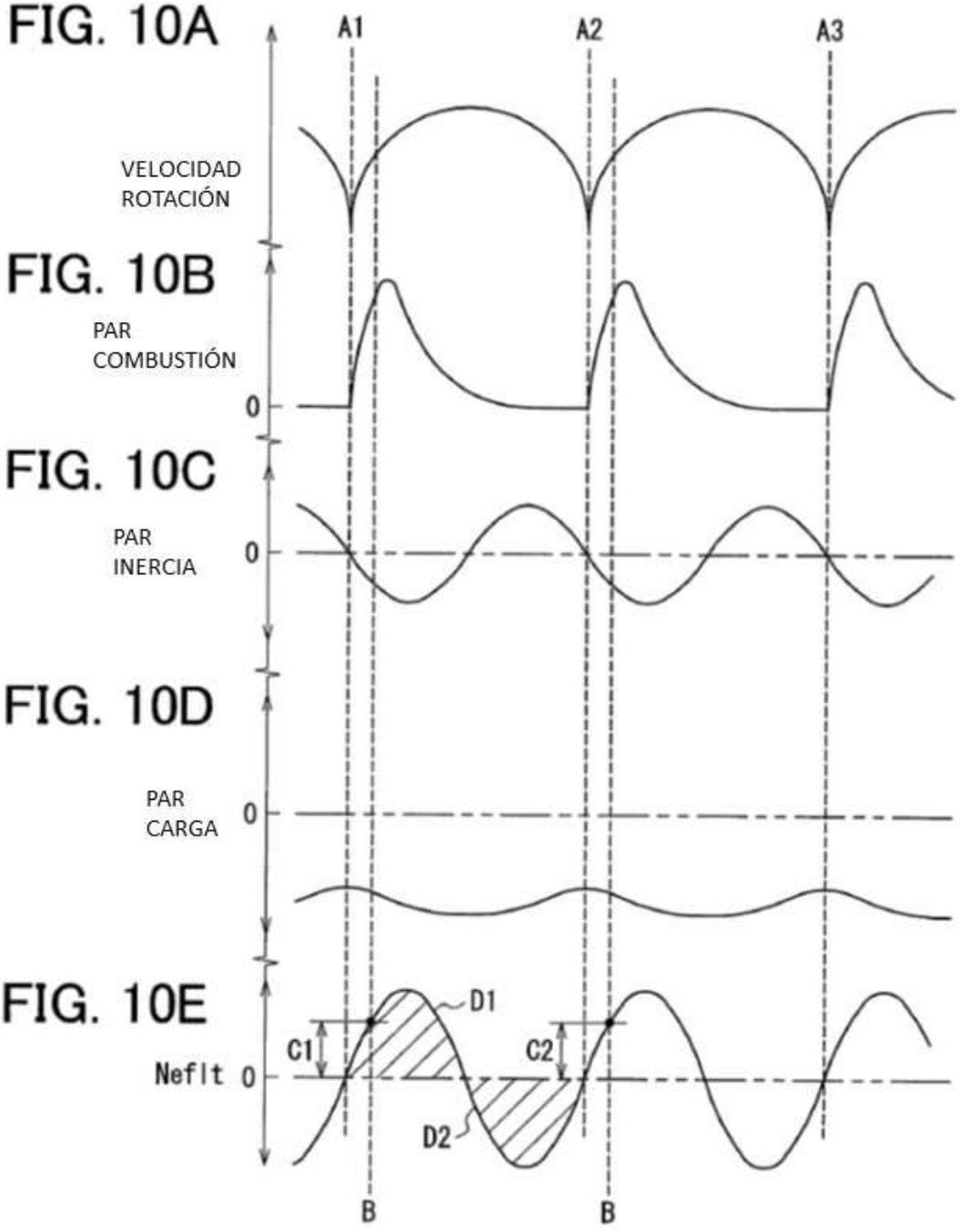


FIG. 10B

FIG. 10C

FIG. 10D

FIG. 10E

FIG. 11

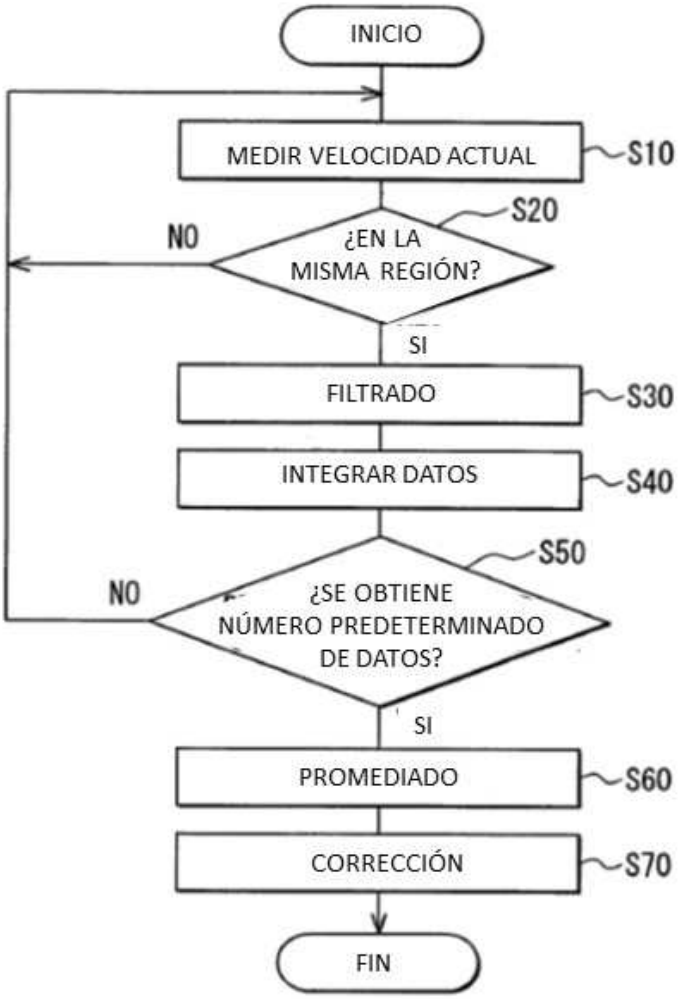

INICIO
MEDIR VELOCIDAD ACTUAL
S10
S20
NO
¿EN LA MISMA REGIÓN?
SI
FILTRADO
S30
INTEGRAR DATOS
S40
S50
NO
¿SE OBTIENE NÚMERO PREDETERMINADO DE DATOS?
SI
PROMEDIADO
S60
CORRECCIÓN
S70
FIN

FIG. 12

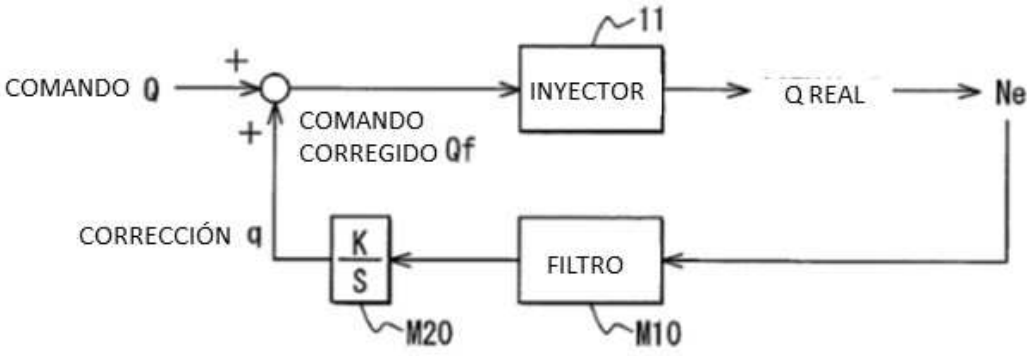

11
COMANDO Q
+
+
COMANDO CORREGIDO Qf
INYECTOR
Q REAL
Ne
CORRECCIÓN q
K/S
FILTRO
M20
M10

FIG. 13

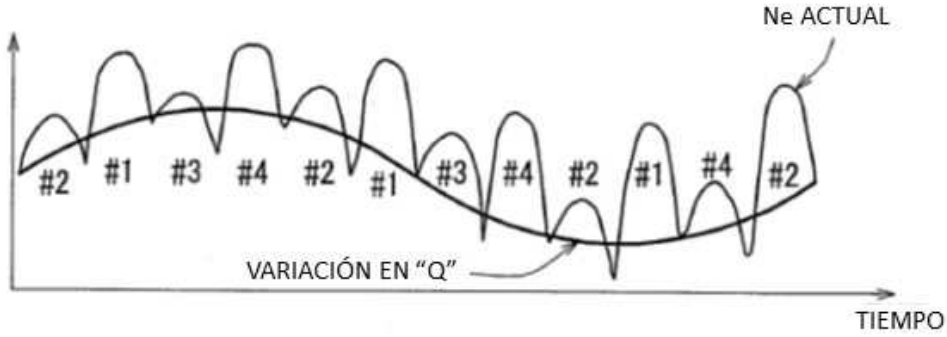

Ne ACTUAL
#2
#1
#3
#4
#2
#1
#3
#4
#2
#1
#4
#2
VARIACIÓN EN "Q"
TIEMPO

FIG. 14

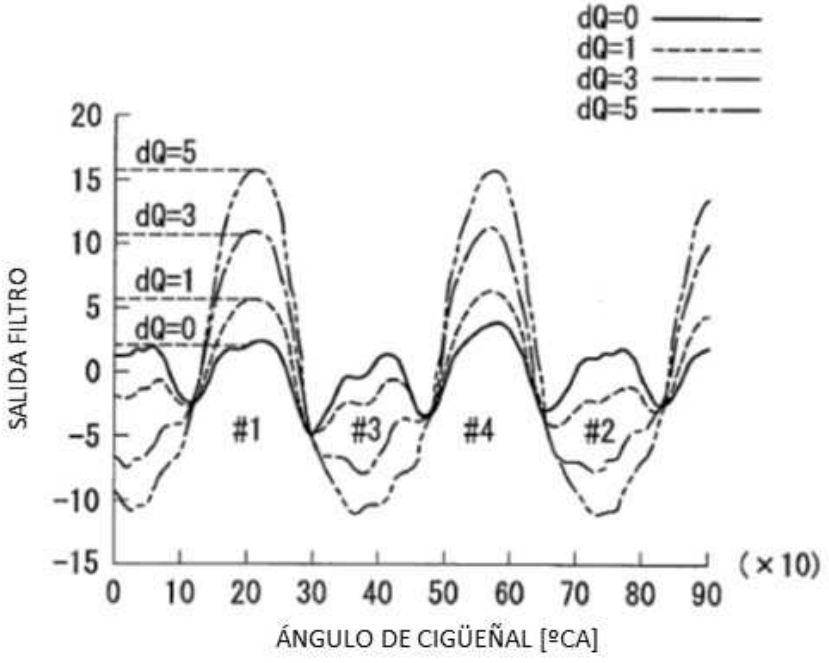

dQ=0
dQ=1
dQ=3
dQ=5
dQ=5
dQ=3
dQ=1
dQ=0
SALIDA FILTRO
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
#1
#3
#4
#2
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
(×10)
ÁNGULO DE CIGÜEÑAL [ºCA]

FIG. 15

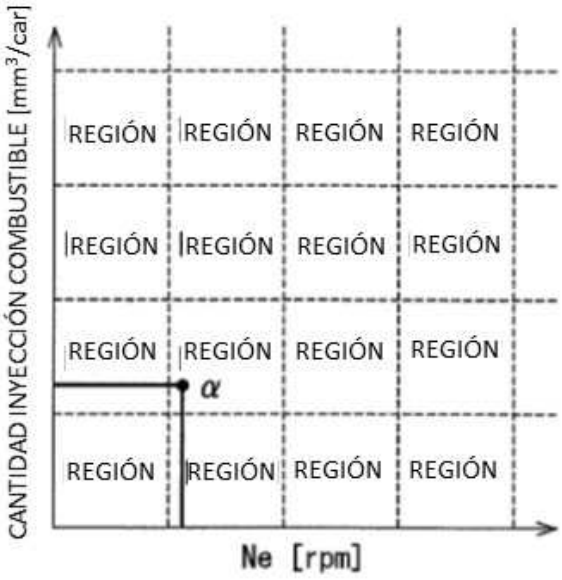
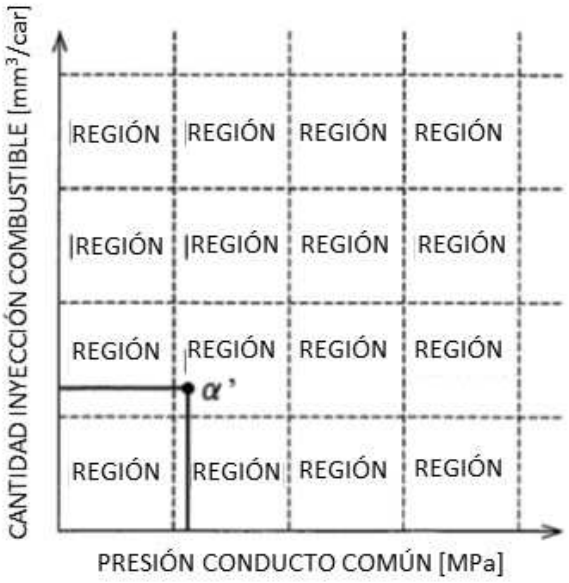

CANTIDAD INYECCIÓN COMBUSTIBLE [mm³/car]
REGIÓN
α
Ne [rpm]

FIG. 16


CANTIDAD INYECCIÓN COMBUSTIBLE [mm³/car]
REGIÓN
α'
PRESIÓN CONDUCTO COMÚN [MPa]