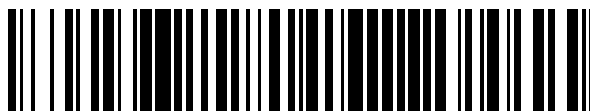


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 157**

51 Int. Cl.:

F02D 41/06	(2006.01)
F02D 41/14	(2006.01)
F02D 41/34	(2006.01)
F02D 35/00	(2006.01)
F02D 35/02	(2006.01)
F02D 41/24	(2006.01)
F02D 41/28	(2006.01)
F02D 41/22	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.05.2016 PCT/IB2016/000574**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2016 WO16178072**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2016 E 16725893 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 3292290**

54 Título: **Un sistema para control continuo de la proporción aire-combustible con corriente de ionización**

30 Prioridad:

07.05.2015 IT RE20150037

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

19.06.2019

73 Titular/es:

**EMAK S.P.A. (100.0%)
4, Via Fermi
42011 Bagnolo in Piano (Reggio Emilia) , IT**

72 Inventor/es:

**GRISENDI, ALESSANDRO;
LO CASALE, WALTER;
BARBOLINI, GIANLUCA y
FERRARI, MARCO**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 717 157 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

Un sistema para control continuo de la proporción aire-combustible con corriente de ionización

5 Campo técnico

[0001] La presente invención se refiere al control de una carburación en motores de combustión interna, en particular motores de combustión interna que tienen un encendido por chispa (p. ej., motores de gasolina), por ejemplo en motores pequeños de dos tiempos usados para herramientas portátiles en los sectores agrícola/forestal, tales como desbrozadoras, motosierras y similares.

Técnica anterior

[0002] Se entiende que la carburación es la proporción entre el comburente (aire) y el combustible en la mezcla que es alimentada a la cámara de combustión del motor, habitualmente indicada como A/F o A/C.

[0003] La proporción A/F correcta es esencial para el buen funcionamiento del motor, como una función tanto del rendimiento como con el fin de reducir las emisiones tóxicas en el escape, y en los motores de gasolina siempre es cercana, pero no igual, a la proporción teórica de combustión, o la proporción estequiométrica.

[0004] El parámetro usado para definir la proporción de combustión es el factor λ que representa el cociente entre el valor real de la proporción aire/combustible y la proporción estequiométrica (aproximadamente 14,7): $\lambda = 1$ corresponde a la proporción estequiométrica, $\lambda < 1$ indica aire insuficiente (mezcla rica), $\lambda > 1$ indica aire excesivo (mezcla pobre).

[0005] El valor de λ está vinculado estrictamente a la presencia de CO en los gases de escape, ilustrándose en la siguiente tabla la relación entre las dos magnitudes:

CO %	1	2	3	4	5	6	7	8	9
λ	0,98	0,94	0,91	0,87	0,84	0,80	0,77	0,73	0,70

[0006] Los motores salen de la fábrica con una calibración estándar, que incluye regular la carburación de modo que el factor λ sea siempre constante e igual a un valor de carburación predeterminado λ_T .

[0007] En los motores pequeños de dos tiempos, por ejemplo, los usados en herramientas portátiles, tales como motosierras, cultivadores, desbrozadoras o similares, el valor de calibración λ_T del factor λ está comprendido normalmente entre 0,85 y 0,95, es decir, correspondiente a una mezcla de combustible ligeramente rica, es decir, que tiene un déficit de aire.

[0008] Para valores del factor λ inferiores a los indicados, existe una pérdida de potencia y un exceso de humos en el escape, mientras que para valores superiores al mismo, puede haber sobrecalentamiento peligroso del motor.

[0009] Un problema relacionado con esta estrategia consiste, sin embargo, en el hecho de que el valor de calibración λ_T del factor λ es adecuado sólo para el funcionamiento del motor al nivel del mar y en condiciones de uso óptimas.

[0010] Si el motor está funcionando más allá de estas condiciones, el valor de calibración λ_T del factor λ ya no puede garantizar consumo bajo y emisiones tóxicas inferiores.

[0011] Este problema es particularmente relevante para los motores pequeños de dos tiempos, usados, por ejemplo, para herramientas portátiles en el sector agrícola/forestal, tales como desbrozadoras, motosierras y similares, que a menudo son sobrecargadas, usadas en condiciones atmosféricas muy malas y a menudo en altura y con diversos tipos de combustible y aceite.

[0012] Por lo tanto, para estos motores es necesario hacer corresponder de manera sustancialmente continua el factor λ con las condiciones de uso efectivas.

[0013] Con este propósito, en el pasado se han descrito sistemas de control de la carburación que usan la corriente de ionización como el parámetro que indica el factor λ .

[0014] Uno de estos sistemas de control de carburación se describe, por ejemplo, en el documento US6.029.627. Otro sistema de control que usa la corriente de ionización para regular la carburación se describe en el documento WO2013/017920. Otra técnica anterior (US2004/084026) describe un control de AFR.

[0015] Los sistemas de control conocidos, aunque efectivos, tienen algunos inconvenientes que no son insignificantes, entre los cuales el más relevante es el tiempo necesario para llevar a término la regulación del factor λ .

5

[0016] Además, los resultados se ven afectados por el desgaste y/o el ensuciamiento de la bujía, lo que tiende a reducir la corriente de ionización c_i .

Resumen de la invención

10

[0017] Un objetivo de la presente invención es describir un sistema de regulación del factor A con tiempos de intervención mucho más rápidos, lo cual es adecuado para una intervención continua y automática durante todo el periodo de funcionamiento del motor, y lo cual es insensible al desgaste y el ensuciamiento de la bujía.

15 **[0018]** Estos y otros objetivos se logran mediante un sistema que tiene las características enumeradas en la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes definen aspectos preferidos o particularmente ventajosos de la invención.

20 **[0019]** En particular, una realización de la presente invención se refiere a un sistema de control de la carburación de un motor de combustión interna que comprende las siguientes actividades:

a. hacer funcionar el motor con una proporción aire/combustible de un valor inicial predeterminado;

25 b. para el valor inicial de la proporción aire/combustible (es decir, hacer funcionar el motor a un valor inicial de la proporción aire/combustible), construir una primera curva que representa la corriente de ionización como una función de la posición angular de un cigüeñal del motor;

c. calcular un valor igual a una integral de la primera curva en un intervalo angular predeterminado del cigüeñal;

30 d. modificar la proporción aire/combustible del motor, llevando la proporción a un segundo valor diferente del valor inicial;

35 b. para el valor inicial de la proporción aire/combustible (es decir, hacer funcionar el motor a un segundo valor de la proporción aire/combustible), construir una segunda curva que representa la corriente de ionización como una función de la posición angular de un cigüeñal;

c. calcular un valor igual a una integral de la segunda curva en un intervalo angular del cigüeñal que es igual al intervalo angular precedente;

40 g. calcular una diferencia entre el valor de la integral de la segunda curva y el valor de la integral de la primera curva;

h. si la diferencia tiene un valor absoluto mayor que un valor umbral predeterminado, intervenir sobre la carburación para regular la cantidad de combustible inyectada.

45 **[0020]** En la práctica, el sistema de control de la presente invención incluye llevar a cabo una prueba de eficiencia: si la diferencia entre los dos valores de la integral de la corriente de ionización tiene un valor absoluto que es inferior o igual al valor umbral, esto significa que el valor inicial de la proporción aire/combustible permite obtener un buen compromiso entre el rendimiento del motor y la calidad de las emisiones contaminantes, de modo que el motor puede seguir funcionando con el valor inicial; si, por otra parte, la diferencia entre los dos valores de la integral
50 de la corriente de ionización tiene un valor absoluto que es superior o igual al valor umbral, esto significa que el valor inicial de la proporción aire/combustible no permite obtener un buen compromiso entre rendimiento del motor y calidad de las emisiones contaminantes, de modo que el sistema de control hará entonces que el motor funcione con una cantidad diferente de combustible (con respecto a la cantidad relacionada con el valor inicial correspondiente de la proporción aire/combustible).

55

[0021] Esta prueba de eficiencia puede repetirse continuamente durante el funcionamiento del motor, usando, cada vez, como valor inicial de la proporción aire/combustible, el mantenido constante o posiblemente regulado al final de la prueba precedente, obteniendo de esta manera un control continuo de la proporción aire/combustible del motor el cual, por lo tanto, permanece comprendido constantemente dentro de un intervalo de valores que garantizan un
60 buen compromiso entre el rendimiento del motor y la cantidad de emisiones contaminantes.

[0022] En un aspecto de la invención, un primer valor inicial de la proporción aire/combustible está comprendido entre el 75 % y el 85 % del valor de la proporción estequiométrica, es decir, el factor λ de la carburación puede estar comprendido entre 0,75 y 0,85.

65

[0023] De esta manera se garantiza que la regulación comienza desde un valor de la proporción aire/combustible que, al menos en condiciones de funcionamiento estándar, es muy cercano al valor óptimo, reduciendo así los tiempos de regulación también en otras condiciones.

5 **[0024]** En un aspecto adicional de la invención, el segundo valor de la proporción aire/combustible es igual a la suma del valor inicial y una cantidad predeterminada.

[0025] Este detalle proporciona un criterio simple y repetible para variar la proporción aire/combustible con respecto al valor inicial durante la prueba de eficiencia, para poder adquirir indicaciones válidas sobre la eficiencia
10 efectiva de la carburación.

[0026] En un aspecto de la invención, con el fin de modificar la proporción aire/combustible, el suministro de combustible puede interrumpirse durante uno o más ciclos del motor, por ejemplo, durante al menos tres ciclos del motor.
15

[0027] De esta manera, la integral de la corriente de ionización calculada para el segundo valor de la proporción aire/combustible no se ve influenciada por las combustiones efectuadas anteriormente, mejorando así la fiabilidad y la robustez de la prueba de eficiencia.

20 **[0028]** En un aspecto adicional de la invención, el intervalo angular predeterminado en el que se calcula la integral de la corriente de ionización es 360° de la rotación del cigüeñal.

[0029] Esto permite tener en cuenta la variación en la corriente de ionización durante todo un ciclo del motor.

25 **[0030]** En un aspecto de la invención, el valor umbral de la diferencia entre los valores de la integral puede ser igual o inferior a $8,32 \mu\text{A} \cdot \text{rad}$.

[0031] Este valor umbral proporciona un criterio válido para establecer si el valor inicial de la proporción de combustión está efectivamente dentro de un intervalo de valor óptimo para la carburación.
30

[0032] En un aspecto adicional de la invención, el valor de la integral de cada curva que representa la corriente de ionización se calcula llevando a cabo etapas de:

- seleccionar, sobre la curva, un número de puntos a intervalos predeterminados del ángulo de rotación del cigüeñal;
35

- calcular, para cada punto, el producto del valor de la corriente de ionización en ese punto para el intervalo angular respectivo;

- sumar los productos relativos a todos los puntos.
40

[0033] Este modo de cálculo proporciona una solución muy simple y rápida para calcular la integral de la corriente de ionización con un esfuerzo computacional que es relativamente modesto.

45 **[0034]** En un aspecto adicional de la invención, la regulación de la cantidad de combustible inyectado incluye aumentar la cantidad de combustible inyectado en un caso de una diferencia negativa y reducir la cantidad de combustible inyectado en un caso de una diferencia positiva.

[0035] Esta solución permite eficazmente aumentar la cantidad de combustible si de la prueba de eficiencia se desprende que el valor inicial de la proporción aire/combustible configura una mezcla excesivamente pobre y, por otra parte, reduce la cantidad de combustible si de la prueba de eficiencia se desprende que el valor inicial de la proporción
50 aire/combustible configura una mezcla excesivamente rica con respecto a la mezcla que permite un buen compromiso entre rendimiento y emisiones contaminantes.

[0036] En un aspecto de la invención, la modificación de la proporción aire/combustible se lleva a cabo a
55 intervalos de tiempo regulares.

[0037] De esta manera, la prueba de eficiencia se repite en cadencia y con regularidad durante el funcionamiento de motor.

60 **[0038]** Por ejemplo, los intervalos de tiempo pueden tener una duración comprendida entre 10 y 20 segundos.

[0039] Con esta solución, la proporción aire/combustible se mantiene eficazmente estrictamente bajo control.

[0040] Regulando la carburación como se describe en lo anterior, se deduce que el valor de la integral de la
65 corriente de ionización (es decir, el valor de la integral de la curva de la corriente de ionización) puede calcularse en

cada ciclo del motor, es decir, que el valor de la integral de la corriente de ionización es monitorizado constantemente durante el funcionamiento del motor.

5 **[0041]** En un aspecto de la invención, si el valor calculado de la integral de la corriente de ionización excede de un valor umbral predeterminado, por ejemplo, un valor de $261 \mu\text{A}\cdot\text{rad}$, y si el valor calculado es mayor que el valor umbral mencionado anteriormente durante un tiempo (es decir, un número de ciclos del motor) o mayor que un valor predeterminado, por ejemplo, 20 ciclos del motor, significa que el motor está funcionando en condiciones críticas.

10 **[0042]** En estas circunstancias puede activarse un procedimiento de seguridad, que controla la carburación basándose en la velocidad del motor, y reemplaza el procedimiento de control descrito anteriormente.

15 **[0043]** En la práctica, este procedimiento de seguridad puede incluir medir la velocidad del motor, normalmente el número de revoluciones realizadas por el cigüeñal en la unidad de tiempo, y regular la cantidad de combustible inyectado de modo que la velocidad del motor se mantenga constantemente en o casi en un valor objetivo predeterminado, por ejemplo, 10000 rpm.

20 **[0044]** Para hacer esto, el sistema puede, por ejemplo, usar un control de realimentación que implique calcular la diferencia entre el valor medido de la velocidad del motor y el valor objetivo, y regular el suministro de combustible para minimizar la diferencia.

[0045] Este procedimiento de seguridad también puede activarse en otras circunstancias, por ejemplo, cuando la temperatura del motor excede de un valor máximo predeterminado, por ejemplo, 270°C , o cuando el número de revoluciones del motor excede de un valor máximo respectivo, por ejemplo, 10000 rpm.

25 **[0046]** En un aspecto adicional de la invención, si el valor calculado de la integral de la corriente de ionización cae por debajo de un valor umbral predeterminado, por ejemplo, un valor de $1,75 \mu\text{A}\cdot\text{rad}$, y si este valor calculado permanece por debajo del valor umbral mencionado anteriormente durante un tiempo (es decir, un número de ciclos del motor) mayor que un valor predeterminado, por ejemplo, 20 ciclos, significa que probablemente la medición de la corriente de ionización (normalmente llevada a cabo por medio de la bujía) ya no es suficientemente fiable para controlar la carburación (por ejemplo, porque la bujía está sucia).

30 **[0047]** En estas circunstancias es posible, por lo tanto, activar un procedimiento de seguridad adicional que, al reemplazar el procedimiento de control de la carburación descrito inicialmente, incluye parar el motor, por ejemplo, suministrando al motor la cantidad máxima de combustible hasta ahogarlo.

35 Breve descripción de los dibujos

[0048] Ventajas adicionales y características constructivas de la invención se desprenderán de la descripción detallada que viene a continuación, que se refiere a una realización preferida particular de la invención ofrecida a título de ejemplo no limitativo.

40 **[0049]** La Figura 1 es una curva $c_i(\alpha)$ que muestra la progresión de la corriente de ionización c_i en el cilindro de un motor como una función del ángulo α del cigüeñal, para un cierto valor del factor λ y limpia de las irregularidades que se producen en el momento de la descarga de encendido.

45 Descripción detallada

[0050] El sistema de control de la presente invención está configurado para controlar la carburación de un motor de combustión interna, es decir, la proporción aire/combustible o, equivalentemente, el factor λ al que se hace funcionar al motor.

[0051] El factor λ es el cociente entre el valor de la proporción aire/combustible a la que el motor está funcionando y la proporción estequiométrica (es decir, 14,7).

55 **[0052]** El motor es preferentemente un motor pequeño de encendido por chispa (por ejemplo, de gasolina), por ejemplo, un motor de dos tiempos para herramientas portátiles, tales como motosierras, cultivadores, desbrozadoras o similares.

60 **[0053]** El motor, por lo tanto, comprende además al menos un cilindro en el que está alojado un pistón alternativo, que a su vez está conectado a un cigüeñal, de modo que el movimiento alternativo del pistón, debido a la combustión de la mezcla de aire/combustible internamente al cilindro (es decir, la cámara de combustión) se transforma en una rotación del cigüeñal.

65 **[0054]** El motor es alimentado por carburador. El carburador está constituido esencialmente por un conducto principal que pone todo el cilindro en comunicación con el exterior. A lo largo de la progresión de este conducto

normalmente está situada una válvula, que puede ser una válvula de mariposa, que tiene la función de regular el flujo de aire internamente al conducto, y un sistema de admisión del combustible. El sistema de admisión de combustible comprende generalmente un estrangulador en el conducto principal y una tobera situada en la posición del estrangulador, que está conectada a un depósito para el combustible. De esta manera, la tobera puede distribuir el combustible que es aspirado por el depósito gracias a la depresión creada por efecto Venturi por el estrangulador.

[0055] El flujo de entrada de combustible a la tobera distribuidora puede controlarse por medio de una válvula, por ejemplo, una válvula de solenoide, que está colocada a lo largo de los conductos que conectan el depósito a la tobera distribuidora. Esta válvula puede ser una válvula de apertura-cierre (es decir, capaz sólo de abrir o cerrar completamente la comunicación entre el depósito y la tobera), que es gobernada para abrirse y cerrarse a alta frecuencia, por ejemplo, por medio de una señal PWM (del inglés "Pulse-Width Modulation", modulación por anchura de impulsos). De esta manera, variando el tiempo medio de apertura y cierre de la válvula, por ejemplo, cambiando el ciclo de trabajo de la señal PWM, es ventajosamente posible regular la cantidad media de combustible que es alimentado al motor.

[0056] El sistema de control de la presente invención está basado en la medición, mientras el motor está funcionando con un cierto valor del factor λ , de la corriente de ionización c_i como una función del ángulo de rotación del cigüeñal en cada ciclo del motor [$c_i = f(\alpha)$], donde no es la variación Δc_i entre los valores de la corriente de ionización lo que es monitorizado, sino la variación de un parámetro z que expresa el valor de la integral de 0° a 360° de la curva $c_i = f(\alpha)$.

[0057] El fenómeno de ionización surge internamente de la cámara de combustión, donde se generan iones por efecto de la reacción de oxidación del combustible y por la acción del calor generado por la combustión.

[0058] En presencia de dos polos cargados de manera diferente situados en la cámara de combustión, entre los polos tiene lugar una migración de iones, dando lugar a un paso de corriente que toma el nombre de corriente de ionización c_i .

[0059] Es posible usar, como polos, los electrodos de la bujía de la mezcla de combustible.

[0060] La corriente de ionización c_i es la corriente que transita entre los dos electrodos, medida desde el exterior del motor,

es decir, a través del circuito eléctrico que se dirige a la bujía.

[0061] Los sistemas de medición de corriente c_i son conocidos y, por lo tanto, no se describirán en detalle.

[0062] El sistema es propicio para una monitorización continua de la carburación del motor durante su uso, por ejemplo, para calcular el valor del parámetro z en cada ciclo del motor.

[0063] En este contexto, considérese el caso, a título de ejemplo, en el que, durante la realización de un cierto ciclo del motor, el motor está funcionando con una carburación que corresponde al valor del factor λ de λ_0 , donde λ_0 es un valor predeterminado que llamaremos "inicial".

[0064] El valor inicial (λ_0) del factor λ corresponde habitualmente a un ciclo de trabajo predeterminado de la válvula.

[0065] Para este valor inicial (λ_0) se construye la curva [$c_i = f(\alpha)$] y se calcula la integral z_0 de 0° a 360° de la curva $c_i = f(\alpha)$, es decir, el valor de la integral de la corriente de ionización durante el ciclo del motor actual.

[0066] Durante un ciclo del motor subsiguiente, el valor del factor λ se modifica automáticamente y se vuelve a calcular el valor del parámetro z , es decir, el valor de la integral de la corriente de ionización se vuelve a calcular durante el ciclo del motor realizado con el nuevo valor del factor λ .

[0067] La modificación del valor del factor λ se realiza interrumpiendo el suministro al motor, o más bien durante unos pocos ciclos del motor, por ejemplo, durante tres o más ciclos del motor consecutivos.

[0068] En la práctica, la válvula de apertura-cierre que conecta el depósito a la tobera del carburador se mantiene cerrada durante el intervalo de tiempo mencionado anteriormente, por ejemplo, durante tres o cinco ciclos del motor consecutivos, de modo que al motor sólo se le suministra la cantidad de combustible que queda en el circuito, causando en términos generales un aumento en el valor de λ .

[0069] De esta manera, una modificación del factor λ del valor inicial λ_0 resulta, a un valor diferente λ_1 , aún mayor que λ_0 al que corresponde el cálculo de un nuevo valor z_1 del parámetro z .

[0070] Por ejemplo, el valor λ_1 puede calcularse como la suma entre el valor inicial (λ_0) y una cantidad predeterminada Δ_λ , donde esta cantidad Δ_λ puede ser igual a una constante o un valor predeterminado del factor λ , por ejemplo, un valor positivo inferior o igual a 0,05.

5 **[0071]** De esta manera resultará que el valor λ_1 es siempre mayor que el valor λ_0 , es decir, siempre corresponderá a una mezcla ligeramente más pobre.

[0072] Comparando los valores z_0 e z_1 se calcula la diferencia $\Delta_z = z_1 - z_0$ y, si el valor absoluto es mayor que un cierto valor de referencia Δ_{zrif} , esto significa que la carburación no es correcta y necesita modificación.

10

[0073] Por ejemplo, el valor de referencia Δ_{zrif} puede ser $8,32 \mu A \cdot rad$, de modo que la diferencia entre los dos valores z_0 y z_1 de la integral es aceptable sólo si es inferior al valor de referencia ($\Delta_z < 8,32 \mu A \cdot rad$).

15 **[0074]** En particular, si el valor absoluto de Δ_z es $< \Delta_{zrif}$ se llega a la conclusión de que la carburación es correcta. En este caso, en el sistema de control, en los ciclos del motor subsiguientes, el motor volverá a funcionar con el valor inicial λ_0 del factor λ , sin intervenciones sobre la carburación.

20 **[0075]** Si el valor absoluto de Δ_z es $> \Delta_{zrif}$ y Δ_z es un valor negativo, esto significa que la mezcla de aire/combustible es demasiado pobre. En este caso, el sistema de control del motor pasa a enriquecer la mezcla de aire/combustible, por ejemplo, en una cantidad fija. En otras palabras, el sistema de control actúa de modo que en los siguientes ciclos del motor, el motor se hace funcionar con una mayor cantidad de combustible con respecto al combustible que corresponde al valor inicial λ_0 , es decir, con un nuevo valor del factor λ que es inferior a λ_0 .

25 **[0076]** Por otra parte, si el valor absoluto de Δ_z es $> \Delta_{zrif}$ y Δ_z es un valor positivo, esto significa que la mezcla de aire/combustible es demasiado rica. En este caso, el sistema de control del motor pasa a empobrecer la mezcla de aire/combustible, por ejemplo, en una cantidad fija. En otras palabras, el sistema de control actúa de modo que en los siguientes ciclos del motor, el motor se hace funcionar con una menor cantidad de combustible con respecto al combustible que corresponde al valor inicial λ_0 , es decir, con un nuevo valor del factor λ que es superior al valor inicial λ_0 . Este nuevo valor del factor λ podría coincidir con el valor λ_1 pero también podría ser diferente.

30

[0077] En la práctica, las operaciones descritas anteriormente representan una prueba de eficiencia sobre el valor inicial (λ_0) del factor λ . Si la diferencia entre los dos valores de la integral de la corriente de ionización tiene un valor absoluto que es inferior o igual al valor umbral, esto significa que el valor inicial λ_0 del factor λ permite obtener un buen compromiso entre rendimiento del motor y cantidad de emisiones contaminantes, de modo que el motor puede seguir funcionando con el valor inicial λ_0 . Si, por otra parte, la diferencia entre los dos valores de la integral de la corriente de ionización tiene un valor absoluto que es superior o igual al valor umbral, esto significa que el valor inicial λ_0 del factor λ no permite obtener un buen compromiso entre rendimiento del motor y calidad de las emisiones contaminantes, de modo que el sistema de control hará entonces que el motor funcione con una cantidad diferente de combustible y, por lo tanto, un nuevo valor del factor λ .

40

[0078] Esta prueba de eficiencia se repite varias veces durante el funcionamiento del motor, usando cada vez, como valor inicial λ_0 del factor λ , el valor al que el motor estaba funcionando inmediatamente antes, es decir, el que resulta (mantenido constante o regulado) al final de la última prueba de eficiencia llevada a cabo anteriormente.

45 **[0079]** En particular, las operaciones anteriores (es decir, la prueba de eficiencia en su totalidad) pueden repetirse a intervalos regulares durante todo el tiempo de funcionamiento del motor, por ejemplo, cada 15-20 segundos, de modo que la carburación se adapta y mantiene continuamente cerca de un valor óptimo del factor λ como una función de las condiciones de uso y la situación medioambiental en la que está funcionando el motor.

50 **[0080]** Al llevar a cabo la prueba de eficiencia por primera vez, por ejemplo, al arrancar el motor, el valor inicial λ_0 del factor λ puede ser igual a un valor de calibración predeterminado λ_T , que puede estar comprendido entre 0,75 y 0,85.

55 **[0081]** Características y ventajas adicionales de la invención se desprenderán en más detalle a partir de una lectura del siguiente ejemplo, para el que se usó un motor monocilíndrico de dos tiempos que tiene las siguientes características:

cilindrada	40,2 cc
salida máxima	10.500 rpm
potencia máxima	2,1 CV
Salida de trabajo	8500 rpm

ES 2 717 157 T3

- [0082]** La cartografía del motor se llevó a cabo en origen, suponiendo el uso del motor al nivel del mar, con una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 20 °C.
- [0083]** En estas condiciones se adoptó un valor de calibración del factor λ de $\lambda_T = 0,8$, al que corresponden 5 emisiones de CO del 6 % y un valor máximo de la corriente de ionización de 0,6 μA .
- [0084]** El primer uso del motor fue a una altura de 2000 metros sobre el nivel de mar, con una temperatura de funcionamiento cercana a 0 °C.
- 10 **[0085]** La carburación del motor requiere así un ajuste, que se hace de la siguiente manera.
- [0086]** Al arrancar el motor por primera vez, el sistema de control usa, como valor inicial λ_0 del factor λ , el valor de calibración λ_T ($\lambda_0 = \lambda_T = 0,8$).
- 15 **[0087]** Haciendo funcionar el motor con este valor, $\lambda_0 = \lambda_T$ del factor λ , se mide la corriente de ionización c_i y se traza la curva $c_i(\alpha)$, que representa la corriente de ionización c_i como una función de ángulo α de rotación del cigüeñal durante un ciclo del motor.
- [0088]** Como se ilustra en la figura 1, en esta curva se elige un número de puntos ($P_1 \dots P_n$) a intervalos 20 regulares Δ_α del ángulo α de rotación del cigüeñal y para cada punto $P_1 \dots P_n$ se lee el valor correspondiente de $c_{i1} \dots c_{in}$.
- [0089]** Para cada punto, se aplica el producto $c_i \times \Delta_\alpha$ y después de ello se calcula la suma de todos los 25 productos.
- [0090]** La suma de los productos $c_i \times \Delta_\alpha$ representa el valor z_0 del parámetro z , es decir, la integral de 0° a 360° de la curva $c_i(\alpha)$.
- [0091]** Este valor z_0 del parámetro z permanece sustancialmente constante durante todos los ciclos del motor 30 en los que el motor se hace funcionar con un valor inicial (λ_0) $\lambda_0 = \lambda_T$ del factor λ .
- [0092]** En este punto, se modifica el valor del factor λ , interrumpiendo el suministro del combustible, por ejemplo, durante cinco ciclos, llevando así el valor inicial $\lambda_0 = \lambda_T$ a un nuevo valor λ_1 .
- 35 **[0093]** La variación del factor λ , consecuente a la interrupción del suministro, es decir, la diferencia entre los valores λ_1 y λ_0 es un valor positivo Δ_λ inferior o igual a 0,05 ($\Delta_\lambda \leq 0,05$).
- [0094]** Por lo tanto, el cálculo del parámetro z se repite en una curva $c_i(\alpha)$ obtenida haciendo que el motor 40 funcione con el valor λ_1 del factor λ , calculando de esta manera el nuevo valor z_1 .
- [0095]** Después se calcula el valor de la diferencia Δ_z entre dos valores del parámetro z , es decir, $\Delta_z = z_1 - z_0$.
- [0096]** Si Δ_z es $> \Delta_{z\text{rif}}$ (por ejemplo, 477 $\mu\text{A} \cdot \text{ms}$) en valor absoluto, el sistema de regulación de motor enriquece o debilita automáticamente la mezcla de aire/combustible según si el valor de Δ_z es negativo (mezcla pobre) o 45 respectivamente positivo (mezcla rica).
- [0097]** Las operaciones se repiten a intervalos regulares durante todo el periodo de funcionamiento del motor.
- [0098]** El procedimiento descrito anteriormente puede implementarse por medio de dispositivos medidores 50 electrónicos conocidos por los expertos técnicos en el sector.
- [0099]** Con el procedimiento descrito anteriormente, el valor z de la integral de la corriente de ionización además es monitorizado constantemente, lo que puede calcularse, de hecho, en cada ciclo del motor.
- 55 **[0100]** Si el valor de z es demasiado alto o demasiado bajo, el sistema puede activar procedimientos de seguridad que permiten salvaguardar el motor.
- [0101]** En particular, el sistema puede activar un primer procedimiento de seguridad si el valor calculado z de la integral de la corriente de ionización excede de un valor umbral predeterminado z_{max} , por ejemplo, un valor de 261 60 $\mu\text{A} \cdot \text{rad}$, durante un tiempo (es decir, un número de ciclos del motor) mayor que un valor predeterminado Δt , por ejemplo, 20 ciclos del motor.
- [0102]** Este primer procedimiento de seguridad puede incluir desactivar el procedimiento de control descrito en lo anterior, y controlar la carburación basándose en la velocidad del motor.
- 65

[0103] Por ejemplo, este primer procedimiento de seguridad puede incluir medir la velocidad del motor, normalmente el número de revoluciones completadas por el cigüeñal en la unidad de tiempo, y regular la cantidad de combustible inyectado de modo que la velocidad del motor se mantenga constantemente en o casi en un valor objetivo W_{tar} , por ejemplo, 10000 rpm.

5

[0104] Para hacer esto, el sistema puede usar un control de realimentación que incluya calcular, para cada ciclo del motor, la diferencia entre un valor medido W de la velocidad del motor, y el valor objetivo W_{tar} , y regular el suministro de combustible para minimizar la diferencia, por ejemplo, por medio de un control proporcional (P), un control proporcional-integral (PI) o un control proporcional-integral-derivativo (PID) que use como entrada la diferencia entre el valor medido W y el valor objetivo W_{tar} de la velocidad del motor.

10

[0105] Este primer procedimiento de seguridad también puede activarse en otras circunstancias, por ejemplo, si la temperatura del motor excede de un valor máximo predeterminado, por ejemplo, 270 °C, o si el número de revoluciones del motor excede de un valor máximo respectivo, por ejemplo, 10000 rpm.

15

[0106] Para activar el procedimiento de seguridad, es posible que cada una de estas condiciones adicionales sea verificada durante al menos un periodo de tiempo predeterminado.

[0107] El sistema de control puede activar además un segundo procedimiento de seguridad si el valor calculado z de la integral de la corriente de ionización cae por debajo de un valor umbral predeterminado z_{min} , por ejemplo, un valor de $1,75 \mu A \cdot rad$, durante un tiempo (es decir, un número de ciclos del motor) mayor que un valor predeterminado Δt , por ejemplo, 20 ciclos del motor.

20

[0108] En estas circunstancias es posible que la bujía esté muy sucia y que realmente no pueda proporcionar el valor fiable de la corriente de ionización, lo cual no permite controlar la carburación eficazmente.

25

[0109] En este caso, el segundo procedimiento de seguridad puede incluir simplemente causar el apagado del motor, por ejemplo, suministrando al motor la mayor cantidad de combustible posible, es decir, dejando la válvula de apertura-cierre que conecta el depósito de combustible con la tobera de inyección del carburador abierta constantemente.

30

[0110] De esta manera, la cantidad de combustible inyectado se vuelve tan elevada que ahora rápidamente el motor que, en consecuencia, se apaga.

[0111] Se entiende que la invención no se limita al ejemplo descrito anteriormente, y pueden efectuarse variaciones y mejoras en la misma sin abandonar el alcance de las reivindicaciones que vienen a continuación.

35

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control de carburación de un motor de combustión interna de dos tiempos que comprende las siguientes actividades:
- 5 a. hacer funcionar el motor con una proporción aire/combustible de un valor inicial predeterminado (λ_0):
 b. para el valor inicial (λ_0) de la proporción aire/combustible, construir una primera curva ($c_i(\alpha)$) que representa la corriente de ionización (c_i) como una función de la posición angular (α) de un cigüeñal del motor, midiéndose la corriente de ionización (c_i) a través de electrodos de bujía;
- 10 c. calcular un valor (z_0) igual a una integral de la primera curva ($c_i(\alpha)$) en un intervalo angular predeterminado del cigüeñal;
 d. interrumpir el suministro de combustible durante unos pocos ciclos del motor, aumentando así la proporción aire/combustible del motor a un segundo valor (λ_1) mayor que el valor inicial (λ_0), siendo el segundo valor (λ_1) de la proporción aire/combustible igual a la suma del valor inicial (λ_0) y una cantidad predeterminada (Δ_λ), siendo la cantidad predeterminada (Δ_λ) inferior o igual a 0,05;
- 15 b. para el segundo valor (λ_1) de la proporción aire/combustible, construir una segunda curva ($c_i(\alpha)$) que representa la corriente de ionización (c_i) como una función de la posición angular (α) del cigüeñal, midiéndose la corriente de ionización (c_i) a través de los electrodos de bujía;
 c. calcular un valor (z_1) igual a una integral de la segunda curva ($c_i(\alpha)$) en un intervalo angular predeterminado del cigüeñal que es igual al intervalo angular precedente;
- 20 g. calcular una diferencia (Δ_z) como el valor (z_1) de la integral de la segunda curva menos el valor (z_0) de la integral de la primera curva;
 h. si la diferencia (Δ_z) tiene un valor absoluto mayor que un valor umbral predeterminado (Δ_{zrif}), intervenir sobre la carburación para regular la cantidad de combustible inyectado, en el que la regulación de la cantidad de combustible inyectado incluye aumentar la cantidad de combustible inyectado en caso de una diferencia negativa y reducir la cantidad de combustible inyectado en caso de una diferencia positiva.
- 25
2. El sistema de control según la reivindicación 1, **caracterizado porque** un primer valor inicial (λ_T) de la proporción aire/combustible está comprendido entre el 75 % y el 85 % del valor de la proporción estequiométrica.
- 30
3. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el intervalo angular predeterminado en el que se calcula la integral de la corriente de ionización es 360° de una rotación del cigüeñal.
- 35
4. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el valor umbral (Δ_{zrif}) de la diferencia es igual o inferior a 261 $\mu A^{\circ} rad$.
5. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el valor de la integral de cada curva ($c_i(\alpha)$) que representa la corriente de ionización (c_i) se calcula llevando a cabo las etapas de:
- 40 de:
 - seleccionar, sobre la curva ($c_i(\alpha)$), un número de puntos ($P_1...P_n$) a intervalos predeterminados (Δ_α) del ángulo de rotación (α) del cigüeñal;
 - calcular, para cada punto ($P_1...P_n$), el producto del valor (c_i) de la corriente de ionización en ese punto para el intervalo angular respectivo (Δ_α):
 45 - sumar los productos relativos a todos los puntos ($P_1...P_n$).
6. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la modificación de la proporción aire/combustible se lleva a cabo a intervalos de tiempo regulares.
- 50
7. El sistema de control según la reivindicación 6, **caracterizado porque** los intervalos de tiempo tienen una duración comprendida entre 10 y 20 segundos.
8. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el valor (z) de la integral de la corriente de ionización es monitorizado en cada ciclo del motor y la cantidad de combustible inyectado es regulada para mantener un valor predeterminado de la velocidad del motor, si el valor (z) de la integral de la corriente de ionización excede de un valor umbral predeterminado (Z_{max}).
- 55
9. El sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el valor (z) de la integral de la corriente de ionización es monitorizado en cada ciclo del motor y el motor se para si el valor (z) de la integral de la corriente de ionización es inferior a un valor umbral predeterminado (Z_{min}).
- 60

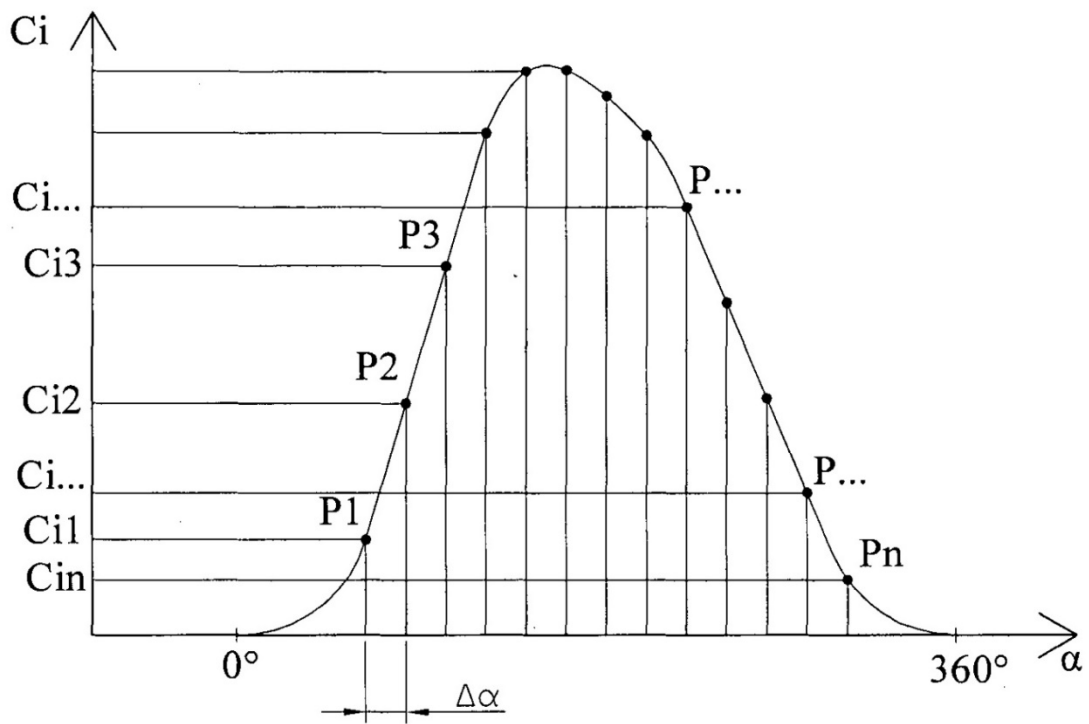


FIG.1