

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 265**

51 Int. Cl.:

F02D 41/00 (2006.01)

G01M 15/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.12.2015 PCT/IB2015/059370**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.06.2016 WO16088097**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2015 E 15823776 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 3227544**

54 Título: **Un sistema de detección de fugas de un circuito de EGR de baja presión de un motor de combustión interna**

30 Prioridad:

04.12.2014 IT TO20141013

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

21.02.2019

73 Titular/es:

FPT INDUSTRIAL S.P.A. (100.0%)

Via Puglia 15

10156 Torino, IT

72 Inventor/es:

DELL'UNTO, FRANCESCO;

ODELLO, FABIO y

POZZI, UGO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 701 265 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 de detección de fugas de un circuito de EGR de baja presión de un motor de combustión interna

Ámbito de aplicación de la invención

5 La presente invención se relaciona con el campo de los motores de combustión interna equipados con al menos un conducto de recirculación de gases de escape de baja presión y más precisamente con un sistema de detección de una fuga de dicho circuito de recirculación de EGR de baja presión.

Técnica anterior

10 Las regulaciones de emisiones a las que están sujetos los motores de combustión interna establecen límites de emisión cada vez más estrictos y ciclos de validación cada vez más desafiantes. Uno de los contaminantes con el mayor impacto que las regulaciones requieren que se mantengan bajo control es el compuesto de óxidos de nitrógeno (NOx): EGR (Recirculación de Gases de Escape) es el sistema que, en la mayoría de las aplicaciones, se utiliza para reducir este contaminante.

Una posible falla consiste en la entrada de aire fresco en el conducto de EGR de baja presión.

15 En otras palabras, en lugar de recircular los gases de escape, se introduce aire fresco. Como un resultado, el rendimiento, por un lado, en términos de potencia/torque entregado por el motor de combustión interna, mejora, pero por otro lado, ya no es posible controlar/limitar adecuadamente las emisiones de NOx.

Este tipo de falla puede ocurrir esencialmente por dos razones: ruptura accidental del conducto de EGR de baja presión o apertura voluntaria del mismo por parte del conductor, precisamente para aumentar el rendimiento del motor de combustión interna.

20 El documento EP 2 728 150 A1 divulga un sistema de detección de fugas/fallas de un circuito de EGR de baja presión de un motor IC de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Resumen de la invención

25 Por consiguiente, el objetivo de la presente invención es proponer un sistema capaz de controlar la posible entrada de aire fresco en/a través del conducto de EGR de baja presión de un motor de combustión interna, tanto del tipo aspirado como sobrealimentado.

La presente invención se relaciona con un sistema de detección de fugas de una línea de recirculación de EGR de baja presión de un motor de combustión interna.

30 La idea básica de la presente invención es calcular los valores de error lambda, es decir, los errores entre el lambda medidos en la línea de escape y el lambda teórico, calcular las ratas de flujo de la EGR recirculada y calcular una línea de regresión con base en dichas ratas de flujo de EGR y valores de error lambda y para señalar un error como una función de un valor de coeficiente angular de dicha línea de regresión.

La presente invención también se relaciona con un motor de combustión interna que implementa el sistema anterior, un vehículo, o un aparato fijo que comprende el motor de combustión interna mencionado anteriormente.

35 Un objetivo adicional de la presente invención es un sistema de detección de fugas de un circuito de EGR de baja presión de un motor de combustión interna. Las reivindicaciones describen variantes preferidas de la invención, que forman parte integral de la presente descripción.

Breve descripción de las figuras

40 Otros propósitos y ventajas de la presente invención quedarán claros a partir de la siguiente descripción detallada de un ejemplo de realización de la misma (y de sus variantes) y los dibujos adjuntos, proporcionados simplemente a modo de ejemplo no limitativo, en los que:

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático de un motor de combustión interna que comprende un conducto de EGR de baja presión que implementa el sistema de la presente invención;

La Figura 2 muestra un ejemplo de cálculo de una línea de regresión en dos parámetros en los que se basa el método de la presente invención.

Los números de referencia y letras idénticos en los dibujos se refieren a los mismos elementos o componentes. En la presente descripción, el término "segundo" componente no implica la presencia de un "primer" componente. Estos términos, de hecho, se usan solo por claridad y no pretenden ser limitativos.

Descripción detallada de realizaciones

5 Con referencia a la Figura 1, un motor E de combustión interna, preferiblemente un ciclo diésel, con cualquier número de cilindros, por ejemplo 4 o 6, está equipado con un colector IP de admisión conectado a la salida del compresor C de un grupo TC turbocompresor. La entrada de dicho compresor C está conectada por el conducto FC a la caja F de filtro de succión.

10 El conducto RL conecta un punto de la línea de escape de baja presión, es decir, casi a la presión ambiente, y un punto de la línea de succión, corriente abajo del filtro F de succión de baja presión, es decir, casi a la presión ambiente.

Entre la caja F de filtro de succión y el punto de conexión entre el conducto RL y el conducto FC, se coloca un dispositivo HFM de medición de masa de aire, generalmente presente en los motores de combustión interna.

Como será más claro a continuación, la presencia del grupo turbocompresor es opcional.

15 La turbina T del mismo grupo TC tiene la entrada conectada con el colector EP de escape y la salida conectada con un sistema de postratamiento de gases ATS (DPF, NCI) de escape.

20 En el caso de un motor sobrealimentado, el conducto RL de EGR de baja presión está conectado entre la salida de la turbina T o uno o más de los componentes del sistema (ATS) de tratamiento de gases de escape y la entrada del compresor C. Una válvula ELV está dispuesta en cualquier punto de dicho conducto RL, por ejemplo, en el punto de salida en el conducto FC, para ajustar la cantidad de gases de escape que se van a recircular.

Por lo tanto, para los propósitos de la presente invención, el conducto de EGR de baja presión también se entiende como el único conducto de EGR de un motor aspirado, es decir, sin grupos TC de sobrealimentación.

25 El concepto de baja presión, en este contexto, es claro en relación con el hecho de que la purga de los gases de escape funciona casi a presión ambiente o, en cualquier caso, corriente abajo de una posible turbina T (final) (de acuerdo con la salida de los gases de escape).

30 El motor de combustión interna, si está sobrecargado, puede equiparse opcionalmente con un conducto de EGR de alta presión EH, conectado entre el colector EP de escape y el colector IP de admisión, por lo tanto corriente arriba de la entrada de la turbina T y corriente abajo de la salida del compresor C. En la Figura 1, el conducto RL de baja presión se muestra interrumpido por la superposición de un bloqueo de AF con la etiqueta $\dot{m}_{F_{alladeAire}}$, que idealmente representa una pérdida de hermeticidad del conducto RL de EGR de baja presión que permite la entrada de aire fresco en el motor E a través de la válvula de EGR de baja presión ELV. Este aire fresco no se cuenta con el dispositivo HFM de medición de masa de aire.

35 Como se aclarará más adelante, la entrada de aire fresco también puede tener lugar a lo largo del conducto FC entre el dispositivo HFM de medición de masa de aire y la entrada del compresor C, si está presente, o, en cualquier punto corriente abajo del dispositivo HFM la medición de masa de aire en el caso en que el motor no esté equipado con ningún compresor.

El motor E también está equipado con un sistema IS de inyección de combustible que comprende medios para medir o estimar la cantidad de combustible inyectado en los cilindros $\dot{m}_{COMBUSTIBLE}$.

40 Además, el motor está equipado con al menos un sensor lambda (λ) o un sensor de NOx en la línea de escape, por medio del cual es posible medir o estimar la relación entre aire (fresco) y combustible alimentados al motor E de combustión interna.

La Figura 1 muestra varios sensores lambda, dado que en el ejemplo de aplicación mostrado, están dispuestos en la línea de escape, es decir, a lo largo del ATS, del motor. Para los fines de la presente invención, al menos un sensor lambda y/o NOx es suficiente para implementar la invención.

45 Nótese que el símbolo λ (lambda) indica el propio sensor lambda o NOx.

De acuerdo con la presente invención, paso 1, se adquiere un valor lambda en el escape, por ejemplo, por medio de dicho sensor lambda y/o NOx.

Además -en el paso 2- se calcula un valor teórico de lambda λ_{esp} por los medios para medir o estimar la cantidad de aire fresco aspirado \dot{m}_{HFM} y el combustible $\dot{m}_{COMBUSTIBLE}$ inyectado:

$$\lambda_{esp} = \frac{\dot{m}_{HFM} / \dot{m}_{COMBUSTIBLE}}{STK}$$

5 STK es un coeficiente variable que generalmente asciende a 14.6 para diésel, 13.5 para biodiésel, 10.1 para etanol y 17.4 para metano.

Posteriormente, - en el paso 3 - se estima un error entre lambda medido λ_{medido} en la línea de escape por dicho sensor λ y/o NOx y el lambda teórico λ_{esp} :

$$\lambda_{err} = \lambda_{medido} - \lambda_{esp}$$

10 En la técnica anterior, pequeños valores de λ_{err} , por debajo del 10%, pueden considerarse admisibles. Sin embargo, la invención debe considerarse extendida al caso más general de los motores que requieren tolerancias de operación más estrictas o que permiten tolerancias de operación más amplias.

En el paso 4 -se calcula la rata de flujo EGR \dot{m}_{EGR} de baja presión recirculada.

15 La rata de flujo EGR \dot{m}_{EGR} de baja presión se puede calcular o estimar de cualquier manera.

Un método preferido para calcular la rata de flujo EGR \dot{m}_{EGR} de baja presión, cuando no se proporciona la recirculación de alta presión simultánea, implica el paso de restar de la carga total que ingresa al motor \dot{m}_a la rata de flujo de aire fresco medida en la aspiración \dot{m}_{HFM} por medio de dicho dispositivo HFM de medición de masa de aire, donde la carga total que ingresa al motor \dot{m}_a es una función de las revoluciones, el desplazamiento, la presión y la temperatura del motor medidas en dicha línea de admisión y preferiblemente en el colector IP de admisión.

20 Un ejemplo de tal estimación se da en los párrafos [0034] y [0035] del documento US2012138027.

A la inversa, cuando se proporciona una recirculación de alta presión simultánea, entonces un método preferido para calcular la rata de flujo EGR $\dot{m}_{EGR,LP}$ de baja presión proporciona el paso de restar de la carga total que ingresa al motor \dot{m}_a , la rata de flujo EGR $\dot{m}_{EGR,HP}$ de alta presión estimada apropiadamente y el flujo de aire fresco medido en la \dot{m}_{HFM} de admisión por medio de dicho dispositivo HFM de medición de masa de aire, donde la carga total que ingresa al motor \dot{m}_a es una función de las revoluciones, el desplazamiento, la presión y la temperatura del motor medidos en dicha línea de admisión y preferiblemente en el colector IP de admisión.

25 La estimación de la rata de flujo $\dot{m}_{EGR,HP}$ de EGR de alta presión puede, por ejemplo, hacerse con base en la apertura de la válvula de alta presión de EGR, preferiblemente la válvula de EGR está modelada como una boquilla desde la cual el gas recirculado fluye para calcular un valor de área de salida para corregir la rata de flujo de gas recirculado de acuerdo con un patrón de flujo. Un ejemplo de tal técnica se da en el documento EP2728150.

30 Una vez que se calculan λ_{err} y \dot{m}_{EGR} -en el paso 5- la correlación entre dicho error λ_{err} y la rata de flujo \dot{m}_{EGR} de EGR de baja presión se calcula calculando una línea de regresión $\hat{y} = a + bx$.

Preferiblemente, para el cálculo de la línea de regresión, se usa el valor absoluto del error λ_{err} , asegurándose de que las condiciones de presión o presión negativa en el circuito de EGR de baja presión tengan valores de error λ_{err} de signos opuestos pero idénticos en valor absoluto.

Un ejemplo de una línea de regresión se muestra en la figura 2.

- 5 En el paso 6 -se señala una fuga/falla del circuito de EGR de baja presión si el coeficiente b angular de la línea de regresión es mayor en valor absoluto que un primer umbral $b_{m\acute{a}x}$ positivo predefinido.

Preferiblemente, dicho umbral $b_{m\acute{a}x}$ se establece en 0.01 h/kg.

Los coeficientes de la línea de regresión mencionada anteriormente son:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

- 10 Donde X es \dot{m}_{EGR} e Y es λ_{err} .

Es preferible que los pares de valores X e Y sean "suficientemente" homólogos, en el sentido de que no se ven afectados por retrasos apreciables de la medición o estimación con respecto a las cantidades físicas reales que deben observarse, o al menos que dichos retrasos son de un tamaño similar para X e Y. Por esta razón, de acuerdo con una variante preferida de la invención, se tiene en cuenta el retraso de cálculo en los dos hilos, uno relativo al cálculo de la rata de flujo de baja presión de EGR y el otro al error en λ_{err} , para que coincida correctamente con los pares de valores. Alternativamente, es preferible adquirir los valores de X e Y cuando están estacionarios o estabilizados en el tiempo, de modo que cualquier retraso de una señal con respecto a la otra sea irrelevante para los propósitos de este método. Las sumas Σ informadas anteriormente se realizan en el conjunto de muestras X e Y consideradas representativas a la luz de los criterios descritos anteriormente.

- 15 20 Es obvio que los pasos anteriores 1, 2 y 3 deben realizarse en secuencia. El cuarto paso puede realizarse antes, durante o después de realizar los pasos 1, 2 y 3. Los pasos 5 y 6, en cambio, solo se pueden llevar a cabo después de realizar los pasos 1, 2, 3 y 4.

De acuerdo con una variante preferida de la invención, el rendimiento de los pasos 1-6 anteriores o al menos del paso 6 se puede inhibir dependiendo del resultado de una verificación preliminar:

- 25 - CH0: se observa que no se almacenan errores en la unidad ECU de procesamiento en relación con los sensores y actuadores implicados en el presente método, por ejemplo, el sensor de temperatura o presión en el colector IP de admisión, o el dispositivo HFM de medición de masa de aire, o el actuador de la válvula de EGR de baja presión, etc.

De acuerdo con otra variante preferida de la invención, al menos uno de los siguientes pasos se realiza antes del paso 6 mencionado anteriormente.

- 30 Estos son básicamente controles que si no se pasan, impiden el desempeño del paso 6, es decir, la señalización de una falla.

- CH1: se calcula el índice R2 de correlación de Pearson, definido como la covarianza de las dos variables X (rata de flujo de EGR a baja presión) e Y (error λ_{err}) dividida por el producto de las desviaciones estándar relativas; se puede escribir como

$$\frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

- 35 y después de que dicho cálculo R2 se verifique que es mayor que un segundo umbral R_{min2} mínimo predefinido, por ejemplo 0.8. Las sumas Σ que se muestran arriba se llevan a cabo en el mismo conjunto de muestras X e Y utilizadas para el cálculo de los coeficientes de la línea de regresión ya descrita.

- (CH2) la masa EGR M_{EGR} de baja presión recirculada total se calcula a partir del último arranque del motor y durante la ejecución del presente método y se verifica que dicha masa M_{EGR} total sea mayor que un tercer umbral predefinido (M_{EGR_min}), por ejemplo 10kg.

5 - CH3: con el fin de garantizar una precisión suficiente del método, es preferible asegurarse de que se aplique a una base de datos apropiada, de modo que la desviación al cuadrado promedio de la rata de flujo de baja presión de EGR se calcule durante la ejecución de este método $\sigma(\dot{m}_{EGR,LP})$ y dicha desviación $\sigma(\dot{m}_{EGR,LP})$ al cuadrado promedio se verifica como mayor que un cuarto umbral $\sigma(\dot{m}_{EGR,LP})_{min}$ predefinido que, por ejemplo, puede ser de 50 kg/h.

Los controles CH2 y CH3 inhiben solo el rendimiento del paso 6.

10 De acuerdo con una variante preferida de la invención, cada una de las sumas Σ mostradas hasta ahora puede reemplazarse por una integral:

$$\int_{t_1}^{t_2} (V) dt$$

donde V corresponde a X, Y, XY, X², etc. y el intervalo de tiempo t2 - t1 corresponde al número n de muestras de las variables X e Y consideradas para las sumas Σ .

15 La implementación de integrales hace posible gestionar el cálculo evitando la carga de almacenar grandes almacenamientos intermedios de almacenamientos reguladores de datos.

Gracias a la presente invención, es posible detectar continuamente cualquier fuga/falla en el circuito de recirculación de EGR de baja presión.

El método/sistema se refiere a cálculos/estimaciones de flujo si se trata de un solo ciclo del motor o a flujos generales si se consideran varios ciclos. En otras palabras, el concepto se mantiene sin cambios.

20 Dicho control puede ser realizado por una unidad de control del vehículo o la unidad ECU de control del motor. En consecuencia, la presente invención puede implementarse ventajosamente mediante un programa informático que comprende medios de codificación para la realización de uno o más pasos del método, cuando este programa se ejecuta en un ordenador. Por lo tanto, se entiende que el alcance de la protección se extiende a dicho programa de ordenador y, además, a medios legibles por ordenador que comprenden un mensaje grabado, comprendiendo
25 dichos medios legibles por ordenador medios de codificación de programa para la implementación de uno o más pasos del método cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.

Las variantes de la realización pueden realizarse según el ejemplo no limitativo descrito, mientras que se mantienen dentro del alcance de protección de la presente invención, que comprende todas las realizaciones equivalentes para un experto en la técnica.

30 Por ejemplo, la detección de uno de los posibles tipos de falla puede determinar la señalización de una anomalía por un indicador en el tablero del vehículo y/o puede determinar la activación de un procedimiento de recuperación que limita el torque máximo y/o la potencia máxima entregada por el motor E de combustión interna o la velocidad máxima del vehículo en el que se implementa la presente invención.

35 A partir de la descripción anterior, una persona experta en la técnica puede realizar el objeto de la invención sin introducir ningún detalle de construcción adicional. Los elementos y características mostrados en las diversas realizaciones preferidas, que incluyen los dibujos, pueden combinarse mientras permanecen dentro del alcance de protección de la presente solicitud. La descripción en el capítulo relacionado con el estado de la técnica es meramente para una mejor comprensión de la invención y no es una declaración de la existencia de lo que se describe. Además, a menos que se excluya específicamente en la descripción detallada, los contenidos del capítulo
40 sobre el estado de la técnica pueden considerarse en combinación con las características de la presente invención, que forman parte integral de la presente invención. Ninguna de las características de las diferentes variantes es esencial, excepto lo indicado en las reivindicaciones independientes, por lo tanto, las características individuales de cada variante o dibujo preferido pueden combinarse con las otras variantes descritas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de detección de fugas/fallas de un circuito (RL) de EGR de baja presión de un motor de combustión interna, donde el motor de combustión interna comprende:
 - una línea (IL) de admisión y una línea (EL) de escape,
- 5
 - primeros medios (HFM) para medir o estimar una cantidad de aire (\dot{m}_{HFM}) fresco que fluye a dicha línea (IL) de admisión
 - segundos medios para medir o estimar una cantidad de combustible ($\dot{m}_{\text{COMBUSTIBLE}}$) inyectado en el motor (E),
 - terceros medios para medir o estimar (λ y/o NOx), en dicha línea de escape, adaptados para proporcionar un valor medido (λ_{medido}) de una proporción de aire/combustible suministrada al motor (E) de combustión interna,
- 10 el sistema comprende medios (ECU) procesadores configurados para interactuar con los medios primero, segundo y tercero mencionados anteriormente para medir o estimar (\dot{m}_{HFM} , $\dot{m}_{\text{COMBUSTIBLE}}$, λ_{medido}) y para realizar los siguientes pasos
 - (paso 1) la adquisición de un valor lambda medido en el escape (λ_{medido}) a través de dichos terceros medios para medir o estimar (λ y/o NOx),
- 15
 - (paso 2) cálculo de un valor teórico (λ_{esp}) de dicha proporción de aire/combustible, calculado con base en dichas cantidades medidas o estimadas de aire (\dot{m}_{HFM}) fresco y combustible ($\dot{m}_{\text{COMBUSTIBLE}}$), caracterizado por,
 - (paso 3) cálculo de un error (λ_{err}) entre dichos valores medidos y teóricos de la proporción de aire/combustible ($\lambda_{\text{medido}} - \lambda_{\text{esp}}$),
 - (paso 4) cálculo/estimación de una cantidad/flujo de gas (\dot{m}_{EGR}) de escape de baja presión recirculado,
- 20
 - (paso 5) cálculo de una regresión lineal en dicha cantidad de gas (\dot{m}_{EGR}) de escape recirculado y dicho error (λ_{err}),
 - (paso 6) señalización de una fuga/falla en dicho circuito de EGR de baja presión cuando un coeficiente (b) angular de dicha regresión lineal excede un primer umbral ($b_{\text{máx}}$) positivo predefinido.
2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que, en la ausencia de una recirculación de alta presión simultánea, dicho flujo de gas ($\dot{m}_{\text{EGR,LP}}$) de escape de baja presión recirculado se calcula mediante dichos medios de
 - 25 procesador (ECU) que se restan de una carga total que ingresa al motor (\dot{m}_{a}) de combustión interna, donde dicha cantidad de aire (\dot{m}_{HFM}) fresco fluye hacia dicha línea (IL) de admisión, en el que dicha carga (\dot{m}_{a}) total que ingresa al motor de combustión interna es una función de las revoluciones, desplazamiento, presión y temperatura del motor medida en dicha línea (IL) de admisión.
3. Sistema de acuerdo con la reivindicación 2, en el que, si se realiza una recirculación de alta presión simultánea,
 - 30 dicho flujo de gas ($\dot{m}_{\text{EGR,LP}}$) de escape de baja presión recirculado se calcula mediante dichos medios (ECU) de procesador que se restan de una carga total que ingresa al motor (\dot{m}_{a}) de combustión interna, donde dicha cantidad de aire (\dot{m}_{HFM}) fresco fluye hacia dicha línea (IL) de admisión y un flujo de gas ($\dot{m}_{\text{EGR,HP}}$) de escape a alta presión recirculado, en el que dicha carga (\dot{m}_{a}) total que ingresa al motor de combustión interna es una función de las revoluciones, desplazamiento, presión y temperatura del motor medida en dicha línea (IL) de admisión.
- 35 4. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, que comprende además medios para controlar un estado de eficiencia en los medios mencionados anteriormente para medir o estimar (\dot{m}_{HFM} , $\dot{m}_{\text{COMBUSTIBLE}}$, λ_{medido}) y en el que dichos medios procesadores están configurados además para inhibir al menos la ejecución de dicho paso de señalización (paso 6), cuando se detecta al menos un error en uno de dichos medios para medir o estimar.
- 40 5. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos medios de procesador están configurados además para realizar al menos una de las siguientes comprobaciones

ES 2 701 265 T3

- (CH2) comprobar que la masa (M_{EGR}) total del gas de escape de baja presión recirculado que comienza desde el último arranque del motor y que dura la ejecución del presente método es mayor que un tercer umbral (M_{EGR_min}) predefinido;
 - (CH3) comprobar que una desviación ($\sigma(\dot{m}_{EGR})$) al cuadrado promedio de dicha cantidad de gas (\dot{m}_{EGR}) de escape de baja presión recirculado es mayor que un cuarto umbral ($\sigma(\dot{m}_{EGR})_{min}$) predefinido y configurado para inhibir una ejecución de dicho paso (paso 6) de señalización cuando dicho al menos uno de dichos controles (CH2, CH3) no se cumple.
- 5
6. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos medios de procesador están configurados además para realizar un paso para verificar que un índice de correlación de Pearson (R^2) entre el
- 10 flujo de EGR ($\dot{m}_{EGR,LP}$) de baja presión y el error lambda (λ_{err}) es mayor que un segundo umbral (R_{min}^2) mínimo predefinido.
7. Motor de combustión interna, en particular un motor de ciclo diésel, que comprende
- un circuito de EGR de baja presión (RL),
 - una línea (IL) de admisión y una línea (EL) de escape,
- 15
- medios (HFM) para medir o estimar una cantidad de aire (\dot{m}_{HFM}) fresco que fluye a dicha línea (IL) de admisión
 - medios para medir o estimar una cantidad de combustible ($\dot{m}_{COMBUSTIBLE}$) inyectado en el motor (E),
 - medios para medir o estimar (λ y/o NOx), en dicha línea de escape, adaptados para proporcionar un primer valor (λ_{medido}) de una proporción de aire/combustible suministrada al motor (E) de combustión interna,
- 20
- caracterizado porque comprende un sistema de detección de fugas/fallas de dicho circuito (RL) de EGR de baja presión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
8. Un método para detectar una fuga/falla de un sistema de detección de un circuito (RL) de EGR de baja presión de un motor de combustión interna, donde el método comprende los siguientes pasos
- (paso 1) adquisición de un valor lambda medido en el escape (λ_{medido}) a través de dichos terceros medios de medición o estimación (λ y/o NOx),
- 25
- (paso 2) cálculo de un valor teórico (λ_{esp}) de dicha proporción de aire/combustible, calculado con base en dicha cantidad medida o estimada de aire fresco (\dot{m}_{HFM}) y combustible ($\dot{m}_{COMBUSTIBLE}$),
 - (paso 3) cálculo de un error (λ_{err}) entre dicho valor medido y teórico de la proporción de aire/combustible ($\lambda_{medido} - \lambda_{esp}$),
 - (paso 4) cálculo/estimación de una cantidad/flujo de gas (\dot{m}_{EGR}) de escape de baja presión recirculado,
- 30
- (paso 5) cálculo de regresión lineal en dicha cantidad de gas (\dot{m}_{EGR}) de escape recirculado y dicho error (λ_{err}),
 - (paso 6) señalización de una fuga/falla en dicho circuito de EGR de baja presión cuando un coeficiente (b) angular de dicha regresión lineal excede un primer umbral ($b_{m\acute{a}x}$) positivo predefinido.
9. Método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que, en ausencia de recirculación a alta presión simultánea, dicha cantidad de gas (\dot{m}_{EGR}) de escape de baja presión recirculado se calcula restando de una carga total que
- 35
- ingresa al motor (\dot{m}_a) de combustión interna dicha cantidad de aire (\dot{m}_{HFM}) fresco que fluye hacia dicha línea (IL) de admisión, en el que dicha carga (\dot{m}_a) total que ingresa al motor de combustión interna es una función de las revoluciones, desplazamiento, presión y temperatura del motor medida en dicha línea (IL) de admisión.
10. Método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que, si se realiza una recirculación a alta presión simultánea, dicho flujo de gas ($\dot{m}_{EGR,LP}$) de escape de baja presión recirculado se calcula mediante dichos medios (ECU) de

procesador que se restan de una carga total que ingresa al motor (\dot{m}_a) de combustión interna, donde dicha cantidad de aire (\dot{m}_{HFM}) fresco fluye hacia dicha línea (IL) de admisión y un flujo de gas ($\dot{m}_{\text{EGR,HP}}$) de escape a alta presión recirculado, en el que dicha carga (\dot{m}_a) total que ingresa al motor de combustión interna es una función de las revoluciones, desplazamiento, presión y temperatura del motor medida en dicha línea (IL) de admisión.

- 5 11. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 - 10, que comprende además un paso de controlar un estado de eficiencia en los medios antes mencionados para medir o estimar (\dot{m}_{HFM} , $\dot{m}_{\text{COMBUSTIBLE}}$, λ_{medido}) y de inhibir al menos la ejecución de dicho paso de señalización (paso 6), cuando se detecta al menos un error en uno de dichos medios para medir o estimar.
- 10 12. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 8 - 11, que comprende además al menos uno de los siguientes controles
- (CH2) comprobar que una masa (M_{EGR}) de baja presión recirculada total a partir del último arranque del motor y durante la ejecución del presente método es mayor que un tercer umbral ($M_{\text{EGR_min}}$) predefinido;
 - (CH3) verificar que una desviación ($\sigma(\dot{m}_{\text{EGR}})$) al cuadrado promedio de dicha cantidad de gas (\dot{m}_{EGR}) de escape de baja presión recirculado es mayor que un cuarto umbral ($\sigma(\dot{m}_{\text{EGR}})_{\text{min}}$) predefinido y un paso para inhibir una ejecución de dicho paso para el cálculo de dicha regresión lineal (paso 5) y/o paso de señalización (paso 6) cuando dicho al menos uno de dichos controles no se cumple.
- 15 13. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 - 12 anteriores, que comprende además un paso para verificar que un índice (R^2) de correlación de Pearson es mayor que un segundo umbral (R_{min}^2) mínimo predefinido.
- 20 14. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho cálculo de una regresión lineal (paso 5) y/o dicha desviación ($\sigma(\dot{m}_{\text{EGR}})$) al cuadrado promedio de dicha verificación (CH3) y/o dicho índice (R^2) de correlación de Pearson se implementan a través de la integración continua en un intervalo $[t1, t2]$ de tiempo adecuado.

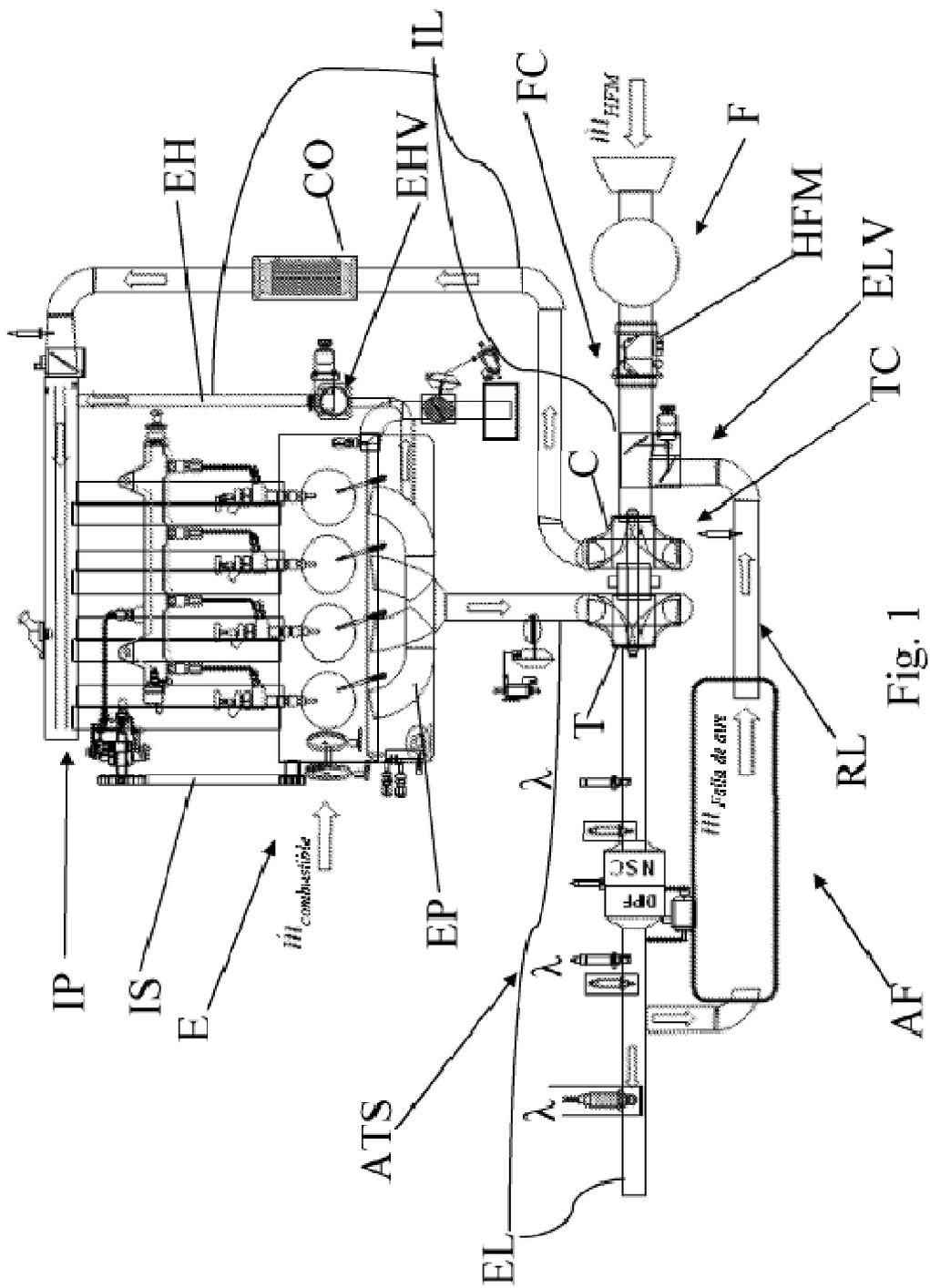


Fig. 1

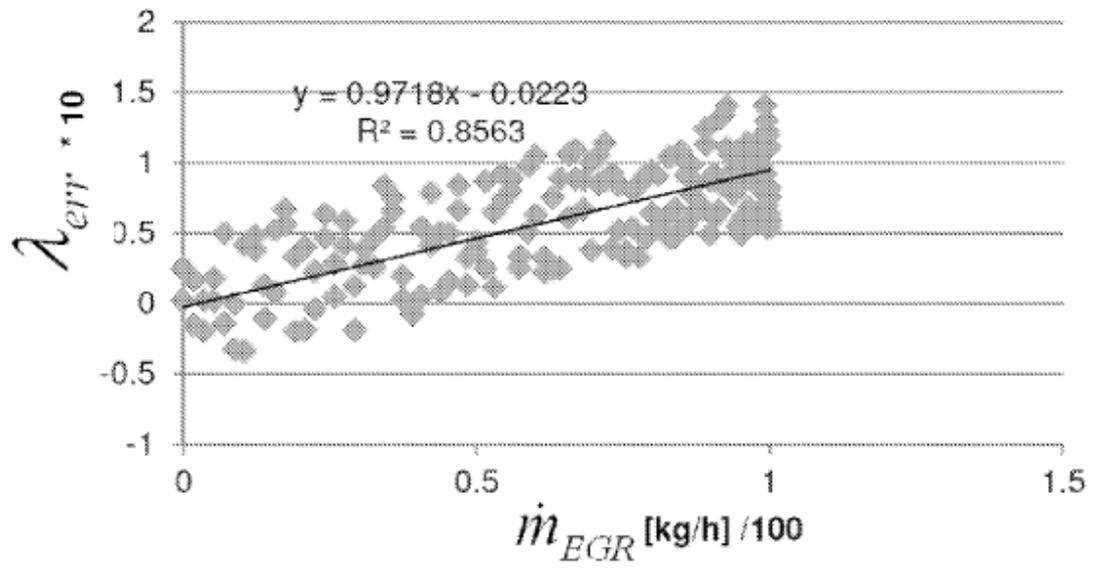


Fig. 2