

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 005**

51 Int. Cl.:

**F02D 41/24** (2006.01)

**F02D 41/40** (2006.01)

**G01M 15/05** (2006.01)

**F02D 41/22** (2006.01)

**F02D 43/00** (2006.01)

**F02D 41/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2008 E 08871464 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2012 EP 2212537**

54 Título: **Procedimiento de control del motor basado en firmas gráficas**

30 Prioridad:

**30.10.2007 FR 0707702**

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

**18.02.2013**

73 Titular/es:

**IFP ENERGIES NOUVELLES (100.0%)  
1 & 4 AVENUE DE BOIS-PRÉAU  
92852 RUEIL MALMAISON CEDEX, FR**

72 Inventor/es:

**YOUSSEF, BILAL y  
CORDE, GILLES**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 396 005 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

Procedimiento de control del motor basado en firmas gráficas.

### 5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere al campo del control de un motor de combustión interna. De manera más particular, la invención se refiere a un procedimiento que permite analizar unas señales procedentes de sensores situados en el motor, con el objeto de que extraigan informaciones pertinentes para el control del motor.

10 Los motores de combustión interna se vuelven cada vez más complejos, y sus controles cada vez más sofisticados. El control avanzado del motor, así como los sistemas de diagnóstico, necesitan un retorno de informaciones detalladas referentes a los diferentes eventos que se producen en el interior del motor (inyecciones, combustión...). La vigilancia de esos eventos y el conocimiento de los parámetros del motor que dependen de estos permiten una mejora considerable de los rendimientos del motor y la reducción de las emisiones contaminantes.

### Estado de la técnica

Para adquirir informaciones pertinentes para el control del motor, se conocen diferentes métodos.

20 Se conocen, por ejemplo, los siguientes métodos de reconstrucción de la presión en el interior de los cilindros:

- J. Antoni, J. Danière, F. Guillet. « Effective vibration analysis of IC Engines using Cyclostationarity. Part I: A Methodology for Condition Monitoring », Journal of Sound and Vibration, vol. 257, nº. 5, noviembre de 2002, págs. 815-837.
- J. Antoni, J. Danière, F. Guillet, R. B. Randall. « Effective vibration analysis of IC Engines using Cyclostationarity. Part II: News Results on the Reconstruction of the Cylinder Pressure », Journal of Sound and Vibration, vol. 257, nº. 5, noviembre de 2002, págs. 839-856.

30 También se conocen algunos métodos de estimación de los parámetros de combustión:

- J. Chauvin, Y. Bentolila y O. Grondin (2006). *Méthode d'estimation de paramètres de combustion à partir de signaux vibratoires*. Patente 06/02 111. Institut Français du pétrole.
- *Rapid-Prototyping Multi-Sensors Processing Platform for Real Time Engine Control and Diagnosis*, Olivier Grondin, Laurent Duval, Fabrice Guillemin, Stephan Ker, Gilles Corde, Christian Vigild. Fifth IFAC Symposium on Advances in Automotive Control Seascape Resort, Aptos, California, USA, agosto de 2007.

40 Una dificultad inherente a todos esos métodos está ligada a la complejidad de la señal que lleva un gran número de informaciones. Algunas de esas informaciones están directamente ligadas al funcionamiento del motor, otras lo están indirectamente y, por último, algunas de esas informaciones constituyen perturbaciones, ruido, o incluso una señal de fondo.

45 La adquisición de informaciones pertinentes para el control del motor implica, por lo tanto, el análisis de una señal compleja, con el fin de extraer una información útil, es decir una información ligada al funcionamiento del motor, entre otras muchas informaciones « parásitas ». El documento EP 0398481 describe un ejemplo de procedimiento de control capaz de identificar un fallo de funcionamiento.

50 Teniendo en cuenta el hecho de que el control del motor precisa aplicaciones en tiempo real, parece necesario que esta técnica de análisis sea simple, rápida y precisa.

El objeto de la invención es un procedimiento alternativo para extraer informaciones útiles para el control de un motor de combustión interna. Ese procedimiento está basado en unas firmas gráficas generadas a partir de señales de alta frecuencia, procedentes de diferentes sensores del motor.

### 55 El procedimiento de acuerdo con la invención

La invención se refiere a un procedimiento de control de un motor de combustión interna que comprende al menos un sensor, a partir del cual se adquiere al menos una señal que contiene al menos una información relativa al funcionamiento de dicho motor. El procedimiento comprende las siguientes etapas:

- se selecciona una función que permite transformar una señal en una firma gráfica, mediante la proyección de las medidas de la señal contenidas en una ventana temporal deslizante, de un espacio multidimensional en un espacio de dimensión inferior; y para cada ciclo del motor;
- se transforma dicha señal en una firma gráfica por medio de dicha función;

65

- se extrae dicha información a partir de dicha firma; y
- se utiliza dicha información para controlar dicho motor.

5 La información se puede extraer realizando las siguientes etapas:

- se selecciona al menos un atributo de la firma;
- se determina una relación entre ese atributo y la información; y para cada ciclo del motor;
- 10 - se calcula un valor de atributo para la firma;
- se extrae la información por medio del valor y de la relación.

15 Cuando la señal constituye un conjunto de medidas discretas y la firma gráfica se puede obtener por medio de una función que permite la proyección de medidas de la señal contenidas en una ventana temporal deslizante, de un espacio multidimensional en un espacio de dimensión inferior, por ejemplo de dimensión dos. Para ello, se pueden realizar las siguientes etapas, en cada instante  $t$ :

- 20 - se construye un vector  $Y_m(t)$  formado por una medida en el instante  $t$ ,  $y(t)$ , y por  $N$  medidas anteriores al instante  $t$ ;
- se transforma el vector  $Y_m(t)$  en un par  $(y_1, y_2)$  que representa un punto en un mapa bidimensional.

25 La relación entre el atributo y la información, se puede obtener a partir del siguiente procedimiento, realizado en un banco de pruebas de motor:

- se construye una firma gráfica para diferentes valores de la información;

30 - se calcula dicho atributo para cada una de las firmas;

- se deduce una relación al comparar los pares atributo / información para cada una de las firmas.

35 De acuerdo con un modo de realización, la señal es una medida de presión en un conducto común instalado en el motor. La información que se pretende extraer pudiendo ser la detección de una inyección. En ese caso, se puede utilizar como atributo la superficie de la firma. Se detecta por tanto si tiene lugar una inyección, al comparar la superficie de la firma con un umbral determinado.

40 De acuerdo con otro modo de realización, la señal es una medida de régimen instantáneo. La información que se pretende extraer pudiendo ser una estimación del par motor. En ese caso, se puede utilizar un atributo basado en un diámetro horizontal y un diámetro vertical de la firma gráfica.

45 Se mostrarán otras características y ventajas del procedimiento de acuerdo con la invención con la lectura de la descripción que se da a continuación de ejemplos no excluyentes de realización, haciendo referencia a las figuras que se adjuntan y se describen a continuación.

**Breve descripción de las figuras**

50 - La figura 1 ilustra las etapas del método de extracción de las informaciones del motor a partir de las medidas de altas frecuencias utilizando unas firmas gráficas.

- La figura 2 ilustra el procedimiento de construcción de una firma gráfica de acuerdo con la invención.

55 - La figura 3 muestra un ejemplo de definición de puntos intermedios durante la construcción de una firma gráfica.

- La figura 4 es un ejemplo de firmas obtenidas a partir de las medidas reales de la presión en el conducto, en el caso de dos inyecciones.

60 - La figura 5 es un ejemplo de firmas obtenidas a partir de las medidas reales del régimen instantáneo para diferentes valores de la PMI ( $N = 1.500$  rpm).

- La figura 6 ilustra un ejemplo de correlación entre la PMI y un atributo de la firma gráfica.

65 - La figura 7 muestra una estimación en línea de la PMI utilizando unos atributos extraídos de la firma de la figura 5.

**Descripción detallada del procedimiento**

La figura 1 describe el procedimiento de las informaciones del motor a partir de medidas procedentes de sensores. El procedimiento comprende cuatro etapas:

- 5           1 - Adquisición de señales procedentes de sensores (*ACQ*)
- 2 - Construcción de una firma gráfica (*SIGM*)
- 10          3 - Determinación de atributos correlativos, mediante el análisis de la firma gráfica (*ANA*)
- 4 - Extracción de información (*INF*)

1- Adquisición de señales procedentes de sensores (*ACQ*)

15 Se instalan en un motor (*MOT*) de combustión interna diferentes sensores. Puede tratarse, por ejemplo, de sensores de presión colocados en el interior de los cilindros, de sensores de régimen instantáneo situados en el eje del motor, de sensores de presión de conducto para un motor equipado con un conducto común (« common rail »), ...

20 De manera preferente, se miden unas señales de alta frecuencia (cada 6 grados de cigüeñal, 1 grado de cigüeñal...).

Esas señales contienen una información relativa al funcionamiento del motor entre otras informaciones denominadas « parásitas ». Puede tratarse de información relativa a un evento, como la presencia de una inyección. También puede tratarse de información relativa al conocimiento de un parámetro del motor, como el par. El objetivo es por tanto extraer esa información. Para ello, se utilizan unas firmas gráficas.

2- Construcción de una firma gráfica (*SIGM*)

30 Se llama firma a un conjunto de rasgos característicos y reconocibles que permiten atribuir una cosa a otra. En el marco de nuestra invención, se trata de un conjunto de rasgos característicos y reconocibles que permiten atribuir algo a un evento particular, ligado al funcionamiento de un motor de combustión interna.

De acuerdo con la invención, se construye una firma gráfica. Se trata de una firma cuyo conjunto de rasgos característicos y reconocibles está representado en forma de un gráfico.

Ese gráfico se compone de un conjunto de puntos que constituyen, de forma discreta, una forma geométrica. Se da un ejemplo en la figura 4 en el que un trazo continuo se añade entre los puntos a efectos de visualización.

40 Esas firmas se obtienen por medio de una función que permite transformar una señal en una firma gráfica. El experto en la materia conoce diversas técnicas para conseguirlo.

De acuerdo con un modo preferente de realización, las firmas se obtienen por medio de una función que permite una proyección de las medidas obtenidas en línea (en tiempo real) y contenidas en una ventana temporal deslizante, de un espacio multidimensional en un espacio de dimensión inferior (el mapa 2D de acuerdo con un ejemplo). Esta reducción de dimensión permite un análisis más sencillo de la señal.

La figura 2 ilustra el método para construir una firma gráfica 2D. Una firma está asociada a un ciclo del motor y a, al menos, una señal (*y*). Para construir dicha firma gráfica, se realizan las siguientes etapas para cada ciclo:

- 50           • En cada instante *t*, se construye un vector  $Y_m(t)$  constituido por la medida presente  $y(t)$  y por las *N* medidas pasadas:

$$Y_m(t) = \begin{pmatrix} y(t) \\ y(t - \tau) \\ \vdots \\ y(t - N\tau) \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{N+1}$$

55 Se denomina vector a una medida característica, en un espacio de *n* dimensiones, por *n* dimensiones escalares dispuestas en un orden dado. Se trata, por lo tanto, en este caso, de una (N+1)-upla. El entero *N* se denomina « orden de la firma ». La ventana temporal deslizante (*FTG*) viene definida por el intervalo de tiempo (*t - N.τ; t*). El parámetro *τ* representa el intervalo de tiempo entre dos medidas de la señal *y*.

- 60           • A continuación, se transforma el vector  $Y_m(t)$  en un par ( $y_1, y_2$ ) que representa un punto en un mapa 2D ( $Y_1 ;$

$Y_2$ ), denominado el mapa de la firma. Esta transformación se realiza por medio de una aplicación  $P: \mathbb{R}^{N+1} \rightarrow \mathbb{R}^2$ .

- De este modo, tal y como se muestra en la figura 2, cuando el tiempo avanza, se obtienen unos vectores sucesivos  $Y_m(t), Y_m(t+\tau), \dots, Y_m(t+4\tau), \dots$ . A cada uno de ellos, la aplicación  $P$  le asocia un punto en un mapa de la firma. Esto da como resultado, por lo tanto, una firma gráfica en dos dimensiones.

Definición de la aplicación P

Hay que recordar que en cada instante  $t$ , las medidas contenidas en una ventana temporal deslizante (FTG) se utilizan para formar el siguiente vector de medida:

$$Y_m(t) = \begin{pmatrix} y(t) \\ Y(t) \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{N+1} ; \quad Y(t) = \begin{pmatrix} y(t-\tau) \\ \vdots \\ y(t-N\tau) \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^N$$

Con el fin de asociar un punto en el mapa de la firma a cada vector  $Y_m(t)$ , se llevan a cabo las siguientes etapas:

- El vector de medidas pasadas  $Y(t)$ , en primer lugar, se normaliza con el fin de obtener el siguiente vector normalizado  $\bar{Y}(t)$ :

$$\bar{Y}(t) = \frac{Y(t)}{\|Y\|_\infty + \epsilon} \in [-1, 1]^N ; \quad \|Y\|_\infty = \max_{i \in \{1, \dots, N\}} |Y_i|$$

donde  $\epsilon$  es una constante de regularización fija.

- Se define a continuación una aplicación que asocia a cada punto del hiper-cubo  $[-1, +1]^N$  de la siguiente forma:

$$\Psi : [-1 \ 1]^N \rightarrow \mathbb{R}^2 \times \dots \times \mathbb{R}^2 = (\mathbb{R}^2)^N$$

$$\Psi(\bar{Y}) = (\Psi_1(\bar{Y}), \dots, \Psi_N(\bar{Y})) ; \quad \Psi_i(\bar{Y}) \in \mathbb{R}^2$$

con

$$\Psi_i(\bar{Y}) = \frac{1}{2}[(1 + \bar{Y}_i)S_{(i+1|N)} - (\bar{Y}_i - 1)S_i]$$

donde

$$(i + 1|N) = (i + 1) \text{ M\u00f3dulo } N$$

$S_j$ : imagen( $e^{2j(i-1)N}$ );  $j^2 = -1$

donde « imagen » significa el punto de la imagen de ese n\u00famero complejo, es decir el punto que le corresponde en el mapa 2D. La figura 3 muestra un ejemplo de las posiciones de los puntos  $\Psi_i(\bar{Y})$ , en el caso particular en el que el vector normalizado viene dado por:

$$N = 6, \quad \bar{Y} = (0, 0.5, -0.5, 0.25, -0.25, 0)^T$$

- Los puntos intermedios  $\Psi_i(\bar{Y})$  se utilizan a continuaci\u00f3n para calcular los dos puntos siguientes en el mapa de firma:

$$\Phi_0(\bar{Y}) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Psi_j(\bar{Y})$$

$$\Phi_1(\bar{Y}) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \bar{Y}_j \Psi_j(\bar{Y})$$

Se trata de los centros de masa (respectivamente ponderados o no) de los puntos intermedios calculados anteriormente. La aplicaci\u00f3n  $P$  viene dada, entonces, por:

$$P : \mathbb{R}^N \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^2$$

$$(\bar{Y}, y) \rightarrow \Phi_0(\bar{Y}) + \left[ \frac{y}{\|\bar{Y}\|_{\infty} + \varepsilon} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{Y}_i \right] [\Phi_1(\bar{Y}) - \Phi_0(\bar{Y})]$$

5 Hay que señalar que el vector  $(\bar{Y}, y)$  se obtiene a partir del vector de las medidas  $Y_m$  promediando la aplicación del procedimiento de normalización en esos últimos  $N$  componentes.

Esto define por completo la aplicación que permite asociar a cada vector de medidas  $Y_m(t)$  (construido en el instante  $t$  con las medidas pasadas registradas en una ventana deslizante) un punto del mapa de la firma.

#### 10 Ejemplo de resultados

Las figuras 4 y 5 ilustran unas firmas gráficas obtenidas a partir del método de acuerdo con la invención.

15 La figura 4 ilustra una firma obtenida a partir de las medidas reales de la presión en el conducto en el caso de dos inyecciones.

La figura 5 ilustra unas firmas obtenidas a partir de las medidas reales del régimen instantáneo para diferentes valores de la PMI ( $N = 1.500$  rpm).

#### 20 3- Determinación de atributos correlacionados, mediante el análisis de la firma gráfica (ANA)

Para cada señal procedente de un sensor, y para cada ciclo, se genera de este modo una firma gráfica. Una firma gráfica conduce entonces a una presentación de la información procedente del sensor. Esta firma gráfica representa una forma, constituida por varios puntos (un punto para cada medida de señal, de hecho cada punto corresponde a un conjunto de  $N+1$  medidas). Esta forma presenta numerosos atributos.

Se busca entonces, entre esos atributos que caracterizan a la firma gráfica, unos atributos correlativos con una información ligada al funcionamiento del motor (evento, parámetro del motor). Para ello, se utiliza un banco de pruebas de motor, en el cual se realizan las siguientes pruebas:

- 30 - se construye una firma gráfica para diferentes valores de la información;
- se determinan unos atributos que evolucionan en función del valor de la información.

35 Si la forma resultante de la firma gráfica presenta unas características geométricas precisas, se trata de un círculo por ejemplo, entonces se pueden calcular directamente los atributos: diámetro, superficie, perímetro..., o unas combinaciones de varios atributos. Esos atributos se calculan de forma preferente utilizando únicamente los puntos que constituyen la firma, y no a partir de la curva que une los puntos.

40 A continuación se dan algunos ejemplos.

#### 4- Extracción de información útil para el control de un motor (INF)

45 Esos atributos correlativos permiten detectar unos eventos, como la inyección, o estimar unos parámetros, como la PMI.

Se trata en esta etapa de explotar el o los atributos de las firmas gráficas, con el objeto de proporcionar una información útil para el control de un motor.

50 La información se puede extraer:

- bien de forma directa, es decir directamente a partir del valor del atributo, en función de su valor, o al comparar el valor del atributo con un umbral definido;
- 55 - o bien de forma indirecta, definiendo previamente una relación que permita estimar la información a partir del valor del atributo.

Para determinar una relación entre un atributo y una información, se pueden realizar las siguientes etapas en un banco de pruebas de motor:

- 60 - se construye una firma gráfica para diferentes valores de la información;
- se calcula el atributo para cada una de las firmas;

- se deduce la relación al comparar los pares atributo / información para cada una de las firmas.

El procedimiento propuesto se implementa con facilidad en la estructura clásica del control de motor y se puede utilizar en tiempo real.

5

### Aplicaciones del procedimiento de extracción de información

#### I- Detección de unas inyecciones piloto a partir de las medidas de la presión dentro del conducto

- 10 El sistema de inyección con conducto común (« common rail ») es un sistema de inyección de alta presión que permite producir la cantidad de carburante solicitada siguiendo diferentes estrategias de inyecciones (multi-inyecciones). Una inyección piloto de poca duración precede a la inyección principal. Esa inyección piloto se utiliza para reducir los ruidos de combustión, en particular durante el arranque en frío. Debido a su poca duración, la inyección piloto no siempre se realiza. En determinadas condiciones, se acciona el inyector pero no se inyecta ninguna cantidad de carburante. Esa ausencia de inyección influye en el control del motor.

En consecuencia, la detección de la inyección piloto permite mejorar los rendimientos del motor.

- 20 En ese contexto, se utilizan las firmas gráficas generadas a partir de las medidas de la presión dentro del conducto para detectar la presencia o la ausencia de las inyecciones piloto.

- 25 La figura 4 ilustra un ejemplo de firmas gráficas obtenidas de acuerdo con la invención, a partir de medidas de la presión dentro del conducto. Se observan diferentes conjuntos de puntos que forman, cada uno, una forma relativamente circular. Se observa en el banco de pruebas de motor que la inyección principal (PRI) corresponde al círculo más grande. La inyección piloto (PIL) se realiza cuando el círculo tiene un tamaño superior al círculo en línea de puntos (SEU). Ese círculo (SEU) constituye un umbral. Este se define en el banco de pruebas, a continuación se implementa para constituir una detección de la inyección piloto, al comparar con las firmas gráficas.

- 30 Concretamente, durante el funcionamiento del vehículo, se calcula en cada ciclo una firma que se compara con el umbral (que se puede expresar de forma analítica). Se puede considerar, por ejemplo, que la inyección piloto tiene lugar si la superficie de la firma gráfica es superior a la del umbral.

#### II- Estimación del par motor a partir de las medidas del régimen instantáneo

- 35 El conocimiento del par proporcionado por la combustión en el interior de cada cilindro es un elemento esencial en el campo del control del motor. Sin embargo, por motivos de coste y de viabilidad, los vehículos actuales no están dotados de un sensor adaptado a esa medida directa. En cambio, la medida del régimen del motor instantáneo, que contiene una información acerca del par motor, está disponible.

- 40 Se utilizan las medidas disponibles del régimen instantáneo para deducir de ellas el par correspondiente. Existen varios métodos en la literatura para estimar el par motor a partir del régimen instantáneo. Por ejemplo, se puede utilizar el método de desconvolución en el campo de las frecuencias, o unos métodos basados en observadores.

- 45 De acuerdo con la invención, se toman como base las firmas gráficas con el fin de obtener una información cuantitativa acerca del par proporcionado por cada uno de los cilindros. Como la firma se genera a partir de las medidas del régimen instantáneo, que contiene una información acerca del par, esta será sensible a este último.

- 50 Se busca, por lo tanto, una correlación entre la firma obtenida y el valor del par para extraer de la firma unos atributos útiles para la estimación del par.

- 55 La figura 5 ilustra unas firmas obtenidas a partir de unas medidas reales del régimen instantáneo para diferentes valores de la presión media indicada (PMI). La firma permite tener una información cuantitativa acerca de la PMI, y en consecuencia acerca del par proporcionado por cada cilindro a partir del régimen instantáneo. En efecto, el par y la PMI están ligados por la siguiente relación:

$$PMI = \pi \cdot \frac{C}{V_{cyl}}$$

donde la PMI está expresada en bares, el par C en N.m y el volumen del cilindro ( $V_{cyl}$ ) en litros.

- 60 Se constata que el tamaño de los elipsoides que forman los puntos de las diferentes firmas se correlaciona con la PMI. En efecto, cuanto más aumenta la PMI, más grande es el elipsoide.

Se define entonces el siguiente atributo *ATR* de firma: diámetro horizontal + diámetro vertical. Ese atributo se calcula

al sumar la diferencia de las abscisas de los dos puntos en los extremos horizontales con la diferencia de las ordenadas de los dos puntos en los extremos verticales de la firma:

$$\text{diámetro horizontal} = \text{máx}(x_i) - \text{mín}(x_i)$$

5

$$\text{diámetro vertical} = \text{máx}(y_i) - \text{mín}(y_i)$$

$$ATR = \text{máx}(x_i) - \text{mín}(x_i) + \text{máx}(y_i) - \text{mín}(y_i)$$

10 La figura 6 muestra la correlación entre la PMI y el atributo *ATR* de la firma gráfica. La línea continua (*REL*) es una estimación de una relación entre la PMI y el atributo *ATR* extraído de la firma de la figura 5.

15 De este modo, en el marco de un control de motor para un vehículo en marcha, se calcula la firma gráfica a partir de las medidas reales del régimen instantáneo, a continuación se calcula el atributo *ATR* y seguidamente se aplica la relación *REL* para estimar la PMI.

20 El procedimiento basado en las firmas gráficas se puede aplicar con facilidad en tiempo real, dado que el coste del cálculo de la firma es bajo (simples operaciones aritméticas), frente a los algoritmos de optimización o de filtrado complejo.

La figura 7 muestra un resultado de una estimación en línea de la PMI, utilizando unos atributos extraídos de una firma de la figura 5 en tiempo real. La curva clara indica el valor real de la PMI, mientras que la curva oscura representa la estimación.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de control de un motor de combustión interna que comprende al menos un sensor, a partir del cual se adquiere al menos una señal que contiene al menos una información relativa al funcionamiento de dicho motor y constituida por un conjunto de medidas discretas, **que se caracteriza porque** comprende las siguientes etapas:
- 10       - se selecciona una función que permite transformar una señal en una firma gráfica, mediante la proyección de medidas de la señal contenidas en una ventana temporal deslizante, de un espacio multidimensional en un espacio de dimensión inferior; y para cada ciclo del motor;
- 10       - se transforma dicha señal en una firma gráfica por medio de dicha función;
- 10       - se extrae dicha información a partir de dicha firma; y
- 10       - se utiliza dicha información para controlar dicho motor.
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual se extrae dicha información realizando las siguientes etapas:
- 20       - se selecciona al menos un atributo de dicha firma;
- 20       - se determina una relación entre dicho atributo y dicha información; y para cada ciclo del motor;
- 20       - se calcula un valor de dicho atributo para dicha firma; y
- 20       - se extrae dicha información por medio de dicho valor y de dicha relación.
- 25 3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el espacio de dimensión inferior es de dimensión 2.
- 25 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la firma gráfica se obtiene realizando las siguientes etapas, en cada instante  $t$ :
- 30       - se construye un vector  $Y_m(t)$  constituido por una medida en el instante  $t$ ,  $y(t)$ , y por  $N$  medidas anteriores al instante  $t$ ;
- 30       - se transforma el vector  $Y_m(t)$  en un par  $(y_1, y_2)$  que representa un punto en un mapa bidimensional.
- 35 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4, en el cual se determina dicha relación entre dicho atributo y dicha información, realizando las siguientes etapas en un banco de pruebas de motor:
- 35       - se construye una firma gráfica para diferentes valores de la información;
- 35       - se calcula dicho atributo para cada una de las firmas;
- 35       - se deduce una relación al comparar los pares atributo / información para cada una de las firmas.
- 40 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el cual dicha señal es una medida de presión en un conducto común instalado en dicho motor.
- 45 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la información corresponde a la detección de una inyección.
- 45 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el cual dicho atributo es una superficie de la firma.
- 50 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el cual se detecta dicha inyección, al comparar la superficie de la firma con un umbral determinado.
- 50 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual dicha señal es un medida de régimen instantáneo.
- 55 11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el cual la información es un par motor.
- 55 12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 y 11, en el cual dicho atributo depende de un diámetro horizontal y de un diámetro vertical de dicha firma gráfica.

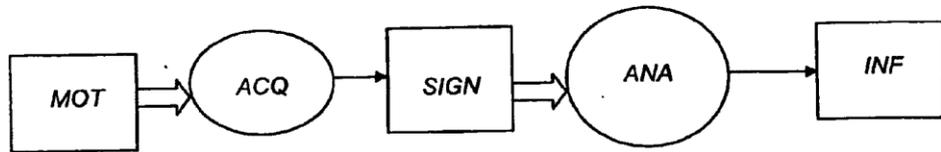


Fig. 1

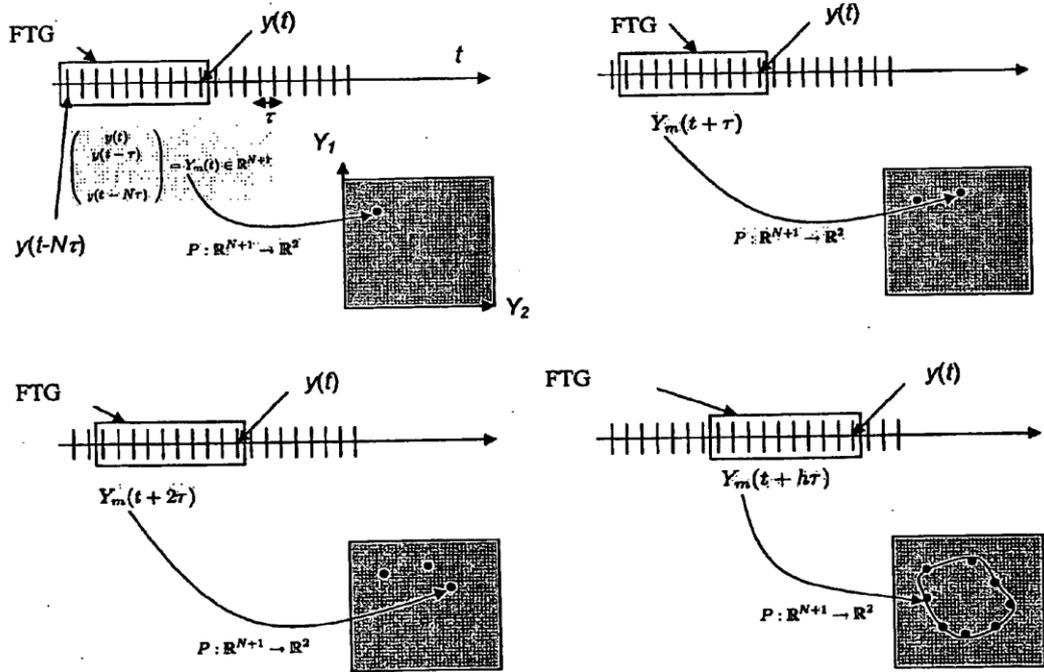


Fig. 2

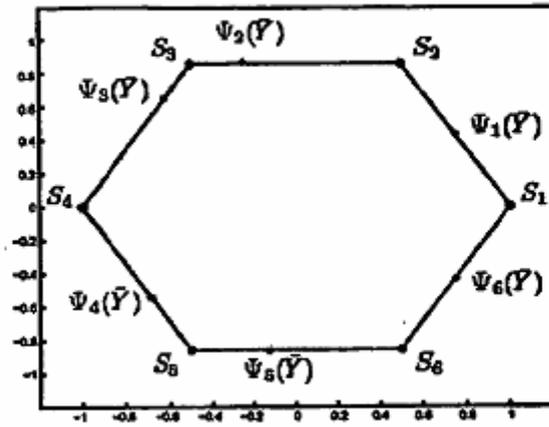


Fig. 3

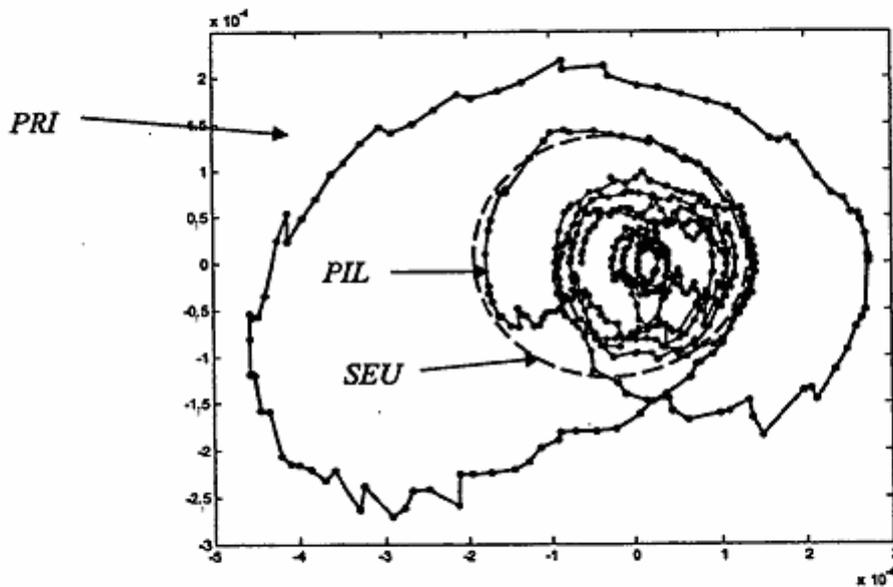


Fig. 4

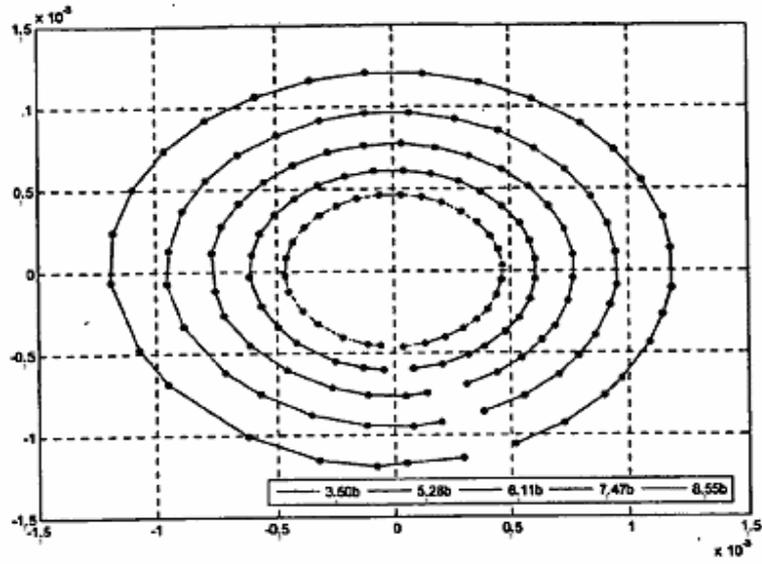


Fig. 5

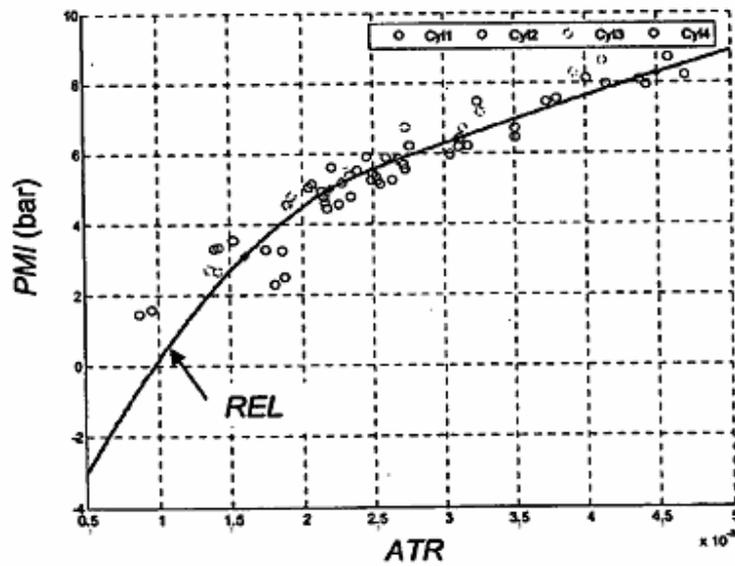
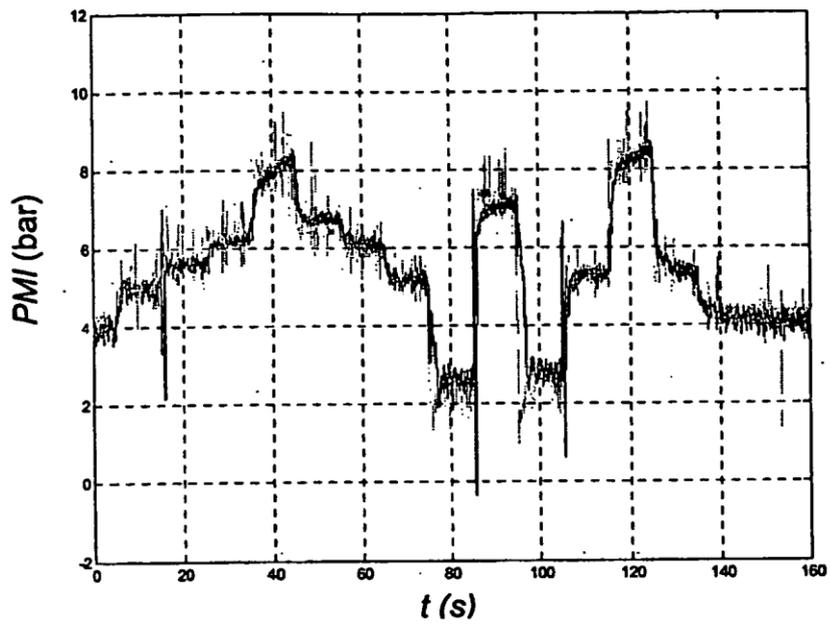


Fig. 6



**Fig. 7**