



(51) Classification internationale des brevets :
F02D 41/30 (2006.01) **F02B 77/08** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2010/003976

(22) Date de dépôt international :
1 juillet 2010 (01.07.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0903369 8 juillet 2009 (08.07.2009) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE [FR/FR];
Service Propriété Industrielle, 1, avenue Paul Ourliac,
F-31100 Toulouse (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **HELIE, Jerome** [FR/FR]; 9, rue Saint Exupéry, F-31320 Portet-sur-Garonne (FR). **SANS, Mariano** [FR/FR]; 6, impasse Gérard de Nerval, F-31700 Blagnac (FR). **TEULINGS, Willem, Johan, Anton** [NL/FR]; 3, Lotissement Pré aux Chênes, F-31470 Fontenilles (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)

(54) Title : METHOD FOR DETERMINING THE FRACTION OF THE MASS OF BURNT GASES FOR A MOTOR VEHICLE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Titre : PROCEDE DE DETERMINATION DE LA FRACTION DE LA MASSE DES GAZ BRULES POUR MOTEUR A COMBUSTION INTERNE DE VEHICULE AUTOMOBILE

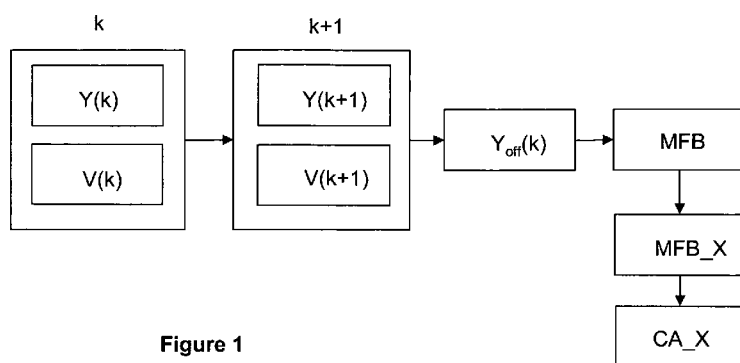


Figure 1

(57) Abstract : The invention relates to a method for determining the fraction of the mass of burnt gases (MFB) during a motor vehicle internal combustion engine cycle. It is essentially characterized in that it comprises steps involving: - taking a first (Y(k)) and a second (Y(k+1)) pressure measurement in a cylinder at a first instant (k) and a second instant (k+1) respectively using a passive pressure sensor having an offset (Y_{off}), - determining the value V(k) and V(k+1) of the volume of said cylinder at said first (k) and second (k+1) respective instants, - calculating the fraction of the mass of burnt gases (MFB) at a third instant j using equation (I) where γ is the polytropic expansion coefficient for the gases and m is the instant at the end of the complete engine cycle.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de détermination

[Suite sur la page suivante]

$$MFB = \frac{\sum_{k=0}^j \left[Y(k) - Y_{off} + \left(\frac{V(k-1)}{V(k)} \right)^{\gamma} \times (Y_{off} - Y(k-1)) \right]}{\sum_{k=0}^m \left[Y(k) - Y_{off} + \left(\frac{V(k-1)}{V(k)} \right)^{\gamma} \times (Y_{off} - Y(k-1)) \right]} \quad (I)$$



de la fraction de la masse des gaz brûlés (MFB) lors d'un cycle de moteur à combustion interne de véhicule automobile. Essentiellement caractérisé en ce qu'il comprend des étapes consistant à: - effectuer une première ($Y(k)$) et une deuxième ($Y(k+1)$) mesure de la pression dans un cylindre, respectivement en un premier instant (k) et un deuxième instant ($k+1$), par un capteur de pression passif possédant un offset (Y_{off}), - déterminer la valeur $V(k)$ et $V(k+1)$ du volume dudit cylindre auxdits premier (k) et deuxième ($k+1$) instants respectifs, - calculer la fraction de la masse des gaz brûlés (MFB) à un troisième instant j selon l'équation (I) où γ est le coefficient polytropique d'expansion des gaz, et m l'instant de fin du cycle moteur complet.

Procédé de détermination de la fraction de la masse des gaz brûlés pour moteur à combustion interne de véhicule automobile

La présente invention concerne le domaine de la régulation d'un moteur à combustion interne, en particulier du type HCCI (« Homogeneous Charge Compression Ignition » en anglais, pour « allumage par compression d'une charge homogène ») utilisant un capteur de pression cylindre.

- 5 La spécificité de certains types de moteurs comme les moteurs HCCI par exemple où la combustion est spontanée et se fait par auto-allumage lors de la compression homogène du mélange carburant/comburant, ou les moteurs à très forte stratification rendent nécessaire un contrôle accru de la combustion.

- 10 La détermination de l'instant de combustion n'étant pas faisable en temps réel, le contrôle de la combustion d'un moteur se fait par exemple par la détermination de l'angle du vilebrequin (ou l'instant) CA_X correspondant à un pourcentage MFB_X donné (Masse Fraction Brûlée égale à X% de la masse totale brûlée dans le cylindre lors d'un cycle complet). Selon l'invention CA_X correspond donc indifféremment à l'angle vilebrequin ou à l'instant pour lequel X% du mélange est brûlé.

- 15 Le paramètre CA_X permet par exemple de piloter ensuite la combustion en jouant sur des paramètres tels que l'instant et la durée d'injection, le réglage des soupapes et autres éléments de contrôle, etc.

- 20 La fraction de la masse des gaz brûlés MFB_X n'étant pas mesurable, elle est déterminée à l'aide de modèles thermodynamiques basés sur l'information de la pression cylindre, par exemple celui de *Rassweiler-Withrow*.

Classiquement, la pression cylindre est acquise par des capteurs de pressions actifs, c'est à dire à électronique intégrée, du type piézo-électrique, montés sur chaque bougie de chaque cylindre ou dans la culasse.

- 25 Du fait d'une électronique intégrée, par exemple de type ASIC (« Application Specific Integrated Circuit » en anglais, pour « circuit intégré pour application spécifique »), les inconvénients de ces capteurs sont notamment un coût élevé, et un procédé de fabrication compliqué, car l'électronique intégrée dans chaque capteur doit compenser le gain et l'offset du capteur mesuré lors des tests de production.

- 30 La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients en proposant une solution moins onéreuse, mettant en œuvre des capteurs de pression passifs, c'est-à-dire ne comportant pas d'électronique intégrée.

Avec cet objectif en vue, l'invention concerne plus précisément, selon un premier de ses objets, un procédé de détermination de la fraction de la masse des gaz brûlés (MFB) lors d'un cycle de moteur à combustion interne de véhicule automobile.

Selon l'invention, le procédé est essentiellement caractérisé en ce qu'il comprend des étapes consistant à :

- effectuer une première ($Y(k)$) et une deuxième ($Y(k+1)$) mesure de la pression dans un cylindre, respectivement en un premier instant (k) et un deuxième instant ($k+1$), par un capteur de pression passif possédant un offset (Y_{off}),
- déterminer la valeur $V(k)$ et $V(k+1)$ du volume dudit cylindre auxdits premier (k) et deuxième ($k+1$) instants respectifs, et
- calculer la fraction de la masse des gaz brûlés (MFB) à un instant (j) selon l'équation :

$$MFB = \frac{\sum_{k=0}^j \left[Y(k) - Y_{off} + \left(\frac{V(k-1)}{V(k)} \right)^{\gamma} \times (Y_{off} - Y(k-1)) \right]}{\sum_{k=0}^m \left[Y(k) - Y_{off} + \left(\frac{V(k-1)}{V(k)} \right)^{\gamma} \times (Y_{off} - Y(k-1)) \right]}$$

Où γ est le coefficient polytropique d'expansion des gaz, et m l'instant de fin du cycle moteur complet.

Grâce à l'invention, on peut déterminer le paramètre CA_X sans avoir à déterminer la valeur du gain K du capteur mais seulement son offset, celui-ci étant avantageusement déterminé entre la phase de fermeture des soupapes et la phase d'allumage.

Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape consistant à calculer l'offset du capteur de pression passif.

De préférence, pour le calcul de l'offset Y_{off} du capteur de pression passif, la première $Y(k)$ et la deuxième $Y(k+1)$ mesure de la pression dans le cylindre sont effectuées au cours d'une période de temps correspondant à une compression hors combustion.

Dans un mode de réalisation, γ , le coefficient polytropique d'expansion des gaz, est assimilé à une constante dont la valeur est comprise dans l'ensemble $[1,3 ; 1,4]$.

Dans un autre mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape consistant à calculer γ , le coefficient polytropique d'expansion des gaz, selon l'équation :

$$\gamma = (1 - MFB) \cdot \gamma_0 + MFB \cdot \gamma_1$$

Où MFB est la fraction de la masse des gaz brûlés lors du ou d'un cycle précédent, et γ_0 et γ_1 des valeurs prédéterminées.

Avantageusement, le procédé comprend en outre une étape de filtrage de la mesure $Y(k)$ de la pression dans le cylindre.

De préférence, l'étape de filtrage est mise en œuvre par un filtre de Kalman.

Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape consistant à calculer la valeur de l'instant j pour lequel la fraction de la masse des gaz brûlés MFB est égale à une valeur prédéterminée, en particulier 50%.

5 Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape consistant à asservir, pour le ou un cycle moteur donné, tout ou partie des actuateurs du moteur selon une loi dont une variable d'entrée est la valeur de l'instant j pour lequel la fraction de la masse des gaz brûlés MFB est égale à une valeur prédéterminée, calculée lors du ou d'un cycle précédent.

10 L'invention concerne également un programme d'ordinateur, comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes d'un procédé tel que défini ci-avant lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante donnée à titre d'exemple illustratif et non limitatif et faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- 15 - la figure 1 illustre une vision synoptique d'un mode de réalisation du procédé selon l'invention, et
- la figure 2 illustre l'évolution de la pression cylindre P et de la fraction de masse brûlée MFB en fonction de la position angulaire du vilebrequin CA . Quelques événements notables sont repris sur cette figure en abscisses. Le point I, tout d'abord, correspond à la fermeture des soupapes et au début de la phase de compression, repérée II, du mélange carburant / comburant. Le point
- 20 III correspond pour sa part à l'allumage dudit mélange. Enfin, le point CA50 correspond au point de l'abscisse auquel 50% de la masse totale à brûler a bien été consommée.

25 L'un des buts de la présente invention est de permettre le contrôle d'un moteur de véhicule automobile à combustion interne par la connaissance dans un cycle donné de l'instant ou de l'angle vilebrequin pour lequel la fraction de la masse des gaz brûlés MFB est égale à une valeur prédéterminée.

30 La fraction de masse brûlée MFB à un instant j du cycle est définie par l'équation :

$$MFB = mb(j) / mb(\text{total})$$

Où $mb(j)$ représente la fraction de la masse des gaz brûlés à l'instant j du cycle, et $mb(\text{total})$ la masse totale des gaz brûlés durant le cycle moteur complet.

Selon l'invention, la fraction de masse brûlée MFB à un instant j du cycle est approximée par l'équation

$$MFB = \frac{\sum_{k=0}^j \Delta P_c(k)}{\sum_{k=0}^m \Delta P_c(k)} \quad (1)$$

Dans l'équation (1) :

- 5 - k représente un instant ou une unité d'angle vilebrequin,
- m correspond à l'instant ou à l'angle vilebrequin à la fin d'un cycle moteur complet, typiquement 720° pour un moteur à combustion interne de type « 4 temps », et
- ΔP_c représente la variation de la pression dans le cylindre dans l'intervalle de
- 10 temps considéré, due uniquement à la combustion.

Or, la pression P dans le cylindre à l'instant $j+1$ est la résultante de la pression de combustion P_c à l'instant $j+1$ et de la variation de pression de compression P_v , due au mouvement du piston sur l'intervalle entre l'instant j et l'instant $j+1$, soit :

$$P(j+1) = P_v(j+1) + \Delta P_c(j+1) \quad (1')$$

15

La composante de la pression P_v venant de la compression à l'instant $(j+1)$ est donnée par l'équation polytropique d'expansion des gaz, soit :

$$P_v(j+1) = P(j) \times \left(\frac{V(j)}{V(j+1)} \right)^\gamma \quad (1'')$$

Dans laquelle :

20

- P est la pression réelle,
- P_v est la pression de compression,
- $V(j)$ et $V(j+1)$ sont les volumes du cylindre aux instants j et $j+1$, calculés selon la position du piston à ces deux instants respectifs, et
- γ est le coefficient polytropique d'expansion des gaz.

25

On a donc, d'après les équations (1') et (1'') :

$$\Delta P_c(j+1) = P(j+1) - P(j) \times \left(\frac{V(j)}{V(j+1)} \right)^\gamma \quad (2)$$

Or la pression mesurée Y par un capteur est différente de la pression réelle P . En effet, pour tout capteur, la pression mesurée Y à un instant $j+1$ est égale à la pression réelle P à l'instant $j+1$ multipliée par un gain K et à laquelle un offset Y_{off} est ajouté, soit :

30

$$Y(j+1) = K \times P(j+1) + Y_{off} \quad (3)$$

Les capteurs actifs permettent de s'affranchir des contraintes de gain et d'offset.

Toutefois, l'invention met en œuvre de préférence des capteurs passifs. Dans ce contexte, l'invention permet avantageusement de s'affranchir de la connaissance du gain K et d'estimer la valeur de l'offset Y_{off} , comme décrit ci-après.

A cet effet, à partir de l'équation (3), on obtient pour l'instant $j+1$ et pour l'instant j respectivement les équations :

$$P(j+1) = \frac{Y(j+1) - Y_{off}}{K} \quad (4)$$

et

$$P(j) = \frac{Y(j) - Y_{off}}{K} \quad (4')$$

Des équations (2) et (4), on obtient :

$$\Delta P_C(j+1) = \frac{Y(j+1) - Y_{off}}{K} - P(j) \times \left(\frac{V(j)}{V(j+1)} \right)^r \quad (5)$$

Et des équations (5) et (4'), on obtient :

$$\Delta P_C(j+1) = \frac{Y(j+1) - Y_{off}}{K} - \left(\frac{Y(j) - Y_{off}}{K} \right) \times \left(\frac{V(j)}{V(j+1)} \right)^r \quad (5')$$

Soit

$$\Delta P_C(j+1) = \frac{1}{K} \left(Y(j+1) - Y_{off} + (Y_{off} - Y(j)) \times \left(\frac{V(j)}{V(j+1)} \right)^r \right) \quad (6)$$

Des équations (1) et (6), on obtient donc l'équation :

$$MFB = \frac{\sum_{k=0}^j \left[Y(k) - Y_{off} + \left(\frac{V(k-1)}{V(k)} \right)^r \times (Y_{off} - Y(k-1)) \right]}{\sum_{k=0}^m \left[Y(k) - Y_{off} + \left(\frac{V(k-1)}{V(k)} \right)^r \times (Y_{off} - Y(k-1)) \right]} \quad (7)$$

qui permet de calculer, au moyen d'un calculateur, la fraction de la masse des gaz brûlés. La fraction exprimée dans l'équation (7) permet avantageusement de s'affranchir du gain K du capteur.

Dans cette équation, les grandeurs $Y(k)$ sont les mesures effectuées par le capteur de préférence dans un même cycle moteur. Les grandeurs $V(k)$ sont connues (données géométriques du moteur calculables ou stockées dans une mémoire), elles sont par exemple déterminées par un calculateur.

Dans un mode de réalisation, l'offset Y_{off} est connu et stocké dans une mémoire.

Il peut par exemple être assimilé à une constante.

Dans un autre mode de réalisation, l'offset Y_{off} du capteur de pression passif est calculé, et éventuellement stocké dans une mémoire.

Le calcul (l'estimation) de l'offset Y_{off} est avantageusement mis en œuvre lorsque la première $Y(k)$ et la deuxième $Y(k+1)$ mesure de la pression dans le cylindre sont effectuées au cours d'une période de temps correspondant à une compression pure, c'est-à-dire hors combustion (voir figure 2).

- 5 En effet, en posant $C_{j,j+1}$ le ratio entre deux valeurs (de préférence successives) de la pression, on a :

$$C_{j,j+1} = \frac{P(j+1)}{P(j)}$$

Ainsi, d'après les équations (4) et (4'), on a :

$$C_{j,j+1} = \frac{(Y(j+1) - Y_{off})}{(Y(j) - Y_{off})},$$

- 10 Soit

$$Y_{off} = \frac{(Y(j+1) - C_{j,j+1}Y(j))}{(1 - C_{j,j+1})} \quad (8)$$

- Or, lorsque le calcul, c'est-à-dire la première $Y(k)$ et la deuxième $Y(k+1)$ mesure de la pression dans le cylindre, sont effectuées au cours d'une période de temps correspondant à une compression hors combustion (entre la fermeture des soupapes d'admission et l'allumage), on a sur cette période particulière $\Delta P_C = 0$. Grâce à cette caractéristique, on déduit de l'équation (2) que

$$C_{j,j+1} = \left(\frac{V(j)}{V(j+1)} \right)^{\gamma} \quad (8')$$

- Comme vu précédemment, pour chaque instant j les valeurs de $V(j)$ sont connues. On peut donc calculer le ratio $C_{j,j+1}$, et la valeur de l'offset, grâce aux équations (8) et (8').

De préférence, la valeur calculée de l'offset Y_{off} pour un cycle donné est stockée dans une mémoire et utilisée pour le pilotage / contrôle du moteur pour le cycle suivant.

On peut prévoir également en outre une étape de filtrage (du signal) de la mesure $Y(k)$ de la pression dans le cylindre, par exemple par un filtre de Kalman.

- 25 Dans ce cas, on peut réécrire l'équation (8) sous la forme :

$$Y(j+1) = C_{j,j+1} \cdot Y(j) + (1 - C_{j,j+1}) Y_{off} \quad (9)$$

- Pour l'ensemble des intervalles de la période de temps considérée, l'équation (9) peut s'exprimer sous forme matricielle, qui peut être résolue par la méthode des moindres carrés. Mais pour ne pas avoir à stocker n mesures et inverser a posteriori une matrice de taille importante, il est possible d'utiliser un filtre prédictor-correcteur pour une estimation en continue basée sur les dernières mesures.

Dans ce but, en utilisant un filtre de Kalman, on résout l'équation suivante :

$$\hat{Y}(j+1) = C_{j,j+1} \cdot Y(j) + (1 - C_{j,j+1}) \hat{Y}_{off}$$

Où $\hat{Y}$ et $\hat{Y}_{off}$ désignent respectivement la quantité prédite et la valeur de l'offset utilisée dans le modèle (valeur déterminée à l'instant j , ou à défaut égale au cycle précédent par exemple pour une initiation).

L'erreur ε observée au temps $(j+1)$ est égale à :

$$\varepsilon(j+1) = Y(j+1) - \hat{Y}(j+1)$$

Et l'offset utilisé dans l'étape (cycle) suivante est corrigé selon l'équation :

$$\hat{Y}_{off}(j+1) = \hat{Y}_{off}(j) + G \times \varepsilon(j+1)$$

Où G est le gain de la résolution de la méthode numérique, tel que $G = (1 - C_{j,j+1}) / g$,

avec g le gain du filtre de Kalman compris entre 0 et 1.

La mise en œuvre d'une telle étape de filtrage est avantageusement optimisée par le choix des plages de temps traités. Cette estimation, réalisable de manière récursive à l'aide d'un filtre de Kalman, permet de s'affranchir d'un besoin de grande capacité de stockage des mesures et d'inversion de matrice volumineuse.

Le calcul de la fraction de la masse des gaz brûlés (équation (7)) implique également la connaissance de la valeur de γ le coefficient polytropique d'expansion des gaz.

Dans un mode de réalisation, la valeur de γ est constante, en particulier au cours d'une période de temps correspondant à une compression hors combustion, et comprise dans l'ensemble [1,3 ; 1,4], en particulier pour des valeurs de fraction de masse brûlée inférieures ou égales à 50%.

Dans un autre mode de réalisation, en particulier pour des valeurs de fraction de masse brûlée supérieures à 50%, on calcule la valeur de γ à partir d'un (du) cycle précédent, selon l'équation :

$$\gamma = (1 - MFB) \cdot \gamma_0 + MFB \cdot \gamma_1$$

Où γ_0 et γ_1 sont des données connues / estimées par le contrôle moteur.

Grâce aux valeurs de l'offset Y_{off} et de γ , on peut alors calculer la fraction de masse brûlée MFB selon l'équation (7).

La détermination de l'angle du vilebrequin (ou l'instant) CA_X correspondant à un pourcentage MFB_X donné peut alors être mis en œuvre par exemple par interpolation.

L'invention est avantageusement mise en œuvre pour la détermination de l'angle du vilebrequin (ou l'instant) CA_50 correspondant à un pourcentage MFB_50 de 50% de la masse brûlée.

- Cette valeur pour un cycle donné permet ensuite de piloter divers éléments du
- 5 moteur au cycle suivant, par exemple pour asservir, pour le cycle moteur, tout ou partie des actuateurs du moteur selon une loi dont une variable d'entrée est la valeur de l'instant j pour lequel la fraction de la masse des gaz brûlés (MFB) est égale à la valeur MFB_X prédéterminée, en l'espèce MFB_50, calculée lors du ou d'un cycle précédent.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détermination de la fraction de la masse des gaz brûlés (MFB) lors d'un cycle de moteur à combustion interne de véhicule automobile,

caractérisé en ce qu'il comprend des étapes consistant à :

- effectuer une première ($Y(k)$) et une deuxième ($Y(k+1)$) mesure de la pression dans un cylindre, respectivement en un premier instant (k) et un deuxième instant ($k+1$), par un capteur de pression passif possédant un offset (Y_{off}),
- déterminer la valeur $V(k)$ et $V(k+1)$ du volume dudit cylindre auxdits premier (k) et deuxième ($k+1$) instants respectifs,
- calculer la fraction de la masse des gaz brûlés (MFB) à un instant j selon l'équation :

$$MFB = \frac{\sum_{k=0}^j \left[Y(k) - Y_{off} + \left(\frac{V(k-1)}{V(k)} \right)^{\gamma} \times (Y_{off} - Y(k-1)) \right]}{\sum_{k=0}^m \left[Y(k) - Y_{off} + \left(\frac{V(k-1)}{V(k)} \right)^{\gamma} \times (Y_{off} - Y(k-1)) \right]}$$

Où γ est le coefficient polytropique d'expansion des gaz, et m l'instant de fin du cycle moteur complet.

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre une étape consistant à calculer l'offset (Y_{off}) du capteur de pression passif.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel pour le calcul de l'offset (Y_{off}) du capteur de pression passif, la première ($Y(k)$) et la deuxième ($Y(k+1)$) mesure de la pression dans le cylindre sont effectuées au cours d'une période de temps correspondant à une compression hors combustion.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel γ , le coefficient polytropique d'expansion des gaz, est assimilé à une constante dont la valeur est comprise dans l'ensemble $[1,3 ; 1,4]$.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant en outre une étape consistant à calculer γ , le coefficient polytropique d'expansion des gaz, selon l'équation :

$$\gamma = (1 - MFB) \cdot \gamma_0 + MFB \cdot \gamma_1$$

Où MFB est la fraction de la masse des gaz brûlés lors du ou d'un cycle précédent, et γ_0 et γ_1 des valeurs prédéterminées.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape de filtrage de la mesure ($Y(k)$) de la pression dans le cylindre.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel l'étape de filtrage est mise en œuvre par un filtre de Kalman.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une étape consistant à calculer la valeur de l'instant (j) pour lequel la fraction de la masse des gaz brûlés (MFB) est égale à une valeur prédéterminée, en particulier 50%.

5 9. Procédé selon la revendication 8, comprenant en outre une étape consistant à asservir, pour le cycle moteur, tout ou partie des actionneurs du moteur selon une loi dont une variable d'entrée est la valeur de l'instant (j) pour lequel la fraction de la masse des gaz brûlés (MFB) est égale à une valeur prédéterminée, calculée lors du ou d'un cycle précédent.

10 10. Programme d'ordinateur, comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

1 / 1

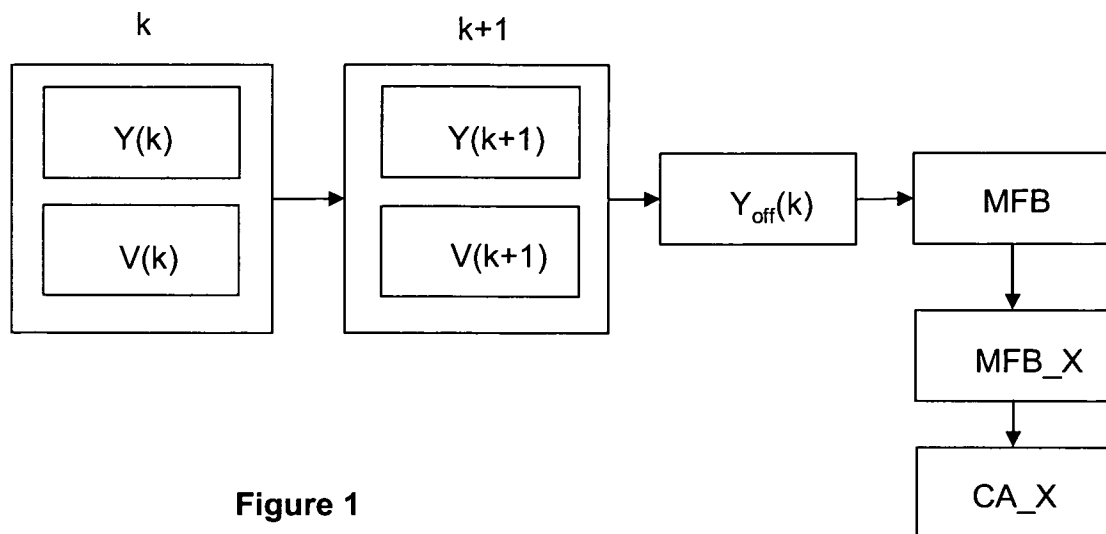


Figure 1

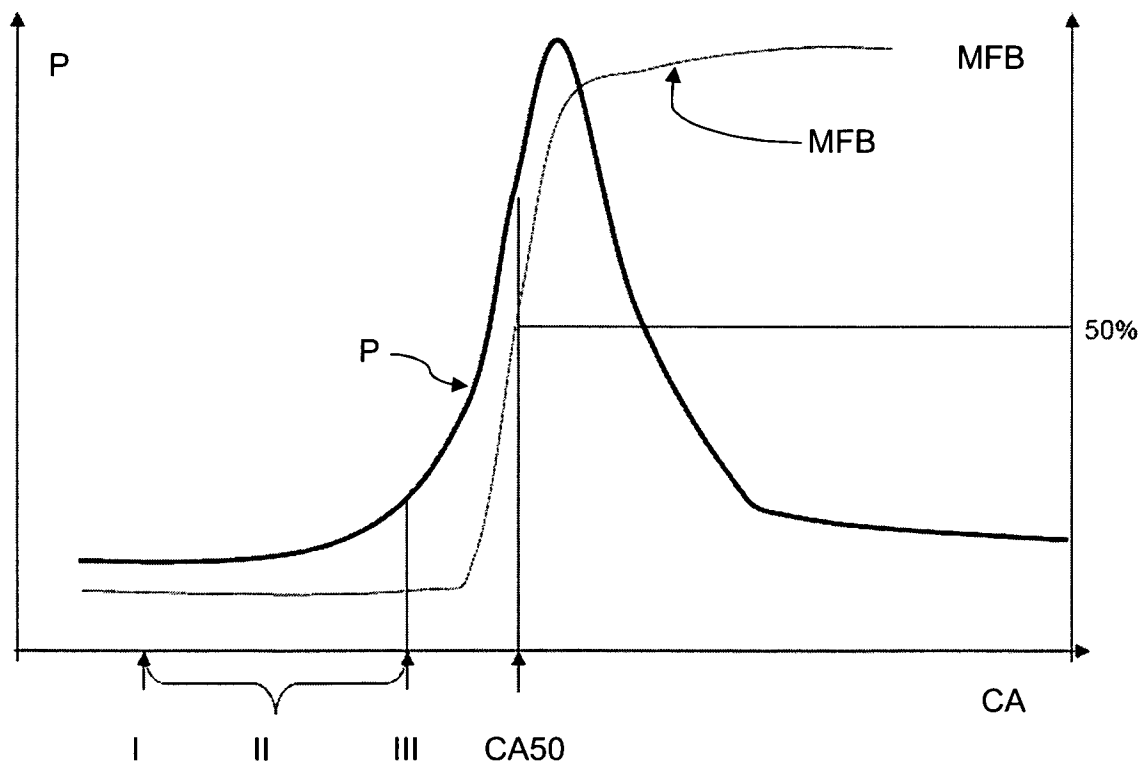


Figure 2