



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
25.08.2010 Bulletin 2010/34

(51) Int Cl.:
F02D 41/38 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10290055.2**

(22) Date de dépôt: **08.02.2010**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
AL BA RS

(71) Demandeur: **IFP**
92852 Rueil-Malmaison Cédex (FR)

(72) Inventeur: **Dauphin, Roland**
92500 Rueil Malmaison (FR)

(30) Priorité: **23.02.2009 FR 0900842**

(54) **Méthode d'injection de carburant dans un moteur à combustion interne prenant en compte l'évolution des injecteurs au cours du temps**

(57) - Méthode pour injecter une masse m de carburant via un injecteur d'une rampe commune équipant un moteur à combustion interne.

- On définit un modèle physique f , fournissant une estimation d'une masse de carburant injectée en fonction d'un temps d'injection et d'une pression dans la rampe commune. Puis, après avoir mesuré la pression dans la rampe commune, on utilise ce modèle pour calculer le temps t d'injection de carburant nécessaire à l'injection de la masse m de carburant. Enfin, on injecte du carburant via l'injecteur pendant le temps t . Puis, lorsque le vieillissement du moteur est tel que l'écart entre la masse injectée souhaitée et la masse réellement injectée est important, on recalibre le modèle physique.

- Application au contrôle moteur.

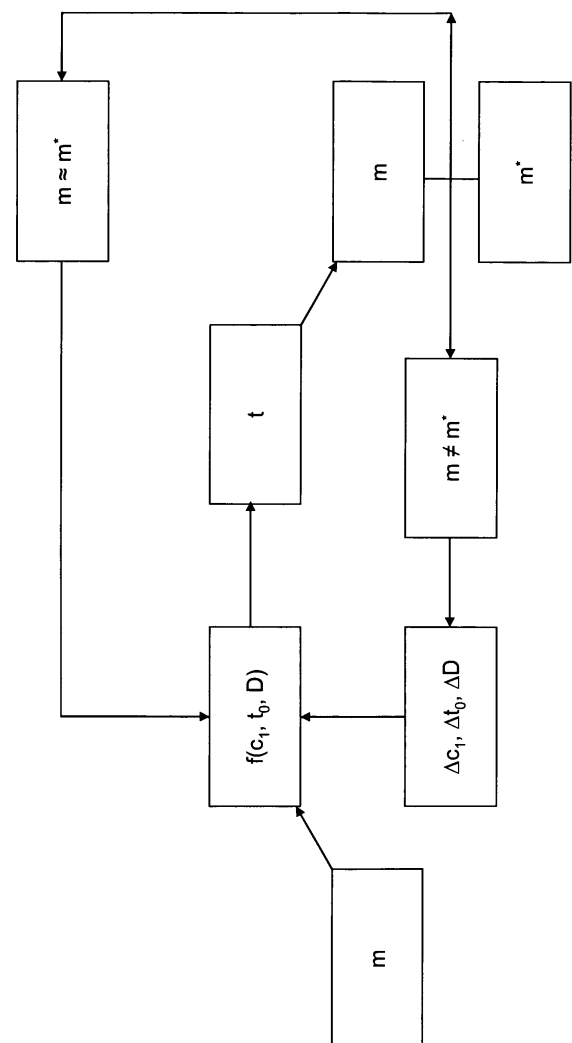


Fig. 1

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine du contrôle d'un moteur à combustion interne. Plus particulièrement, l'invention concerne une méthode pour améliorer le processus d'injections multiples des moteurs à combustion interne.

[0002] L'injection directe haute pression, via une rampe commune appelée « *common-rail* », a l'avantage de réduire fortement le taux de pollution des moteurs diesels. A partir du réservoir, le système se compose classiquement d'un réchauffeur de carburant, d'un filtre, d'une pompe d'alimentation, d'une valve de coupure, de la pompe haute pression, de la rampe commune comprenant un capteur de pression et une valve de régulation de pression, des canalisations vers les injecteurs, des injecteurs électromagnétiques et d'un refroidisseur de carburant vers le retour au réservoir.

[0003] La rampe commune aux injecteurs se compose d'un tube de forte épaisseur pouvant résister à de très hautes pressions, portant à ses extrémités un capteur de pression et un régulateur de pression. Ce dernier reçoit et stocke le carburant haute pression en provenance de la pompe, il alimente en permanence les injecteurs toujours sous pression. Cette pression est régulée par le régulateur qui est commandé par le boîtier électronique selon une cartographie en mémoire. Une cartographie est un ensemble de données mises en mémoire dans le calculateur. Une cartographie sert de référence au calculateur pour commander de façon optimale son logiciel appelé régulateur.

[0004] L'utilisation d'une rampe commune permet de maîtriser le temps d'injection. Le calculateur, en fonction des multiples informations envoyées par les différents capteurs, reçoit des signaux d'entrée et gère des sorties en fonction de critères de fonctionnement du moteur. Pour adapter la quantité de carburant, le calculateur agit soit sur la pression de carburant dans la rampe (valve du régulateur de pression et débit fourni par la pompe), soit sur la durée d'activation des électrovannes, de la vitesse d'ouverture et de la fermeture de l'aiguille de l'injecteur, de la pression de carburant dans le rail, de la quantité passée par l'injecteur et de la levée de l'aiguille.

[0005] Le succès technique et commercial des systèmes d'injection de carburant avec une rampe commune, est l'une des raisons les plus importantes de la croissance des moteurs diesel dans le marché automobile. Le facteur principal de ce succès est la flexibilité que ce système à rampe commune fournit en termes de paramètres d'injection comme le temps d'injection et la pression du carburant.

[0006] Les systèmes d'injection modernes à rampe commune, permettent une combustion avec injections multiples. Les injections pilotes sont utiles pour réduire le bruit de combustion, particulièrement pendant l'opération à froid, et les émissions polluantes, particulièrement ceux de NOx et particules. A charge moyenne, le meilleur compromis est attendu avec une injection principale séparée en deux injections différentes.

[0007] D'autre part, les injections tardives peuvent diminuer les émissions de NOx et favoriser la régénération des filtres à particules.

[0008] Pour optimiser l'injection de carburant, un contrôleur, c'est-à-dire un logiciel du calculateur, reçoit des informations concernant le fonctionnement du moteur et les performances attendues, et en déduit la masse de carburant à injecter, de façon à optimiser le fonctionnement du moteur.

État de la technique

[0009] Pour ce faire, il est connu d'utiliser des cartographies moteur sur lesquelles le contrôleur se base pour effectuer le contrôle. Des cartographies sont un ensemble de valeurs discrètes établies avant le fonctionnement du moteur. On connaît par exemple les documents EP 1 344 923, US 5 609 140 et US 7 000 600, qui décrivent un dispositif pour contrôler l'injection de carburant pour un moteur à combustion interne. Ces dispositifs mettent en oeuvre une méthode dans laquelle on utilise des cartographies pour déterminer le temps d'injection nécessaire pour injecter une masse donnée de carburant.

[0010] Cependant, ces cartographies correspondent à des points de fonctionnement statiques. De ce fait, en fonctionnement, les valeurs de réglage contenues dans les cartographies d'injections peuvent être caduques. En d'autres termes, alors que l'on souhaite injecter une masse M de carburant via un injecteur, une masse M', différente de M, sera effectivement injectée. Or la masse M est déterminée par un contrôleur, logiciel du calculateur, de façon à optimiser le fonctionnement du moteur. De plus, le nombre de données nécessaires pour renseigner des cartographies, même bidimensionnelles, est très important.

[0011] Une approche alternative implique l'utilisation d'un capteur de la pression dans chaque tube d'injection. En conséquence, la correction des masses à injecter est possible avec beaucoup de précision. Néanmoins, cette solution pour moteurs multicylindres demande l'usage de plusieurs capteurs, par exemple à effet magnéto-élastique. Actuellement ces capteurs ne sont pas utilisés dans les moteurs et donc, même si leur coût est en baisse, leur introduction augmente la complexité du système. En plus, un contrôleur basé sur ces mesures doit être nécessairement haute fréquence, ce qui n'est pas toujours compatible avec la puissance des unités de contrôle embarquées dans le calculateur.

[0012] Ainsi, l'objet de l'invention, est une méthode alternative pour améliorer le processus d'injections des moteurs à combustion interne, permettant de s'affranchir de l'utilisation d'une cartographie moteur.

[0013] L'invention est basée sur un modèle physique continu décrivant le procédé d'injection, dans lequel on définit une dépendance explicite entre les temps d'injection et la masse injectée, ainsi que sur une technique de calage prenant en compte la dérive des caractéristiques physiques des injecteurs au cours du temps.

5 La méthode selon l'invention

[0014] L'invention concerne une méthode pour injecter une masse m de carburant via au moins un injecteur d'une rampe commune comportant plusieurs injecteurs et équipant un moteur à combustion interne. La méthode comporte les étapes suivantes :

10 a.-on définit un modèle physique continu f , décrivant le procédé d'injection en terme de débit de masse à travers l'injecteur, dans lequel on définit une dépendance entre temps d'injection et masse injectée, en prenant en compte la pression dans ladite rampe commune ;

15 b.-on mesure une pression p_r dans ladite rampe commune ;

c.-on détermine un temps t d'injection de carburant nécessaire pour injecter la masse m de carburant, à l'aide dudit modèle physique et de ladite pression p_r ;

20 d.-on injecte du carburant via l'injecteur pendant le temps t ; et

e.- on prend en compte une évolution des injecteurs au cours du temps :

- 25 - en déterminant une masse m^* de carburant réellement injectée suite à l'étape d ; et
- si la masse de carburant réellement injectée est sensiblement différente de la masse m , on effectue une calibration dudit modèle physique continu f , de façon à ce que le temps t d'injection de carburant, déterminé par le modèle ainsi calibré, permette d'injecter réellement la masse m pendant le temps t .

30 **[0015]** Selon un mode de réalisation, on peut effectuer la calibration du modèle pour tous les injecteurs de la rampe en même temps, en appliquant les étapes suivantes pour déterminer un nombre n de paramètres du modèle :

- on écrit pour n paliers de stabilisation de la charge du moteur, une équation traduisant l'égalité de la masse de carburant telle que définie par le modèle et la masse de carburant réelle m^* ;
- 35 - on résout ce système de n équations à n inconnues pour déterminer les n paramètres du modèle.

[0016] Selon un autre mode de réalisation, on peut effectuer la calibration du modèle pour chaque injecteur de la rampe indépendamment, en déterminant un nombre n de paramètres du modèle par application des étapes suivantes pour chaque injecteur i :

- on contrôle un calculateur du moteur de façon à ce qu'une différence de charge demandée par un conducteur soit assurée par modification d'une quantité injectée uniquement sur l'injecteur i ;
- 45 - on détermine une différence de masse réelle $\delta Q_{inj_réelle,i}$ injectée par l'injecteur i et une différence de temps δt_i d'injection de l'injecteur i , pour répondre à la demande du conducteur ;
- on écrit pour n paliers de stabilisation de la charge du moteur, une équation traduisant l'égalité de la masse de carburant injectée par l'injecteur i pendant le temps δt_i telle que définie par le modèle, et la différence de masse
- 50 réelle $\delta Q_{inj_réelle,i}$ injectée par l'injecteur i ;
- on résout ce système de n équations à n inconnues pour déterminer les n paramètres du modèle.

[0017] On peut déterminer la masse de carburant réellement injectée m^* , sur un point de fonctionnement du moteur où il n'y a pas de recirculation de gaz d'échappement, et au moyen d'une sonde de richesse positionnée sur une ligne d'échappement dudit moteur.

[0018] Enfin, selon l'invention, on peut définir le modèle f en appliquant le principe de conservation de la masse et le théorème de Bernoulli. On peut calibrer initialement ce modèle physique f à partir de mesures de consommation de

carburant issues d'essais sur banc moteur avec injections simples.

[0019] D'autres caractéristiques et avantages de la méthode selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'exemples non limitatifs de réalisations, en se référant aux figures annexées et décrites ci-après.

5 **Présentation succincte des figures**

[0020]

- La figure 1 illustre les étapes de la méthode selon l'invention pour prendre en compte l'évolution des injecteurs au cours du temps.
- La figure 2 montre l'évolution d'une masse injectée M_i (mg) en fonction de la durée d'injection t_i (μ s) pour six niveaux de pression de la rampe $p_{r(1)}$ à $p_{r(6)}$.

15 **Description détaillée de la méthode**

[0021] Selon l'invention, on équipe le calculateur du moteur d'un contrôleur, comportant au moins un compensateur. Ce compensateur permet de déterminer les temps d'injection nécessaires pour obtenir les masses de carburant souhaitées.

[0022] La méthode selon l'invention, pour injecter du carburant via au moins un injecteur, comporte les étapes suivantes pour un injecteur donné :

1. détermination de la masse de carburant à injecter $\overline{M}_i$ par l'injecteur i ;
2. détermination du temps t_i d'injection du carburant par l'injecteur i , pour injecter effectivement la masse $\overline{M}_i$, au moyen d'un modèle physique ;
3. injection du carburant par l'injecteur pendant le temps t_i ;
4. recalibration du modèle physique continu

1. Détermination de la masse de carburant à injecter

[0023] Une masse de carburant à injecter $\overline{M}_i$ est déterminée par un contrôleur de façon à optimiser le fonctionnement du moteur. Cette masse de carburant $\overline{M}_i$ est déterminée en fonction des conditions de fonctionnement du moteur et des performances attendues.

2. Détermination du temps d'injection t_i pour obtenir la masse de carburant souhaitée

[0024] La valeur cherchée t_i est la durée d'injection telle que le système physique réalise la masse exigée $\overline{M}_i$. Pour ce faire, au lieu d'utiliser une cartographie statique, on construit un modèle physique décrivant le procédé d'injection en reliant le temps d'injection et la masse injectée.

[0025] On procède comme suit :

- on définit un modèle physique décrivant le procédé d'injection et fournissant une relation (fonctionnelle) explicite entre la masse injectée et le temps d'injection ;
- on calibre le modèle ;
- on applique le modèle.

Définition d'un modèle physique continu

[0026] Un modèle continu se distingue d'une cartographie, en ce qu'il permet de fournir des valeurs de paramètres souhaitées en continu, à chaque instant, lors du fonctionnement du moteur, et quelles que soient les valeurs d'entrée. Ce modèle peut donc s'appliquer lors du fonctionnement même du moteur. Au contraire, une cartographie constitue un ensemble de valeurs discrètes établies avant le fonctionnement du moteur, et pour un nombre restreint de valeurs d'entrée.

[0027] Un modèle physique est un modèle qui se base sur une description des phénomènes physiques pour modéliser un phénomène particulier.

[0028] Selon l'invention, le modèle décrivant le procédé d'injection dans un injecteur i est défini de façon à estimer une masse injectée M_i en fonction d'une durée d'injection $D_{inj,i}$ et de la pression dans la rampe p_r :

$$M_i = f(p_r, D_{inj,i})$$

La fonction continue f (le modèle) doit être calibrée. De façon explicite, le modèle est construit de façon à décrire le procédé d'injection en terme de débit de masse à travers l'injecteur. Pour ce faire, on écrit que la masse injectée correspond à l'intégrale du débit de masse à travers l'injecteur, puis on applique le principe de conservation de la masse et le théorème de Bernoulli. Le théorème de Bernoulli exprime le bilan hydraulique simplifié d'un fluide dans une conduite. Ce théorème pose les bases de l'hydrodynamique et, d'une façon plus générale, de la mécanique des fluides.

[0029] Plus un modèle est précis, plus il est complexe. Un modèle trop complexe ne serait pas utilisable à bord d'un véhicule. Des hypothèses simplificatrices sont donc nécessaires. On peut admettre les hypothèses suivantes :

- (i) on considère la pression d'injection constante pendant la durée d'injection et égale à la pression dans le rail,
- (ii) on représente la dynamique de l'aiguille avec une loi dynamique du premier ordre, et
- (iii) on linéarise l'influence de la pression sur le coefficient de décharge et sur la vitesse d'injection du carburant par rapport à la racine carré de la pression elle-même.

[0030] On obtient alors le modèle suivant permettant de décrire le procédé d'injection :

$$M_i \approx k_i(p_r) \left\{ (t_i - t_{0,i}) + \frac{1}{D_i} \left[e^{-D_i(t_i - t_{0,i})} - 1 \right] \right\} \quad (1)$$

Avec :

p_r : pression dans la rampe

$k_i(x) \approx c_{1,i} \sqrt{x} + c_{2,i}$, avec $c_{1,i}$ et $c_{2,i}$ des paramètres additionnels du modèle

$t_{0,i}$: instant au dessous duquel il n'y a pas de masse de carburant injectée

D_i : un paramètre additionnel à calibrer

Les paramètres du modèle à calibrer sont donc $c_{1,i}$, $c_{2,i}$, $t_{0,i}$, et D_i .

Calibration des paramètres

[0031] Les paramètres du modèle utilisés dans le compensateur sont calibrés à partir des mesures de la consommation du carburant pendant des essais moteurs avec injections simples. On peut réaliser ces essais sur un banc moteur classique, en modifiant les paramètres d'un moteur monté sur un banc d'essai. De préférence, on utilise un banc dédié au système d'injection. Dans cette configuration, le système est isolé du reste du moteur, puis monté sur un banc. Cette configuration a l'avantage de pouvoir faire varier un plus grand nombre de paramètres du système d'injection, et dans des gammes qui ne seraient pas forcément acceptables sur un moteur. On réalise ainsi plusieurs essais à différentes pressions de la rampe, p_r . Un exemple d'une telle calibration est montré sur la figure 2. Cette figure montre une masse injectée M_i (mg) en fonction de la durée d'injection t_i (μ s) pour six niveaux de pression de la rampe $p_{r(1)}$ à $p_{r(6)}$. Les lignes continues représentent des données expérimentales, tandis que les points représentent des sorties du modèle décrivant le procédé d'injection. L'erreur moyenne est au-dessous de 5%. Les paramètres du modèle calibrés sont :

$$c_{1,i} = 0.010, c_{2,i} = -0.183, t_{0,i} = 108 \mu\text{s}, \text{ et } D_i = 0.0015.$$

Application des modèles paramétrés

[0032] Le modèle physique, décrivant le procédé d'injection et ainsi paramétré, permet au compensateur de déterminer le temps d'injection t_i nécessaire pour obtenir la masse $\bar{M}_i$ de carburant.

$$\bar{M}_i = f(p_{r,i}, D_{inj,i})$$

3. Injection du carburant via l'injecteur pendant le temps t_i

[0033] On injecte du carburant pendant un temps t_i via l'injecteur i , de façon à injecter la masse de carburant souhaitée.

4. Recalibration du modèle physique continu

[0034] Les caractéristiques physiques des injecteurs diesels dérivent au cours de la vie du moteur. Ainsi, pour une même quantité injectée demandée, la quantité injectée réalisée sera différente pour un moteur neuf ou pour un moteur ayant 1000 heures de fonctionnement. Ce phénomène est particulièrement sensible pour les petites quantités injectées (du type injection pilote).

[0035] Ainsi, la qualité initiale de la dépollution du moteur évolue au cours de la vie du véhicule. Pour palier un tel problème, on peut imposer des niveaux de dépollution plus sévères que la norme pour s'assurer que le moteur respecte la norme après 80 000 km par exemple.

[0036] Selon l'invention, pour pallier ce problème, on prend en compte l'évolution des injecteurs au cours du temps en déterminant une masse m^* de carburant réellement injectée, et si cette masse est sensiblement différente de la masse m que l'on souhaite injectée, on effectue une recalibration du modèle physique continu f , de façon à ce que le temps t d'injection de carburant, déterminé par le modèle ainsi calibré, permette d'injecter réellement la masse m pendant le temps t .

[0037] La figure 1 illustre les étapes de la méthode selon l'invention pour prendre en compte l'évolution des injecteurs au cours de la vie du moteur : on détermine la masse m de carburant à injecter. Au moyen du modèle physique continu f , défini entre autre par les paramètres c_1 , t_0 et D , on détermine le temps t d'injection de carburant pour injecter effectivement la masse m . On mesure par ailleurs la masse m^* de carburant réellement injectée pendant le temps t . Si l'égalité $m \approx m^*$ est vérifiée, on poursuit le contrôle de l'injection en utilisant les mêmes valeurs de paramètres pour définir le modèle f . En revanche, si $m \neq m^*$, alors on recalibre les paramètres (Δc_1 , Δt_0 et ΔD) du modèle pour obtenir une meilleure estimation du temps t , nécessaire à l'injection de la masse m .

[0038] Selon, un premier mode de réalisation, on recalc le modèle physique continu sur tous les injecteurs en même temps. On considère que le même modèle s'applique à tous les injecteurs. Ainsi, les indices i sont supprimés.

Détermination de la masse de carburant effectivement injectée par les injecteurs

[0039] Pour déterminer la masse de carburant effectivement injectée par les injecteurs à la suite de l'étape 3, on peut utiliser une sonde de richesse placée sur la ligne d'échappement. Cette sonde de richesse permet de déterminer la composition des gaz à l'échappement. On se place ensuite sur un point de fonctionnement du moteur où il n'y a pas de recirculation des gaz d'échappement (EGR pour « Exhaust gas recirculation »). On peut par exemple se placer sur un point de fonctionnement du moteur correspondant à une vitesse élevée sur autoroute. On connaît alors :

- la masse d'air Q_{air} passant par le moteur par cycle moteur : elle ne dépend que de la perméabilité du moteur et du régime moteur ;
- la richesse réelle des gaz à l'échappement $\Phi_{réelle}$: elle est mesurée par la sonde de richesse ;
- la masse de carburant théoriquement injectée par tous les injecteurs $\bar{M} = \sum_i \bar{M}_i$. Elle est connue par le calculateur du moteur.

[0040] On détermine alors la richesse théorique des gaz à l'échappement : $\Phi_{th} = \psi_s \cdot \frac{\bar{M}}{Q_{air}}$, où ψ_s est le pouvoir
 5 comburivore du carburant.

[0041] Enfin, on en déduit la masse de carburant réellement injectée par les injecteurs :

$$Q_{inj_reelle} = Q_{air} \cdot \frac{\Phi_{reelle}}{\psi_s}$$

[0042] On appelle masse de carburant injectée, la masse de carburant injectée par cycle moteur.

Correction du modèle physique

[0043] A partir de la quantité de carburant injectée, déterminée par le modèle, et la quantité réelle de carburant injectée
 20 (déterminée par la sonde de richesse), on calibre les paramètres du modèle physique de façon à ce que la quantité de carburant injectée déterminée par le modèle soit sensiblement égale à la quantité réelle : $Q_{inj_reelle} \approx \bar{M}$.

[0044] On effectue cette calibration du modèle pour tous les injecteurs de la rampe en même temps, en appliquant les étapes suivantes pour déterminer un nombre n de paramètres du modèle :

- on écrit pour n paliers de stabilisation de la charge du moteur, une équation traduisant l'égalité de la masse de
 25 carburant telle que définie par le modèle, et la masse de carburant réelle m^* ;
- on résout ce système de n équations à n inconnues pour déterminer les n paramètres du modèle.

[0045] On suppose que tous les paramètres du modèle sont connus quand le moteur est à l'état neuf. Les paramètres
 30 que l'on cherche à recalculer sont c_1 , t_0 et D . On suppose que c_2 n'évolue pas au cours du temps. Les paramètres p_r et t sont connus par le calculateur.

[0046] On définit un système de trois équations à trois inconnues, pour déterminer les trois inconnues c_1 , t_0 et D de façon à ce que : $Q_{inj_reelle} = \bar{M}$.

[0047] Pour ce faire, on peut utiliser trois paliers stabilisés de charge du moteur, ce qui conduit au système d'équations
 35 suivant :

$$\begin{cases} (Q_{inj_reelle})_1 = \left(\sum_i k(p_r) \left\{ (t - t_0) + \frac{1}{D} [e^{-D(t-t_0)} - 1] \right\} \right)_1 \\ (Q_{inj_reelle})_2 = \left(\sum_i k(p_r) \left\{ (t - t_0) + \frac{1}{D} [e^{-D(t-t_0)} - 1] \right\} \right)_2 \\ (Q_{inj_reelle})_3 = \left(\sum_i k(p_r) \left\{ (t - t_0) + \frac{1}{D} [e^{-D(t-t_0)} - 1] \right\} \right)_3 \end{cases}$$

[0048] Les indices 1, 2 et 3 indiquent les valeurs obtenues pour les trois paliers.

[0049] L'inversion de ce système permet le calcul des paramètres c_1 , t_0 et D .

[0050] L'utilisation de ces paramètres recalés, permet donc d'adapter le temps d'activation des injecteurs à l'évolution
 des injecteurs au cours du temps afin que la quantité de carburant injectée corresponde à la quantité demandée.

[0051] Selon, un second mode de réalisation, on recalcule le modèle physique continu sur chaque injecteur indépen-
 55 damment. En effet, les injecteurs ne dérivent pas nécessairement tous de la même façon, et il peut être judicieux de vouloir recalculer les lois d'injecteurs (modèle physique continu), injecteur par injecteur.

[0052] On décrit ci-après la méthode pour recalculer la loi de l'injecteur du cylindre i , à reproduire ensuite pour recalculer tous les autres cylindres.

Détermination de la masse de carburant effectivement injectée par les injecteurs

[0053] Comme pour le cas du recalage de tous les injecteurs en même temps (premier mode de réalisation), on détermine la masse de carburant effectivement injectée au moyen d'une sonde de richesse placée sur la ligne d'échappement. On connaît alors :

- la masse d'air Q_{air} passant par le moteur sur un cycle moteur : elle ne dépend que de la perméabilité du moteur et du régime moteur ;
- la richesse réelle des gaz à l'échappement $\Phi_{réelle}$: elle est mesurée par la sonde de richesse ;
- la masse de carburant théoriquement injectée par chacun des injecteurs : $\bar{M}_i$. Elle est connue par le calculateur du moteur.

[0054] On détermine alors, la richesse théorique des gaz à l'échappement : $\Phi_{th} = \psi_s \cdot \frac{\sum_i \bar{M}_i}{Q_{air}}$, où ψ_s est le pouvoir comburivore du carburant. Enfin, on en déduit la quantité de carburant réellement injectée par les injecteurs :

$$Q_{inj_réelle} = Q_{air} \cdot \frac{\Phi_{réelle}}{\psi_s}$$

Correction du modèle physique

[0055] A partir de la quantité de carburant injectée, déterminée par le modèle, et de la quantité réelle de carburant injectée (déterminée par la sonde de richesse), on recale les paramètres du modèle physique de façon à ce que, pour chaque injecteur i , la quantité de carburant injectée déterminée par le modèle soit égale à la quantité réelle : $Q_{inj_réelle,i} = \bar{M}_i$.

[0056] On suppose que tous les paramètres du modèle sont connus quand le moteur est à l'état neuf. Les paramètres que l'on cherche à recalibrer sont $c_{1,i}$, $t_{0,i}$ et D_i . On suppose que $c_{2,i}$ n'évolue pas au cours de la vie du moteur. Les paramètres p_r et t_i sont connus par le calculateur.

[0057] On définit un système de trois équations à trois inconnues, pour déterminer les trois inconnues $c_{1,i}$, $t_{0,i}$ et D_i de façon à ce que : $Q_{inj_réelle,i} = \bar{M}_i$.

[0058] Cependant, la valeur de $Q_{inj_réelle,i}$ est inconnue : cette valeur n'est pas nécessairement égale à $Q_{inj_réelle}$ divisée par le nombre d'injecteurs, étant donné que les injecteurs ont pu évoluer différemment les uns des autres.

[0059] Pour pallier ce problème, on assure, au moins une fois, les différences de charge demandées par le conducteur par modification de la quantité injectée uniquement sur l'injecteur n° i . Grâce à la sonde de richesse, on détermine alors la différence de quantité injectée par l'injecteur n° i , que l'on note $\delta Q_{inj_réelle,i}$. Cette différence de quantité est réalisée par une différence de temps d'activation de l'injecteur n° i notée : δt_i .

[0060] Puis, en utilisant à nouveau trois paliers stabilisés de charge du moteur, on peut écrire le système d'équations suivant :

$$\begin{cases}
 (\delta Q_{inj_réelle,i})_1 = \left(k_i(p_r) \left\{ \delta t_i + \frac{1}{D_i} \left[e^{-D_i(t_i + \delta t_i - t_{0,i})} - e^{-D_i(t_i - t_{0,i})} \right] \right\} \right)_1 \\
 (\delta Q_{inj_réelle,i})_2 = \left(k_i(p_r) \left\{ \delta t_i + \frac{1}{D_i} \left[e^{-D_i(t_i + \delta t_i - t_{0,i})} - e^{-D_i(t_i - t_{0,i})} \right] \right\} \right)_2 \\
 (\delta Q_{inj_réelle,i})_3 = \left(k_i(p_r) \left\{ \delta t_i + \frac{1}{D_i} \left[e^{-D_i(t_i + \delta t_i - t_{0,i})} - e^{-D_i(t_i - t_{0,i})} \right] \right\} \right)_3
 \end{cases}$$

Les indices 1, 2 et 3 indiquent les valeurs obtenues pour les trois paliers.

L'inversion de ce système permet le calcul des paramètres $c_{1,i}$, $t_{0,i}$ et D_i pour l'injecteur i .

[0061] Ainsi, selon ce mode de réalisation, on effectue la calibration du modèle pour chaque injecteur de la rampe indépendamment, en appliquant les étapes suivantes pour déterminer un nombre n de paramètres du modèle :

- on contrôle le calculateur de façon à ce qu'une différence de charge demandée par le conducteur soit assurée par modification de la quantité injectée uniquement sur l'injecteur i ;
- on détermine la différence de masse réelle $\delta Q_{inj_réelle,i}$ injectée par l'injecteur i et la différence de temps δt_i d'injection de l'injecteur i , pour répondre à la demande du conducteur ;
- on écrit pour n paliers de stabilisation de la charge du moteur, l'équation traduisant l'égalité de la masse de carburant injectée par l'injecteur i pendant le temps δt_i telle que définie par le modèle, et la différence de masse réelle $\delta Q_{inj_réelle,i}$ injectée par l'injecteur i ;
- on résout ce système de n équations à n inconnues pour déterminer les n paramètres du modèle.

[0062] L'utilisation de ces paramètres recalés, permet donc d'adapter le temps d'activation de l'injecteur i à l'évolution de cet injecteur au cours du temps afin que la quantité de carburant injectée corresponde à la quantité demandée. Il suffit de répéter l'opération indépendamment pour chaque injecteur du moteur pour procéder au recalage de tous les injecteurs.

[0063] Selon un autre mode de réalisation, le recalage du modèle physique continu est mis en oeuvre uniquement si l'écart est trop important entre $\Phi_{réelle}$ et Φ_{th} .

Avantages

[0064] L'utilisation d'un modèle physique permet d'extrapoler dans des zones de fonctionnement où une caractérisation expérimentale du système hors ligne n'est pas possible, ou n'est pas pratique à obtenir. Les temps de caractérisation sont réduits avec un modèle paramétrique.

[0065] La nature paramétrique du modèle permet d'isoler les effets des phénomènes principaux et leur influence sur le processus global. Tandis que les variables d'influence sont explicitement prises en compte dans le modèle, les effets permanents de la géométrie, de la fabrication, etc., du système sont réduits dans quelques paramètres à calibrer. Le nombre de ces paramètres est beaucoup plus petit que le nombre de données nécessaires pour renseigner des cartographies même bidimensionnelles.

[0066] La distinction entre les différents injecteurs des moteurs multicylindres est naturellement réalisée en différenciant les paramètres de chaque modèle pour chaque injecteur.

[0067] Enfin, l'utilisation de capteurs spéciaux n'est pas nécessaire.

Revendications

1. Méthode pour injecter une masse m de carburant via au moins un injecteur d'une rampe commune comportant plusieurs injecteurs et équipant un moteur à combustion interne, dans laquelle on réalise les étapes suivantes :

a.- on définit un modèle physique continu f , décrivant le procédé d'injection en terme de débit de masse à travers

l'injecteur, dans lequel on définit une dépendance entre temps d'injection et masse injectée, en prenant en compte la pression dans ladite rampe commune ;

b.- on mesure une pression p_r dans ladite rampe commune ;

c.- on détermine un temps t d'injection de carburant nécessaire pour injecter la masse m de carburant, à l'aide dudit modèle physique et de ladite pression p_r ;

d.- on injecte du carburant via l'injecteur pendant le temps t ; et **caractérisé en ce que** l'on prend en compte une évolution des injecteurs au cours du temps :

- en déterminant une masse m^* de carburant réellement injectée suite à l'étape d ; et

- si la masse de carburant réellement injectée est sensiblement différente de la masse m , on effectue une calibration dudit modèle physique continu f , de façon à ce que le temps t d'injection de carburant, déterminé par le modèle ainsi calibré, permette d'injecter réellement la masse m pendant le temps t .

2. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle on effectue la calibration du modèle pour tous les injecteurs de la rampe en même temps, en appliquant les étapes suivantes pour déterminer un nombre n de paramètres du modèle :

- on écrit pour n paliers de stabilisation de la charge du moteur, une équation traduisant l'égalité de la masse de carburant telle que définie par le modèle et la masse de carburant réelle m^* ;

- on résout ce système de n équations à n inconnues pour déterminer les n paramètres du modèle.

3. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle on effectue la calibration du modèle pour chaque injecteur de la rampe indépendamment, en déterminant un nombre n de paramètres du modèle par application des étapes suivantes pour chaque injecteur i :

- on contrôle un calculateur du moteur de façon à ce qu'une différence de charge demandée par un conducteur soit assurée par modification d'une quantité injectée uniquement sur l'injecteur i ;

- on détermine une différence de masse réelle $\delta Q_{inj_réelle,i}$ injectée par l'injecteur i et une différence de temps δt_i d'injection de l'injecteur i , pour répondre à la demande du conducteur ;

- on écrit pour n paliers de stabilisation de la charge du moteur, une équation traduisant l'égalité de la masse de carburant injectée par l'injecteur i pendant le temps δt_i telle que définie par le modèle, et la différence de masse réelle $\delta Q_{inj_réelle,i}$ injectée par l'injecteur i ;

- on résout ce système de n équations à n inconnues pour déterminer les n paramètres du modèle.

4. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle on détermine la masse de carburant réellement injectée m^* , sur un point de fonctionnement du moteur où il n'y a pas de recirculation de gaz d'échappement, et au moyen d'une sonde de richesse positionnée sur une ligne d'échappement dudit moteur.

5. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle on définit ledit modèle f en appliquant le principe de conservation de la masse et le théorème de Bernoulli.

6. Méthode selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle on calibre initialement ledit modèle physique f à partir de mesures de consommation de carburant issues d'essais sur banc moteur avec injections simples.

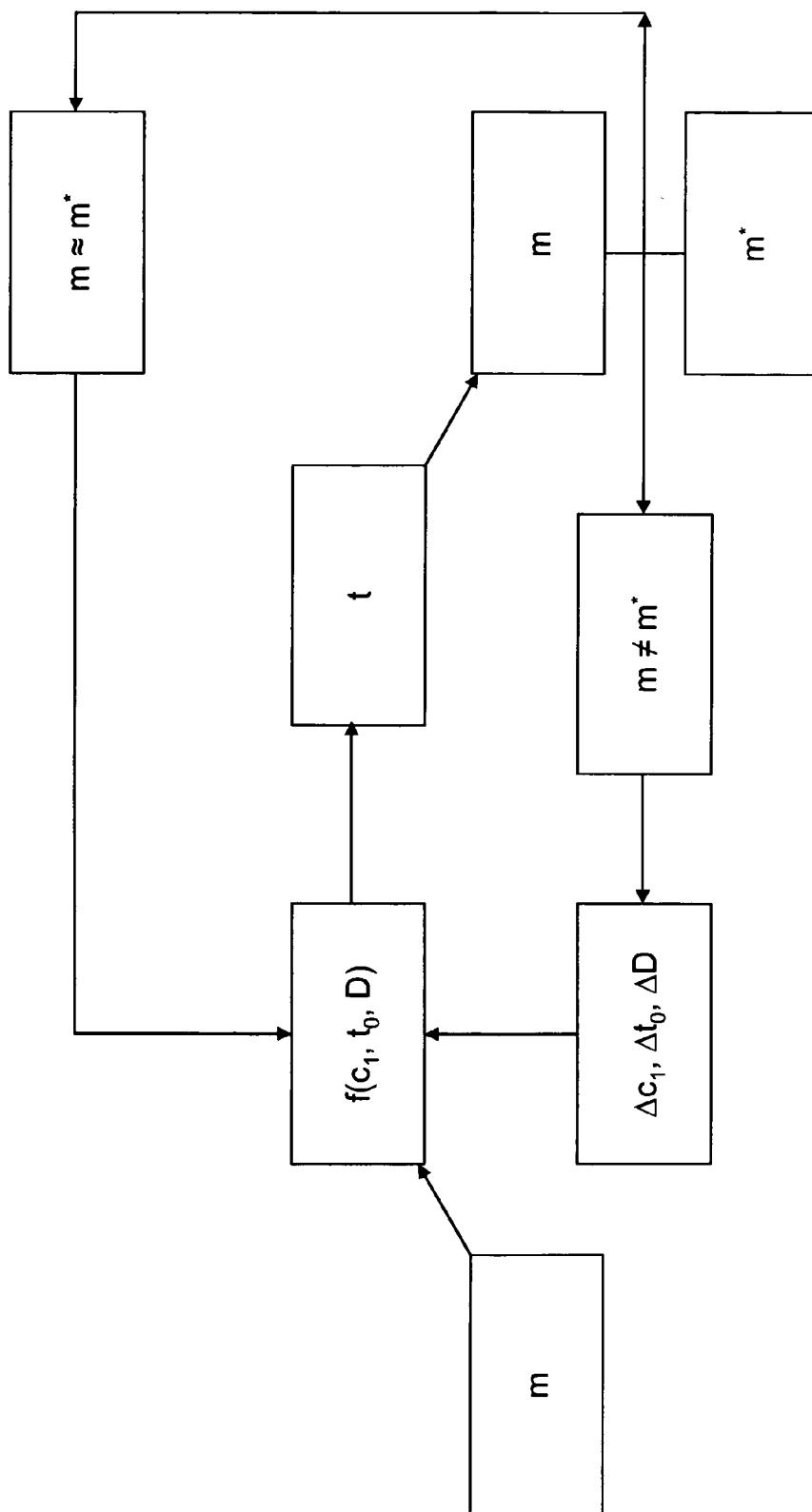


Fig. 1

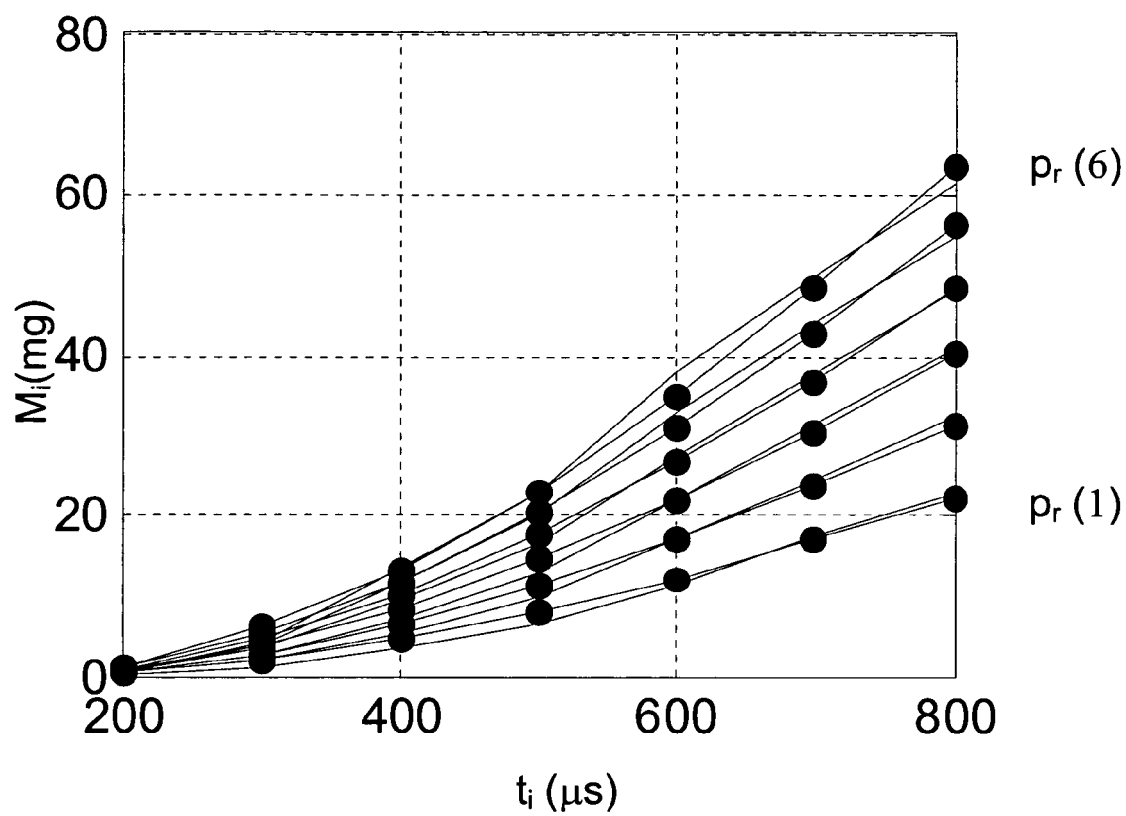


Fig. 2



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 10 29 0055

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 1 617 065 A (DENSO CORP [JP]) 18 janvier 2006 (2006-01-18) * alinéas [0133], [0224], [0339] - [0341] *	1,6	INV. F02D41/38
A	EP 1 884 646 A (MOTOREN TURBINEN UNION [DE]) 6 février 2008 (2008-02-06) * alinéas [0015], [0021] - [0024] *	1	
A	US 2003/121501 A1 (BARNES TRAVIS E [US] ET AL) 3 juillet 2003 (2003-07-03) * alinéas [0018], [0030], [0032] - [0035] *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F02D
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 20 avril 2010	Examineur Pileri, Pierluigi
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 10 29 0055

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

20-04-2010

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1617065 A	18-01-2006	JP 4196895 B2	17-12-2008
		JP 2006029109 A	02-02-2006
		US 2006005816 A1	12-01-2006

EP 1884646 A	06-02-2008	DE 102006034514 A1	31-01-2008
		US 2008027624 A1	31-01-2008

US 2003121501 A1	03-07-2003	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 1344923 A [0009]
- US 5609140 A [0009]
- US 7000600 B [0009]