



(11)

EP 1 705 355 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
27.09.2006 Bulletin 2006/39

(51) Int Cl.:
F02D 41/14 (2006.01) F02D 41/40 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **05290675.7**

(22) Date de dépôt: **25.03.2005**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL BA HR LV MK YU

(71) Demandeur: **Delphi Technologies, Inc.**
Troy, MI 48007 (US)

(72) Inventeurs:
• **Cochet, Thierry**
41190 Molineuf (FR)
• **Meissonnier, Guillaume**
41190 Landes le Gaulois (FR)

(74) Mandataire: **Laget, Jean-Loup**
Cabinet PEUSCET
161, rue de Courcelles
75017 Paris (FR)

Remarques:

Une requête en rectification de la figure 2 a été présentée conformément à la règle 88 CBE. Il est statué sur cette requête au cours de la procédure engagée devant la division d'examen (Directives relatives à l'examen pratiqué à l'OEB, A-V, 3.).

(54) **Procédé de détermination des paramètres de fonctionnement d'un dispositif d'injection**

(57) Procédé de détermination des paramètres de fonctionnement d'un dispositif d'injection d'un moteur à combustion, ledit dispositif d'injection comportant une pluralité d'injecteurs (7) de combustible, et un moyen de commande électronique (8) apte à commander lesdits injecteurs au moyen de signaux de commande d'injection, ledit moyen de commande électronique étant connecté à un capteur (12) permettant de mesurer en permanence une vitesse dudit moteur à combustion, ledit moteur fonctionnant selon un cycle moteur incluant au moins un cycle d'injection associé à chacun desdits injecteurs, lesdits cycles d'injection se succédant selon un ordre prédéterminé, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

h) sélectionner un injecteur à tester parmi lesdits injecteurs ;
i) calculer une vitesse moyenne associée à un injecteur précédent disposé avant ledit injecteur à tester dans l'ordre desdits cycles d'injection, qui est égale à la vitesse dudit moteur moyennée sur une durée de mesure recouvrant essentiellement un cycle d'injection associé audit injecteur précédent ;
j) pour ledit cycle d'injection associé audit injecteur à tester, appliquer audit injecteur à tester un signal de commande d'injection incluant au moins une impulsion de test ayant un paramètre réglable ;
k) calculer une vitesse moyenne associée audit injecteur à tester, qui est égale à la vitesse dudit moteur moyennée sur une durée de mesure recouvrant essentiellement ledit cycle d'injection associé audit injecteur à tester ;

l) calculer une différence entre la vitesse moyenne calculée à l'étape d) et ladite vitesse moyenne calculée à l'étape b) ;
m) répéter les étapes b) à d) pour au moins un autre cycle moteur en faisant varier à chaque fois ledit paramètre de l'impulsion de test ;
n) déterminer une valeur dudit paramètre de l'impulsion de test pour laquelle ladite différence de vitesse moyenne franchit un seuil prédéterminé et mémoriser ladite valeur de paramètre.

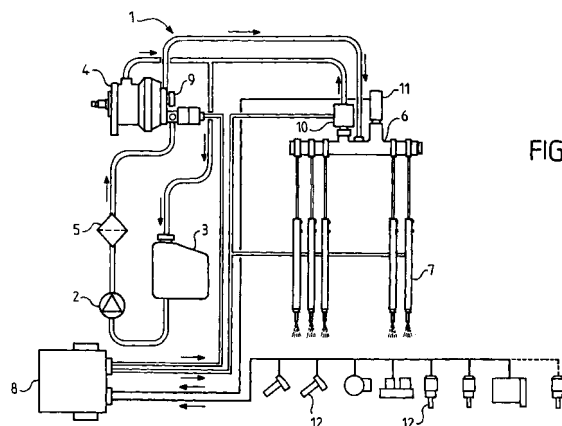


FIG.1

Description

[0001] La présente invention a pour objet un procédé de détermination des paramètres de fonctionnement, aussi appelé procédé d'apprentissage, d'un dispositif d'injection d'un moteur à combustion.

[0002] Un dispositif d'injection comporte de manière classique plusieurs injecteurs, chacun des injecteurs étant commandé en ouverture et en fermeture par un moyen de commande électronique, au moyen de signaux de commande permettant de commander une ou plusieurs injections pilotes et une injection principale sur chacun des injecteurs. Les injecteurs utilisés peuvent être de plusieurs types, par exemple de type solénoïde ou de type piézoélectrique.

[0003] Le document EP 0 740 068 décrit un injecteur à solénoïde. L'injecteur comporte un corps d'injecteur. A son extrémité inférieure, le corps d'injecteur définit un siège dans lequel l'extrémité inférieure d'une aiguille est apte à s'engager, l'aiguille étant apte à coulisser entre une position d'ouverture dans laquelle elle permet l'éjection de carburant de l'injecteur et une position de fermeture dans laquelle elle ferme l'injecteur de manière étanche. Le corps d'injecteur est alimenté en carburant par une source de carburant sous haute pression, telle qu'une rampe commune, par le biais d'un passage d'alimentation débouchant dans une galerie annulaire. La galerie annulaire entoure l'aiguille, à proximité de son extrémité supérieure, la forme de l'aiguille étant adaptée pour permettre la circulation de carburant provenant de la galerie annulaire entre l'alésage et l'aiguille. La ligne d'alimentation haute pression communique en outre avec une chambre de commande par le biais d'un « restricteur ». A son extrémité supérieure, la chambre de commande est fermée par une plaque. La plaque coopère avec un membre de soupape coulissant comportant une tige creuse, l'intérieur de la tige creuse étant apte à communiquer avec l'intérieur de la chambre lorsque le membre de soupape est désengagé de la plaque. L'intérieur de la tige creuse communique également avec un retour basse pression. Un moyen de commande électronique permet de commander, par le biais de signaux de commande, un actionneur à solénoïde. Lorsque le solénoïde est alimenté, le membre de soupape se désengage de la plaque. A ce moment, du carburant de la chambre de commande peut s'échapper vers l'intérieur de la tige creuse puis dans le retour basse pression. Lorsque la pression à l'intérieur de la chambre de commande diminue jusqu'à un certain point, la force appliquée sur l'aiguille due à la pression à l'intérieur de la chambre de commande n'est plus suffisante pour maintenir l'aiguille dans sa position de fermeture. A ce moment, l'aiguille prend sa position d'ouverture et du carburant est éjecté de l'injecteur. Lorsque le solénoïde n'est plus alimenté, le membre de soupape se réengage dans la plaque sous l'action d'un ressort. Cela a pour effet de bloquer la communication entre l'intérieur de la tige creuse et la chambre de commande. A ce moment, la pression dans la chambre de commande augmente et repousse l'aiguille vers sa position de fermeture.

[0004] Le document EP 0 937 891 décrit un injecteur piézoélectrique. L'injecteur comporte un piston, qui définit une chambre de commande en combinaison avec la surface supérieure de l'aiguille. L'injecteur comporte des actionneurs piézoélectriques. Les actionneurs sont connectés électriquement à un circuit de commande apte à émettre des signaux de commande. Le carburant sous pression présent dans la chambre de commande exerce une force sur la partie supérieure de l'aiguille et permet de la maintenir en position de fermeture, en combinaison avec un ressort. Pour commencer l'injection, le matériau piézoélectrique est déchargé, afin de réduire sa taille. Cela a pour effet un mouvement du piston dans le sens opposé à l'aiguille et donc une diminution de la pression à l'intérieur de la chambre de commande. A ce moment, l'aiguille se trouve dans sa position d'ouverture. Lorsqu'on charge le matériau piézoélectrique, cela a pour effet de repousser le piston vers le bas. Ce mouvement augmente la pression de carburant à l'intérieur de la chambre de commande augmentant ainsi la force appliquée sur la surface supérieure de l'aiguille ce qui a pour effet de la repousser vers sa position de fermeture.

[0005] Même si les injecteurs utilisés dans le dispositif d'injection sont du même type, chaque injecteur comporte des paramètres spécifiques. En outre, l'usure mécanique peut aussi affecter la précision de la quantité de carburant injectée. Des procédés d'apprentissage doivent donc être réalisés pour adapter les signaux de commande aux caractéristiques spécifiques de chacun des injecteurs, afin d'équilibrer au maximum le fonctionnement du moteur, d'optimiser le bruit de combustion et de contrôler les émissions gazeuses. Ces procédés permettent notamment de déterminer pour chaque injecteur la durée de commande minimale (MDP) entraînant l'ouverture de l'injecteur.

[0006] Une première solution consiste à utiliser un accéléromètre. Cependant, cette solution est sensible aux vibrations, et cela pose des problèmes de précision, notamment avec les injecteurs piézoélectriques.

[0007] Une deuxième solution consiste à utiliser un capteur de vitesse permettant de déterminer en permanence la vitesse du vilebrequin.

[0008] Le document FR 2 720 787 décrit un procédé de détermination des paramètres spécifiques de chacun des injecteurs d'un dispositif d'injection d'un moteur à combustion, notamment d'un dispositif avec injection pilote et injection principale. Pour cela, on établit la courbe de la différence de vitesse instantanée de l'arbre moteur entre l'instant de passage au point mort haut de combustion du cylindre considéré et un instant ultérieur prédéterminé, par exemple décalé de 60°, précédant le passage au point mort haut de combustion du cylindre suivant, en fonction de la durée de l'injection pilote, les autres paramètres de fonctionnement étant maintenus constants. Cette courbe présente un palier minimum. Le point de rupture de pente de cette courbe permet de déterminer le temps d'ouverture de l'injecteur à partir duquel ledit injecteur commence à débiter. Ce procédé est destiné à être mis en oeuvre par exemple lors du contrôle

de fin de chaîne de montage pour la mise au point du moteur ou pour réaliser des tests en cas de mauvais fonctionnement du moteur dans le cadre du service après-vente.

[0009] Le procédé décrit dans ce document n'est pas réalisable lorsque le moteur est en dehors de la zone de ralenti, c'est-à-dire lorsque les injecteurs sont commandés par des signaux de commande correspondant à une demande d'un organe de commande des gaz. Ce procédé qui a été conçu pour une exploitation au régime de ralenti du moteur exploite une différence de vitesse instantanée qui est très sensible à la forme de la courbe de vitesse instantanée du moteur à chaque cycle d'injection. Les présents inventeurs ont constaté que cette forme perdait de sa régularité à haut régime de fonctionnement, de sorte que la différence considérée dépendait tout autant de la vitesse de rotation du moteur que de la quantité injectée. Il en résultait une impossibilité d'exploiter ce procédé de manière quantitative hors du régime de ralenti. De plus, la différence de vitesse instantanée qui est utilisée dans ce procédé étant très dépendante de la vitesse du moteur, et il en résulte une marge d'erreur importante si la vitesse du moteur n'est pas constante sur toute la durée de l'apprentissage.

[0010] La présente invention a pour but de proposer un procédé de détermination des paramètres de fonctionnement d'un dispositif d'injection d'un moteur à combustion qui évite au moins certains des inconvénients précités et qui soit plus précis. Un autre but de l'invention est de proposer un procédé d'apprentissage pouvant être exploité à différentes vitesses du moteur et/ou à différentes pressions d'alimentation des injecteurs afin de déterminer les paramètres pertinents sur une plage de fonctionnement étendue.

[0011] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de détermination des paramètres de fonctionnement d'un dispositif d'injection d'un moteur à combustion, ledit dispositif d'injection comportant une pluralité d'injecteurs de combustible, et un moyen de commande électronique apte à commander lesdits injecteurs au moyen de signaux de commande d'injection, ledit moyen de commande électronique étant connecté à un capteur permettant de mesurer en permanence une vitesse dudit moteur à combustion, ledit moteur fonctionnant selon un cycle moteur incluant au moins un cycle d'injection associé à chacun desdits injecteurs, lesdits cycles d'injection se succédant selon un ordre prédéterminé, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

- a) sélectionner un injecteur à tester parmi lesdits injecteurs ;
- b) calculer une vitesse moyenne associée à un injecteur précédent disposé avant ledit injecteur à tester dans l'ordre desdits cycles d'injection, qui est égale à la vitesse dudit moteur moyennée sur une durée de mesure recouvrant essentiellement un cycle d'injection associé audit injecteur précédent ;
- c) pour ledit cycle d'injection associé audit injecteur à tester, appliquer audit injecteur à tester un signal de commande d'injection incluant au moins une impulsion de test ayant un paramètre réglable ;
- d) calculer une vitesse moyenne associée audit injecteur à tester, qui est égale à la vitesse dudit moteur moyennée sur une durée de mesure recouvrant essentiellement ledit cycle d'injection associé audit injecteur à tester ;
- e) calculer une différence entre la vitesse moyenne calculée à l'étape d) et ladite vitesse moyenne calculée à l'étape b) ;
- f) répéter les étapes b) à d) pour au moins un autre cycle moteur en faisant varier à chaque fois ledit paramètre de l'impulsion de test ;
- g) déterminer une valeur dudit paramètre de l'impulsion de test pour laquelle ladite différence de vitesse moyenne franchit un seuil prédéterminé et mémoriser ladite valeur de paramètre.

[0012] Selon un mode de réalisation de l'invention, lesdits injecteurs sont à actionnement direct. Ces injecteurs permettent d'obtenir un résultat plus précis du fait de l'absence d'interaction hydraulique.

[0013] Avantagusement, à l'étape c), ledit signal de commande comporte plusieurs impulsions de test, la valeur dudit paramètre étant la même pour chacune desdites impulsions de test.

[0014] Selon une caractéristique de l'invention, ledit paramètre est une durée d'impulsion.

[0015] Selon un mode de réalisation particulier, pendant que ledit procédé est effectué, lesdits signaux de commande d'injection des injecteurs autres que ledit injecteur à tester sont nuls. Ceci correspond par exemple à une exécution du procédé quand la pédale d'accélération est levée.

[0016] Selon un autre mode de réalisation, pendant que le procédé est effectué, ledit moyen de commande électronique fournit auxdits injecteurs des signaux de commande d'injection incluant une impulsion principale correspondant à une demande provenant d'un organe de commande des gaz. Ceci correspond par exemple à une exécution du procédé quand la pédale d'accélération est enfoncée.

[0017] Avantagusement, avant l'étape g), on calcule une différence de vitesse moyenne filtrée en appliquant une convolution par un filtre à la courbe représentant la différence de vitesse moyenne en fonction dudit paramètre de l'impulsion de test et à l'étape g), on utilise ladite différence de vitesse moyenne filtrée. De préférence, ledit filtre est une moyenne glissante.

[0018] Selon une caractéristique de l'invention, ledit procédé comprend une première étape consistant à éprouver une condition de stabilité prédéterminée pour détecter un fonctionnement stable dudit moteur, et une étape consistant à terminer ledit procédé lorsque ladite condition de stabilité n'est pas satisfaite. La vérification de la condition de stabilité

n'est pas indispensable à la réalisation du procédé d'apprentissage, mais elle permet de simplifier un traitement des données. La condition de stabilité est composée d'une ou de plusieurs conditions élémentaires, qui peuvent être cumulatives ou alternatives. En particulier, on peut prévoir que la condition de stabilité est vérifiée lorsque plusieurs des conditions élémentaires sont vérifiées. Les conditions élémentaires peuvent être éprouvées simultanément ou successivement. On donne ci-dessous une liste non limitative de conditions élémentaires qui peuvent permettre de détecter une zone dite stable.

[0019] Avantageusement, ladite condition de stabilité inclut une condition de vitesse du moteur, condition qui est vérifiée lorsque ladite vitesse du moteur est comprise entre deux seuils prédéterminés (minimum et maximum).

[0020] Avantageusement, ladite condition de stabilité inclut une condition de couple du moteur, condition qui est vérifiée lorsque le couple du moteur est compris entre deux seuils prédéterminés (minimum et maximum).

[0021] Avantageusement, ladite condition de stabilité inclut une condition de rapport de vitesse, condition qui est vérifiée lorsque ledit rapport de vitesse est supérieur à un seuil prédéterminé.

[0022] Avantageusement, ladite condition de stabilité inclut une condition de vitesse du véhicule, condition qui est vérifiée lorsque ladite vitesse du véhicule est supérieure à un seuil prédéterminé.

[0023] Avantageusement, ladite condition de stabilité inclut une condition d'embrayage, condition qui est vérifiée lorsque l'embrayage est activé.

[0024] Selon une caractéristique de l'invention, ledit procédé comprend, à chaque cycle moteur, une étape consistant à calculer une différence entre ladite vitesse moyenne calculée à l'étape b) pour ledit cycle moteur et la vitesse moyenne calculée à l'étape b) pour un cycle moteur précédent, une étape consistant à calculer une différence de vitesse moyenne corrigée en corrigeant ladite différence de vitesse moyenne calculée à l'étape e).

[0025] Selon une caractéristique de l'invention, la vitesse du moteur à combustion correspond à la vitesse de rotation d'un vilebrequin dudit moteur à combustion, ladite durée de mesure associée à un injecteur s'étendant à chaque fois entre un instant initial retardé d'un angle de décalage α du vilebrequin par rapport au point mort haut de combustion d'un piston correspondant audit injecteur et un instant final retardé dudit angle de décalage α par rapport au point mort haut du piston correspondant à l'injecteur suivant dans l'ordre desdits cycles d'injection. Avantageusement, l'angle de décalage α est inférieur ou égal à 45°.

[0026] De préférence, ledit dispositif d'injection comporte une rampe commune munie d'une valve haute pression, chacun desdits injecteurs étant relié à ladite rampe commune. La présence d'une valve haute pression sur la rampe commune est préférable mais non nécessaire.

[0027] Selon une caractéristique de l'invention, ledit procédé comprend une étape consistant à sélectionner une pression de rampe commune dans une plage allant par exemple de 200 à 2000 bars et à effectuer ledit procédé en maintenant cette pression de rampe commune dans ladite rampe commune.

[0028] Avantageusement, ledit procédé comprend les étapes consistant à détecter un actionnement d'un organe de commande des gaz dudit véhicule correspondant à une demande de combustible, calculer une pression cible de rampe commune adaptée à ladite demande de combustible, et, lorsque la pression cible est inférieure à ladite pression de rampe commune sélectionnée, faire diminuer la pression dans ladite rampe commune en ouvrant ladite valve haute pression.

[0029] De préférence, ledit procédé comprend les étapes consistant à détecter un actionnement d'un organe de commande des gaz dudit véhicule correspondant à une demande de combustible, calculer une pression cible de rampe commune adaptée à ladite demande de combustible, et, lorsque la pression cible est inférieure à ladite pression de rampe commune sélectionnée, fournir auxdits injecteurs des signaux de commande d'injection incluant au moins une impulsion de pré-injection et une impulsion principale.

[0030] L'invention sera mieux comprise, et d'autre buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative détaillée qui va suivre, de plusieurs modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins schématiques annexés.

[0031] Sur ces dessins :

- la figure 1 est une vue schématique montrant un système d'alimentation en carburant comportant le dispositif d'injection selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une courbe montrant l'évolution de la vitesse instantanée du moteur en fonction du temps pendant un cycle moteur ;
- la figure 3 est une vue schématique montrant des courbes de signaux de commande et la réponse d'un injecteur à ces signaux ;
- la figure 4 est un schéma fonctionnel représentant les étapes du procédé d'apprentissage, selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 5 est un schéma fonctionnel représentant les étapes de détermination d'une zone stable ;
- la figure 6 est un graphique représentant une série de courbes montrant l'évolution de la vitesse moyenne du moteur à chaque fois sur les cycles d'injection d'un injecteur particulier, en fonction du temps ;

- la figure 7 est un graphique représentant une courbe montrant l'évolution de la différence entre deux courbes de la figure 6 ;
- la figure 8 est un graphique similaire à la figure 7 montrant les résultats du procédé d'apprentissage selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- 5 - la figure 9 est une courbe montrant la quantité de carburant injectée lors d'une injection principale en fonction de la durée de séparation entre l'injection principale et une injection pilote, pour un injecteur piézoélectrique et un injecteur à solénoïde ;
- la figure 10 est un graphique montrant l'évolution de la différence de vitesse moyenne du moteur sur des cycles d'injection associés à deux injecteurs pour des injecteurs à solénoïde, en fonction du temps ; et
- 10 - la figure 11 est un schéma fonctionnel représentant les étapes du procédé d'apprentissage, selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0032] En se référant à la figure 1, on voit un système d'alimentation en carburant 1 pour un moteur à combustion interne. Le système d'alimentation 1 est disposé dans un véhicule (non représenté) et coopère avec un moteur (non représenté), les injecteurs 7 injectant du carburant dans des cylindres (non représentés) du moteur, par exemple du diesel. Le système d'alimentation 1 comporte une pompe à basse pression 2, également appelée pompe de gavage, dont la pression de sortie est par exemple environ égale à 6 bars. La pompe 2 est disposée de manière à pouvoir prélever du carburant depuis un réservoir de carburant 3 et alimenter en carburant une entrée d'une pompe haute pression 4 via un filtre 5. La pression de sortie de la pompe 4 est réglable dans une plage de l'ordre de 200-1800 bars ou plus. La pompe haute pression 4 est disposée pour charger une rampe commune 6 en carburant sous haute pression. Des injecteurs 7 sont connectés à la rampe commune 6, chacun des injecteurs 7 étant commandé en ouverture et en fermeture par une unité de commande électronique 8, couramment appelée calculateur moteur, par le biais de signaux de commande. L'unité de commande 8 commande aussi la pompe haute pression 4 en commandant un actuateur de remplissage 9, et la pression du carburant à l'intérieur de la rampe commune 6 à l'aide d'une valve haute pression 10. Un capteur de pression 11 permet de mesurer la pression à l'intérieur de la rampe commune 6 et de la communiquer à l'unité de commande 8. L'unité de commande 8 reçoit des signaux concernant des paramètres du moteur, tels que la vitesse du véhicule ou la position de la pédale d'accélération, par des capteurs 12 appropriés. Parmi les capteurs 12, un capteur de vilebrequin permet de mesurer, par exemple de manière magnétique, la vitesse de rotation d'un vilebrequin du moteur. La vitesse de rotation du vilebrequin sera par la suite considérée comme vitesse du moteur. L'ensemble de capteurs comprend également un capteur de détection de point mort haut (PMH), qui permet de synchroniser l'injection avec le mouvement des pistons, et un capteur de détection de la position de la pédale d'accélération.

[0033] La figure 2 montre l'évolution de la vitesse instantanée du moteur ω , axe 26, en fonction du temps t , axe 27, sur un cycle moteur d'un moteur à six cylindres. L'origine de l'axe 26 ne correspond pas à 0. Pour un moteur à quatre temps, un cycle moteur correspond à une rotation du vilebrequin de 720°. Chaque injecteur 7 est associé à un cylindre comportant un piston (non représenté). Lors d'un cycle moteur, les injecteurs du moteur sont activés successivement selon un ordre prédéterminé, qui correspond à l'ordre dans lequel les pistons atteignent leur point mort haut respectif, de manière à produire un entraînement équilibré du vilebrequin. Par exemple, pour un moteur à quatre cylindres, la séquence d'activation est généralement : premier cylindre, troisième cylindre, quatrième cylindre, deuxième cylindre. La courbe de vitesse en arches est classique et provient du fait que chaque piston tend à ralentir en comprimant les gaz dans le cylindre en arrivant à son point mort haut et à réaccélérer sous la poussée des gaz en quittant son point mort haut. Ainsi, sur la figure 2, le cycle moteur comporte six arches correspondant à six cycles d'injection 20, 21, 22, 23, 24 et 25, chaque cycle 20 à 25 étant associé à un injecteur 7. Dans la suite, ces chiffres de référence désignent soit l'arche elle-même, soit l'intervalle de temps correspondant. Chaque cycle d'injection 20 à 25 est compris entre les points morts haut (PMH) de deux pistons. Dans la suite, l'ordre des injecteurs 7 fait référence à l'ordre des cycles d'injection 20 à 25 associés, qui peut donc être distinct de l'ordre géométrique des cylindres du moteur. Par exemple, un premier injecteur 7 sera considéré comme précédant un deuxième injecteur 7 si le cycle d'injection associé au premier injecteur est effectué avant le cycle d'injection associé au deuxième injecteur, pour un cycle moteur donné.

[0034] En fonctionnement normal, le calculateur moteur 8 reçoit le signal de commande de la pédale d'accélération et calcule des débits de combustible devant être injectés dans chaque cylindre en fonction de ce signal (algorithme connu en soi). Le calculateur 8 produit des signaux de commande des injecteurs pour injecter les débits calculés, à chaque fois sous la forme d'une ou plusieurs impulsions, par exemple une impulsion pilote et une impulsion principale. Ces débits correspondent à la quantité de carburant nécessaire pour le fonctionnement du moteur. Le calculateur 8 calcule et régule la pression de rampe commune en fonction de la demande de combustible (algorithme connu en soi). La pression calculée est appelée pression cible de rampe commune. Par exemple, à 4500tr/min, la pression à l'intérieur de la rampe 6 est environ égale à 1800 bars. Le calculateur 8 contrôle également le régime de ralenti, qui correspond à une vitesse minimale prédéterminée que le calculateur 8 maintient lorsque aucun signal n'est transmis par la pédale d'accélération. Ces fonctionnalités obtenues par programmation du calculateur moteur 8 sont classiques et ne seront pas décrites en détail.

[0035] Le calculateur 8 contient un programme d'apprentissage dont l'exécution commande le déroulement d'un procédé qui va être maintenant décrit.

Réalisation du procédé

[0036] En se référant aux figures 2 à 4, on va maintenant décrire le déroulement du procédé d'apprentissage pour déterminer la valeur d'un paramètre du signal de commande associée à un injecteur 7. Ce procédé est réalisé pendant que le moteur tourne. Le paramètre que l'on souhaite déterminer est, dans le cas présent, une durée minimale d'une impulsion du signal de commande (MDP) qui entraîne une ouverture effective d'un injecteur 7.

[0037] A l'étape 96 le procédé est initialisé. Ce type d'apprentissage est destiné à être effectué pendant l'utilisation du véhicule, par exemple l'initialisation a lieu tous les quarts d'heure ou toute les heures. En effectuant régulièrement ce procédé, on peut effectuer un traitement statistique des valeurs de durées minimales obtenues à chaque exécution, ce qui permet d'obtenir des valeurs plus précises.

[0038] A l'étape 97 la pression de rampe est fixée.

[0039] A l'étape 98 l'injecteur sous test, c'est-à-dire l'injecteur pour lequel on souhaite déterminer la durée de commande minimale, est sélectionné. Sur la figure 2, qui va servir à décrire un exemple de déroulement du procédé, il s'agit de l'injecteur associé au cycle d'injection 22.

[0040] A l'étape 99 une durée de commande initiale D0 est fixée. La durée de commande initiale D0 correspond à la durée d'une impulsion de test qui va être envoyée à l'injecteur sélectionné pour effectuer le cycle d'injection 22, par exemple au voisinage du point mort haut 33 du cycle moteur, en cours lors du premier passage dans la boucle 43 du procédé. Une durée de commande D est ensuite incrémentée à chaque passage dans la boucle 43, une impulsion de test d'une durée égale à la durée de commande courante dans la boucle 43 étant envoyée à l'injecteur sélectionné pour effectuer le cycle d'injection 22, par exemple au voisinage du PMH 33, à chaque cycle moteur pendant le procédé. L'expression chaque cycle moteur désigne en fait les cycles au cours desquels la boucle 43 est exécutée. Deux passages successifs dans la boucle 43 peuvent être éventuellement espacés l'un de l'autre.

[0041] On va maintenant décrire les étapes 100 à 106, lors d'un passage dans la boucle 43. Le nombre de passages dans la boucle 43 est indexé par un indice dans la description qui suit. Pour l'illustration, on se réfère ci-dessous à trois passages successifs de rang n-1, n, n+1.

[0042] A l'étape 100 une condition de stabilité, qui sera décrite en détail plus loin en référence à la figure 5, est éprouvée. Dans le premier mode de réalisation décrit ci-dessous, cette condition est définie de manière à assurer que le moteur fonctionne dans une phase où aucune injection de carburant n'est requise et où les signaux de commande de tous les injecteurs sont donc uniformément nuls, hormis les signaux générés spécifiquement pour les besoins du procédé d'apprentissage. C'est pourquoi les arches 20, 21, 24 et 25 ne sont pas considérées comme évoluer significativement d'un cycle moteur à l'autre. Si la condition de stabilité est vérifiée on passe à l'étape 101, sinon on interrompt le procédé ou, du moins, on sort de la boucle 43 (flèche 44), ce qui correspond à passer à l'étape 106. Cette deuxième possibilité permet d'exploiter les mesures acquises lors des passages précédents dans la boucle 43, le cas échéant.

[0043] L'étape 101 consiste à calculer une vitesse moyenne $\omega_{21,n-1}$ (figure 2) du moteur sur le cycle d'injection 21, qui précède de manière immédiate le cycle 22. La vitesse moyenne $\omega_{21,n-1}$ est calculée sur une durée de mesure T qui recouvre essentiellement le cycle d'injection 21, par une intégrale calculée entre des instants t1 et t2 :

$$\omega_{21,n-1} = 1/T \cdot \int \omega.$$

[0044] L'instant initial t1 de la durée de mesure T est par exemple décalé par rapport au point mort haut 31 d'une durée 32 qui correspond à un angle de décalage α de rotation du vilebrequin. Dans ce cas, l'instant final t2 de la durée de mesure T est décalé du même angle α par rapport au point mort haut 33 associé à l'injecteur suivant.

[0045] L'étape 102 consiste à calculer une vitesse moyenne $\omega_{22,n-1}$ du moteur sur le cycle d'injection 22. La vitesse moyenne $\omega_{22,n-1}$ est calculée sur une durée T' qui est décalée du PMH 33 de l'angle de décalage α . Cet angle de décalage α permet d'attendre que l'impulsion de test envoyée à l'injecteur sélectionné, qui a lieu au voisinage du point mort haut 33, ait produit son effet, à savoir d'entraîner une injection effective de carburant dans le cycle d'injection 22, le cas échéant, et donc une combustion. Cet angle de décalage α est par exemple de l'ordre de 30°. L'impulsion de test de durée courante D_{n-1} , qui a été générée au voisinage du PMH 33, est représentée à titre illustratif sur la première ligne de la figure 3. La figure 3 représente, à trois passages successifs dans la boucle 43, la forme de l'impulsion de test (colonne de gauche) et le déplacement effectif correspondant de l'aiguille de l'injecteur sous test (colonne de droite). Le signal de déplacement de l'injecteur 45_{n-1} montre que l'injecteur ne s'est pas ouvert. Cette absence d'injection est également visible sur la figure 2. La vitesse instantanée du moteur sur le cycle d'injection 22, représentée par l'arche 22_{n-1} étant identique à l'arche 21, c'est-à-dire que $\omega_{22,n-1} = \omega_{21,n-1}$.

[0046] Lorsque la vitesse moyenne $\omega_{22,n-1}$ a été calculée, on passe à l'étape 103, qui consiste à calculer la différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega_n$.

$$j = \omega_{22,n-1} - \omega_{21,n-1}.$$

[0047] On notera que le calcul de la différence de vitesse moyenne sur deux cycles d'injection consécutifs 21, 22 permet de limiter l'influence de paramètres extérieurs sur la différence de vitesse moyenne. En particulier, la variation de vitesse moyenne due au ralentissement naturel du moteur est négligeable sur une durée aussi courte. Le couple $(\Delta\Omega_{n-1}, D_{n-1})$ est mémorisé. L'étape 103 peut aussi être effectuée hors de la boucle 43.

[0048] A l'étape 104, une durée d'impulsion D_n supérieure à la durée D_{n-1} est sélectionnée. L'impulsion de durée D_n est représentée à titre illustratif sur la deuxième ligne de la figure 3.

[0049] A l'étape 105, la durée D_n est comparée avec une durée d'impulsion maximale D_{max} présélectionnée. Si la durée D_n est inférieure à la durée maximale, on retourne à l'étape 100 pour un nouveau passage dans la boucle 43, sinon on passe à l'étape 106. Dans le cas présent, on considère que la durée D_n est inférieure à la durée D_{max} .

[0050] Lors du passage suivant dans la boucle 43, les vitesses moyennes $\omega_{21,n}$ et $\omega_{22,n}$ sont calculées de manière similaire. La figure 3 montre le signal de déplacement 45_n de l'injecteur sélectionné en réponse à l'impulsion de durée D_n . Le signal 45_n montre que l'injecteur s'est ouvert sur une durée d'ouverture τ_n . Il se produit donc une injection effective de carburant sur le cycle d'injection 22, dont le résultat est également visible sur la figure 2 : la vitesse moyenne $\omega_{22,n}$ correspondant à l'arche 22_n est supérieure à la vitesse moyenne $\omega_{21,n}$ correspondant à l'arche 21. On notera que l'arche 23_n est supérieure à l'arche 23_{n-1} bien qu'aucune injection n'ait eu lieu pendant le cycle d'injection 23_n . Cette accélération du moteur pendant le cycle 23 est due à l'inertie du moteur. La différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega_n$ est calculée et le couple $(\Delta\Omega_n, D_n)$ mémorisé. A l'étape 104, une durée d'impulsion D_{n+1} supérieure à la durée D_n est sélectionnée. La durée D_{n+1} est représentée sur la troisième ligne de la figure 3. La durée D_{n+1} étant inférieure à la durée D_{max} , on retourne à l'étape 100.

[0051] Lors du passage suivant dans la boucle 43, les vitesses moyennes $\omega_{21,n+1}$ et $\omega_{22,n+1}$ sont calculées de manière similaire. La figure 3 montre le signal de réponse 45_{n+1} de l'injecteur sélectionné à l'impulsion de durée D_{n+1} . Le signal 45_{n+1} montre que l'injecteur s'est ouvert sur une durée d'ouverture supérieure τ_{n+1} supérieure à la durée d'ouverture τ_n , ce qui est également visible sur la figure 2, la vitesse moyenne $\omega_{22,n+1}$ du cycle 22_{n+1} étant supérieure à la vitesse moyenne $\omega_{22,n}$ du cycle 22_n . La différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega_{n+1}$ est calculée et le couple $(\Delta\Omega_{n+1}, D_{n+1})$ mémorisé.

[0052] La boucle 43 est répétée de manière similaire, jusqu'à ce que la durée d'impulsion atteigne la durée maximale D_{max} ou que la condition de stabilité ne soit plus vérifiée. Lorsque le procédé sort de la boucle 43, il passe à l'étape 106.

[0053] A l'étape 106, les différences de vitesses moyenne mémorisées $\Delta\Omega_{n-1}$, $\Delta\Omega_n$, $\Delta\Omega_{n+1}$ sont filtrées par convolution avec un filtre passe-bas W , de manière à lisser les écarts dus au bruit, notamment aux incertitudes de mesures. Le filtre W est par exemple une moyenne glissante centrée utilisant des valeurs précédant et des valeurs suivant la valeur à vérifier, par exemple avec une pondération en forme d'arc de sinussoïde ou de gaussienne.

$$\Delta\Omega_f = \Delta\Omega(D) * W = \int \Delta\Omega(D-D') \cdot W(D') dD'.$$

[0054] En pratique, la convolution est calculée de manière discrète. Dans un souci de clarté, on a représenté sur la figure 6 l'évolution des vitesses moyennes ω_{21} , ω_{22} , ω_{23} , en fonction de la durée de l'impulsion de test D . Lorsque la durée de commande D est inférieure à la durée de commande minimale MDP , les vitesses moyennes ω_{21} , ω_{22} , ω_{23} décroissent de manière similaire. On notera que, lorsque les injecteurs 7 n'injectent aucun débit pendant plusieurs cycles moteur, ce qui est par exemple le cas lors d'un fonctionnement en pied levé, le vilebrequin continu néanmoins de tourner par inertie. La vitesse moyenne du moteur, la moyenne étant par exemple effectuée sur chaque cycle moteur, est à ce moment décroissante, cette décroissance étant relativement lente. Lorsque la durée de commande D est supérieure à la durée MDP , la vitesse moyenne ω_{21} continue à diminuer de la même manière, tandis que la vitesse moyenne ω_{22} commence à croître. A ce moment, la courbe de la vitesse moyenne ω_{23} s'infléchit parce que l'accélération subie par le vilebrequin lors du cycle d'injection 22 est encore perceptible lors du cycle d'injection 23, par inertie.

[0055] La figure 7 montre une courbe 57 représentant la différence de vitesse moyenne filtrée $\Delta\Omega_f$, axe 34, entre la courbe de vitesse moyenne ω_{22} et la courbe de vitesse moyenne ω_{21} de la figure 6. La courbe 57 est proche de zéro tant que la durée D des impulsions de commande émises à destination de l'injecteur à tester n'entraînent pas une injection, c'est-à-dire tant que la durée D est inférieure à MDP .

[0056] L'étape 107 consiste à déterminer la durée de commande MDP à partir de laquelle on considère qu'il y a réellement eu une injection. Pour cela, les valeurs de la courbe 57 sont comparées avec un seuil pré déterminé 58. Le

seuil 58 est choisi de manière qu'il se trouve au dessus du bruit.

[0057] On notera que la durée de commande minimale MDP_0 est connue initialement pour chaque injecteur 7, moyennant une plage de tolérance, car il s'agit d'une spécification de l'injecteur neuf. L'existence d'une petite erreur sur la valeur initiale n'est pas gênante car le procédé permet finalement de la corriger. La durée de commande minimale MDP dérive quand l'injecteur 7 vieillit. Pour trouver la durée de commande minimale MDP , une solution consiste donc à balayer la courbe 57 dans le sens des durées de commandes D croissantes sur un intervalle centré sur la durée de commande minimale MDP_0 précédemment connue. Par exemple, l'intervalle balayé peut avoir une étendue de $100\mu s$ à quelques centaines de μs . D_0 et D_{max} sont par exemple fixés tels que $D_0 = MDP_0 - 50\mu s$ et $D_{max} = MDP_0 + 50\mu s$, la durée de commande minimale MDP_0 étant de l'ordre de $100\mu s$. Une autre solution consiste à procéder par dichotomie pour balayer cet intervalle.

[0058] A l'étape 108, la valeur de MDP est mémorisée. Lorsque la valeur de MDP a été mémorisée, on peut retourner à l'étape 98, si la durée de commande minimale d'un autre injecteur doit être déterminée, à l'étape 97 si la durée de commande minimale d'un injecteur doit être déterminée pour une pression de rampe différente, ou à l'étape 96 si le procédé d'apprentissage est terminé. Dans ce cas, le procédé attend un signal d'initialisation pour recommencer.

Détermination d'une zone stable

[0059] La figure 5 montre les étapes d'une routine qui tourne par exemple en permanence, en parallèle du procédé décrit en référence à la figure 4. Cette routine permet d'éprouver la condition de stabilité, qui est vérifiée lorsque le véhicule se trouve dans une zone dite stable, c'est-à-dire une zone dans laquelle la vitesse moyenne du moteur est sensiblement constante.

[0060] A l'étape 80, le premier test, Test 1, consiste à vérifier que la pédale d'accélération est complètement relâchée.

[0061] A l'étape 81, le deuxième test, Test 2, consiste à vérifier que la vitesse du moteur se trouve dans une gamme acceptable. Cette gamme est par exemple comprise entre 750 et 3000 tr/min. Au-delà, une impulsion de test crée très peu de variation de vitesse du moteur ω , même s'il y a réellement injection, à cause de l'inertie du moteur. De plus, le capteur de vilebrequin 12 ayant une période de mesure de l'ordre de la microseconde, l'augmentation de la vitesse du vilebrequin augmente la marge d'erreur.

[0062] A l'étape 82, le troisième test, Test 3, consiste à vérifier que la boîte de vitesse est dans la bonne gamme. Cela correspond par exemple à un rapport de vitesse compris entre la troisième et la cinquième. En effet, en première ou en deuxième, l'accélération ou le freinage entraînent des variations brutales de la vitesse du moteur et cela entraîne des problèmes de précision de mesure. Ce test revient à peu près à vérifier que la vitesse du véhicule est supérieure à 30km/h, condition qui pourrait aussi faire l'objet d'un test.

[0063] A l'étape 83, le quatrième test, Test 4, consiste à vérifier que l'embrayage est activé, c'est-à-dire que le moteur est accouplé aux roues. A 2500tr/min, lorsqu'un utilisateur débraye, la vitesse tombe très rapidement, ce qui pose des problèmes de correction, comme cela sera décrit en détail plus loin.

[0064] A l'étape 84, le cinquième test, Test 5, consiste à vérifier que la température de l'eau, du fuel, de l'air et de l'huile est dans une gamme acceptable. A très basse température, la combustion est instable. Lorsque le moteur est chaud, les frottements sont minimisés. Ce test sert donc à attendre que le moteur soit en régime permanent.

[0065] On peut ajouter à ces tests d'autres tests qui visent à vérifier le fonctionnement correct de l'équipement nécessité par le procédé.

[0066] Ici, à l'étape 85, le sixième test, Test 6, consiste à vérifier que la tension aux bornes de la batterie est correcte.

[0067] A l'étape 86, le septième test, Test 7, consiste à vérifier qu'aucun capteur 12 indispensable au bon fonctionnement du procédé n'est défaillant.

[0068] La condition de stabilité est vérifiée lorsque tous les tests sont vérifiés. Par exemple, on peut utiliser une variable logique S . Dans ce cas, la variable de stabilité S est fixée à 1 à l'étape 79. Si l'un des tests précités produit un résultat négatif, la variable S est fixée à 0 à l'étape 78. La valeur de cette variable est utilisée à l'étape 100 pour déterminer si la boucle 43 doit être effectuée.

Arrêt du procédé

[0069] La valeur de la durée minimale MDP dépend de la pression de la rampe commune 6. Cette valeur MDP varie lorsque la pression de la rampe commune 6 varie. Il est donc souhaitable d'effectuer le procédé d'apprentissage pour des pressions de rampe 6 couvrant une gamme de pression la plus large possible. La condition de stabilité définit à la figure 5 sera typiquement vérifiée lorsque la pédale d'accélération est relâchée après une phase d'accélération et que le véhicule poursuit sa course sous son élan sans requérir de couple de la part du moteur. Dans ces conditions, on peut donc choisir une pression de rampe à laquelle on souhaite effectuer le procédé, et maintenir cette pression dans la rampe 6 au lieu de la laisser chuter tel que cela se passerait lors d'un fonctionnement normal du véhicule. Lorsqu'un utilisateur appuie de nouveau sur la pédale d'accélération pendant le déroulement du procédé d'apprentissage, le cal-

culateur moteur 8 réagit en interrompant l'apprentissage et en produisant les signaux de commande des injecteurs nécessaires pour injecter du carburant conformément au signal de demande produit par la pédale, selon un algorithme connu en soi. Toutefois, la pression qui a été maintenue dans la rampe commune pendant l'apprentissage n'est pas nécessairement adaptée à la quantité de carburant qui doit être injectée, c'est à dire qui peut être brûlée. Cela pourrait entraîner un bruit de combustion si cette pression est trop élevée. Plusieurs moyens peuvent être prévus pour annuler ou au moins pour réduire le bruit de combustion généré par une pression de rampe inadaptée pendant la transition entre le procédé d'apprentissage et une phase de réaccélération du véhicule.

[0070] Pour cela, une valve haute pression 10 est ouverte pour faire chuter la pression dans la rampe commune 6 lorsque celle-ci doit être diminuée. La valve haute pression 10 permet une diminution très rapide de la pression dans la rampe 6. Par exemple, une valve haute pression permet une diminution de l'ordre de 2000 bars/s. L'utilisation d'une valve haute pression 10 permet donc de réduire très rapidement la pression de rampe après des apprentissages à haute pression.

[0071] En outre, il est avantageux que le calculateur moteur 8 commande les injecteurs avec au moins une impulsion pilote avant l'impulsion principale, de manière à produire une injection pilote supplémentaire, très proche de l'injection principale, ce qui permet également de diminuer le bruit de combustion. L'injection pilote supplémentaire est placée de manière à réduire le bruit au maximum, par exemple le plus proche possible de l'injection principale.

[0072] Comme indiqué, le procédé décrit ci-dessus fonctionne correctement dans une large plage de fonctionnement du moteur, par exemple du régime de ralenti à 3000tr/min. Comme on utilise une vitesse moyennée sur un cycle d'injection pour déterminer le paramètre MDP, le procédé n'est pas sensible à la forme précise de l'arche correspondant à chaque cycle d'injection. Même à haut régime, lorsque les arches commencent à être déformées par l'inertie du moteur, le procédé produit toujours des résultats fiables.

[0073] Le procédé d'apprentissage, décrit précédemment dans le cas d'un fonctionnement en pied levé, peut également être effectué lors d'un fonctionnement en régime stabilisé, lorsque la pédale d'accélération est appuyée de manière sensiblement constante, et que les débits de carburant calculés par le calculateur moteur 8 sont donc stables et identiques pour tous les injecteurs. Dans cette variante de réalisation, le Test 1 est remplacé par un Test I' qui tend à éprouver si ces conditions sont vérifiées. Le procédé est pour le reste identique. Dans ce cas, tous les injecteurs reçoivent des signaux de commande du calculateur moteur 8, par exemple sous la forme d'une impulsion principale précédée d'une ou plusieurs injections pilotes. Ces impulsions sont calées par rapport aux points morts hauts des pistons selon la technique connue. L'injecteur sous test reçoit en addition la ou les impulsions de test, qui peut être placée par exemple en avance de l'impulsion principale ou, le cas échéant, de l'impulsion pilote.

[0074] La nécessité de pourvoir à l'alimentation de tous les injecteurs peut imposer des limites à la plage dans laquelle la pression de rampe peut être fixée pendant l'apprentissage. Il faut en effet éviter un bruit de combustion excessif. Pour cela, il est préférable de réaliser l'injection dans les cylindres sous la forme d'impulsions multiples. La présence d'une ou plusieurs injections pilote(s) prépare et réchauffe le mélange de gazole et d'air et tend à réduire le bruit en allongeant la durée de la combustion.

[0075] On va maintenant décrire un deuxième mode de réalisation dans lequel le procédé peut-être effectué dans une zone dite instable, c'est-à-dire dans laquelle, outre le fait que l'on autorise les cylindres à être alimentés en carburant, la vitesse du moteur est autorisée à varier de manière relativement rapide. Des calculs de correction permettent de compenser les variations de la vitesse du moteur dues à l'influence de paramètres extérieurs au procédé d'apprentissage, tel qu'une accélération ou un freinage. En ce référant à la figure 11, on va maintenant décrire les étapes du procédé d'apprentissage. Les étapes similaires au premier mode de réalisation sont désignées par le même chiffre de référence augmenté de 100. Les étapes identiques au premier mode de réalisation ne seront pas décrites à nouveau.

[0076] Dans ce mode de réalisation, la condition de stabilité à éprouver peut être rendue beaucoup moins restrictive (étape 200). Bien sur, les étapes 81 à 86 de la figure 5 peuvent être conservées. Une condition supplémentaire consistant à vérifier que le moteur se trouve dans une gamme de charge acceptable peut être ajoutée.

[0077] La description de deux passages dans la boucle 143 sera suffisante pour en comprendre le principe.

[0078] L'étape 201 consiste à mémoriser la vitesse instantanée ω du moteur sur une durée T recouvrant essentiellement le cycle d'injection 21, qui précède de manière immédiate le cycle 22. La durée d'acquisition T est identique au premier mode de réalisation. On appelle $v_{21,n}$ ce lot de mesures.

[0079] L'étape 202 consiste à mémoriser la vitesse instantanée ω du moteur sur une durée T1 recouvrant essentiellement le cycle d'injection 22. On appelle $v_{22,n}$ ce lot de mesures. L'ensemble $(v_{21,n}, v_{22,n}, D_n)$ est mémorisé.

[0080] L'étape 204 est identique à l'étape 104.

[0081] L'étape 205 est identique à l'étape 105. Dans le cas présent, on considère que la durée D_{n+1} est inférieure à la durée D_{max} .

[0082] Lors du passage suivant dans la boucle 143, les vitesses $v_{21,n+1}$ et $v_{22,n+1}$ sont mémorisées de manière similaire. L'ensemble $(v_{21,n+1}, v_{22,n+1}, D_{n+1})$ est mémorisé.

[0083] Dans ce mode de réalisation, la boucle 143 ne comprend que des étapes d'acquisition des vitesses instantanées du moteur sur les cycles d'injections 21 et 22. Lorsque le procédé sort de la boucle 143, il passe à l'étape 203.

[0084] A l'étape 203, la vitesse moyenne $\omega_{21,n}$ du moteur sur le cycle d'injection 21 est calculée à partir de la vitesse instantanée $v_{21,n}$, d'une manière qui a été décrite en détail dans le premier mode de réalisation, et la vitesse moyenne $\omega_{22,n}$ du moteur sur le cycle d'injection 22 est calculée à partir de la vitesse instantanée $v_{22,n}$. La différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega_n = \omega_{22,n} - \omega_{21,n}$ est calculée. Le couple $(\Delta\Omega_n, D_n)$ est mémorisé. De la même manière, la vitesse moyenne $\omega_{21,n+1}$ du moteur sur le cycle d'injection 21 est calculée à partir de la vitesse instantanée $V_{21,n+1}$, la vitesse moyenne $\omega_{22,n+1}$ du moteur sur le cycle d'injection 22 est calculée à partir de la vitesse instantanée $v_{22,n+1}$, puis la différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega_{n+1} = \omega_{22,n+1} - \omega_{21,n+1}$ est calculée. Le couple $(\Delta\Omega_{n+1}, D_{n+1})$ est mémorisé.

[0085] A l'étape 201A, la vitesse moyenne $\omega_{21,n}$ est comparée avec la vitesse moyenne $\omega_{21,n-1}$ et un décalage κ_n est calculé à partir de la différence $\omega_{21,n} - \omega_{21,n-1}$. De la même manière un décalage κ_{n+1} est calculé à partir de la différence $\omega_{21,n+1} - \omega_{21,n}$.

[0086] A l'étape 203A, le décalage κ_n (respectivement κ_{n+1}) est utilisé pour calculer un facteur correctif $f(\kappa_n)$ (respectivement $f(\kappa_{n+1})$) que l'on soustrait de la différence de vitesse $\Delta\Omega_n$ (respectivement $\Delta\Omega_{n+1}$), de manière à mémoriser une différence de vitesse moyenne corrigée $\Delta\Omega_{cn} = \Delta\Omega_n - f(\kappa_n)$ (respectivement $\Delta\Omega_{cn+1} = \Delta\Omega_{n+1} - f(\kappa_{n+1})$). Ce facteur correctif sert à compenser les variations de vitesse du moteur dues aux freinages et aux accélérations.

[0087] A l'étape 206, les différences de vitesses moyennes corrigées mémorisées $\Delta\Omega_{cn}$, $\Delta\Omega_{cn+1}$ sont filtrées par convolution avec le filtre passe-bas W.

[0088] Un exemple de résultat obtenu avec ce procédé est représenté sur la figure 8, pour laquelle un freinage a été effectué au cours de l'acquisition des vitesses moyennes.

[0089] Les courbes 60 et 61 représentées sur la figure 8 montrent, en fonction de la durée D, l'évolution de la différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega$, courbe 61, et de la différence de vitesse moyenne corrigée $\Delta\Omega_c$, courbe 60. Lorsque la courbe 61 chute, par exemple du fait d'un freinage, cette modification brusque de la vitesse du moteur est mesurée par le décalage κ et compensée par le facteur correctif $f(\kappa)$, de manière qu'elle n'influence pas l'évolution de la courbe 60 et en particulier son intersection avec le seuil 58.

[0090] Lorsque le moteur vieillit, les taux de compression des différents cylindres peuvent être modifiés, ce qui peut entraîner une vitesse du moteur différente sur les différents cycles d'injection. Cela a pour conséquence un déséquilibre du moteur. L'étape 209 a pour objet de mesurer l'influence de ce type de déséquilibre sur les vitesses moyennes $\omega_{21,n}$ et $\omega_{22,n}$ et de corriger la différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega_n$ pour compenser cette influence. Pour cela on utilise la valeur de la différence de vitesses moyennes $\omega_{21,i} - \omega_{22,i}$ en l'absence d'impulsion de test. Cette valeur peut être déterminée avant l'exécution du procédé d'apprentissage ou au cours de celui-ci, par exemple au cours d'un passage i dans la boucle 143 au cours duquel l'impulsion de test est supprimée. Un facteur correctif est donc calculé à partir de la différence de vitesses moyennes $\omega_{21,i} - \omega_{22,i}$ et appliqué la différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega_n$ ou $\Delta\Omega_{cn}$.

[0091] A l'étape 210, la vitesse moyenne du moteur Ω_n sur le cycle moteur correspondant à la boucle de rang n à laquelle on effectue le procédé est prise en compte. Du fait de l'inertie du moteur, la différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega_n$ générée par une impulsion de test donnée dépend de la vitesse du moteur. Par exemple, lorsqu'on injecte 1 mg de carburant à 1000 tr/min, l'écart de vitesse moyenne $\Delta\Omega_n$ générée est supérieur à ce que produit une injection de 1 mg à 3000 tr/min. Les différences de vitesses moyennes $\Delta\Omega_n$ obtenues sont alors ajustées par un facteur d'échelle dépendant de Ω_n . Ce facteur d'échelle est par exemple calculé préalablement à l'exécution du procédé et mémorisé dans le calculateur moteur 8. Pour cela, on peut tracer une courbe $\Delta\Omega$ en fonction de Ω sur une large plage de vitesses Ω pour une impulsion de test correspondant à une quantité injectée prédéterminée et utiliser la pente de cette courbe comme facteur d'échelle. Cette étape d'ajustement permet d'obtenir des résultats précis sans avoir à modifier la valeur du seuil de détection 58. Une autre solution serait d'adapter le seuil 58 de manière similaire.

[0092] L'étape 207 consiste à déterminer la durée minimale de commande MDP à partir de laquelle on considère qu'il y a réellement eu une injection. Pour cela, les valeurs de la courbe 60 sont comparées avec le seuil pré déterminé 58.

[0093] L'étape 208 est identique à l'étape 108.

[0094] Les étapes 203A, 209 et 210 sont des étapes correctives qui sont optionnelles. Chacune de ces étapes vise à compenser un phénomène particulier et peut donc être employée séparément des autres ou en combinaison. Ces étapes correctives peuvent aussi être appliquées dans le premier mode de réalisation.

[0095] Les procédés décrits ci-dessus peuvent être effectués avec tous les types d'injecteurs. Toutefois, les injecteurs à actionnement direct permettent d'obtenir une meilleure précision, notamment lorsque des injections multiples doivent être effectuées.

[0096] La figure 9 montre la quantité de carburant Q injectée dans l'injection principale, axe 70, en fonction de la durée de séparation δ entre l'impulsion pilote et l'impulsion principale, axe 71, dans le cas d'un injecteur solénoïde, courbe 72, et d'un injecteur piézoélectrique, courbe 73. Les impulsions sont fixées. Seule varie leur séparation. Ces deux types d'injecteurs ne se comportent pas de manière identique, cette différence pouvant modifier de manière significative les résultats du procédé d'apprentissage.

[0097] Dans le cas de l'utilisation d'un injecteur à solénoïde, l'ouverture s'effectue en deux temps. Dans un premier temps, le membre de soupape se désengage de la plaque, puis dans un deuxième temps l'aiguille se lève. L'ouverture du membre de soupape s'effectue environ 150 μ s avant l'ouverture de l'aiguille. Cette ouverture en deux temps s'explique

notamment par le fait que la puissance générée par le solénoïde n'est pas suffisante pour lever l'aiguille directement. Pour certaines durées de l'impulsion pilote, il peut donc arriver que le membre de soupape se désengage mais que l'aiguille ne se lève pas. Dans ce cas, un flux de carburant est créé de la chambre de commande vers le retour basse pression. Cela a pour effet la création d'ondes de pression. En particulier, dans le cas d'une multi injection, l'injection principale est perturbée par l'onde créée par l'injection pilote et cette perturbation dépend de la séparation δ . Ce phénomène est illustré par la figure 9. Dans ce cas, même si l'injection pilote ne lève pas l'aiguille, elle modifie l'injection principale, ce qui constitue une interaction hydraulique. De manière générale, la multi injection est plus compliquée à réaliser avec un injecteur à solénoïde car chaque injection pilote perturbe les suivantes par la création d'onde de pression.

[0098] La figure 10 montre une courbe de différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega$, en fonction du temps t . Une courbe de référence 75 a également été tracée. L'onde de pression générée par l'injection pilote modifie la vitesse moyenne 29 du moteur sur le cycle de l'injecteur à tester avant l'ouverture réelle de l'injecteur. Cela se traduit par une augmentation de la différence de vitesse moyenne 34 qui peut passer au dessus du seuil 58. Cela risque donc de générer des erreurs de détection de la durée minimale 43b.

[0099] Ce problème ne se pose pas avec les injecteurs à actionnement direct, tels que les injecteurs piézoélectriques 73. Le procédé d'apprentissage décrit dans la présente invention est donc particulièrement adapté aux injecteurs à actionnement direct, par exemple aux injecteurs piézoélectriques 73, bien qu'il puisse également être réalisé sur des injecteurs à solénoïde 72 en tenant compte de la différence de comportement.

[0100] D'autres variantes sont également possibles. Par exemple, dans chaque mode de réalisation, le signal de commande peut comporter plusieurs impulsions de test de même durée D . Par exemple, une impulsion de test est placée de manière que le vilebrequin se trouve avant le PMH et une deuxième impulsion de test est placée de manière que le vilebrequin se trouve proche du PMH. La différence de vitesse moyenne $\Delta\Omega$ étant proportionnelle à la différence de quantité de carburant injectée par les injecteurs associés aux deux cycles 21,22, cette différence est ainsi multipliée par le nombre d'impulsions, ce qui permet d'améliorer la précision de détection en accroissant la pente de la courbe sur la figure 7 ou 8.

[0101] On notera qu'il est également possible de calculer la vitesse moyenne sur un autre cycle d'injection précédant le cycle 22, par exemple sur le cycle 20.

[0102] On notera que plus on est à haut régime et plus les injections sont fréquentes. A 2000tr/min, on injecte toutes les 60ms et il faut environ 2s pour effectuer l'apprentissage. Lorsque le nombre de tours par minute augmente le temps d'apprentissage diminue.

[0103] Certaines étapes du procédé d'apprentissage peuvent être effectuées dans un ordre différent ou simultanément sans changer le résultat.

[0104] En outre, les procédés d'apprentissage décrits peuvent être immédiatement adaptés à la détermination de n'importe quel autre paramètre du signal de commande. Pour cela, l'impulsion de test peut être modifiée selon un autre paramètre que sa durée, par exemple pente, amplitude ou autre.

[0105] Bien que l'invention ait été décrite en relation avec plusieurs modes de réalisations particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

Revendications

1. Procédé de détermination des paramètres de fonctionnement d'un dispositif d'injection d'un moteur à combustion, ledit dispositif d'injection comportant une pluralité d'injecteurs (7) de combustible, et un moyen de commande électronique (8) apte à commander lesdits injecteurs au moyen de signaux de commande d'injection, ledit moyen de commande électronique étant connecté à un capteur (12) permettant de mesurer en permanence une vitesse dudit moteur à combustion, ledit moteur fonctionnant selon un cycle moteur incluant au moins un cycle d'injection (21, 22, 23) associé à chacun desdits injecteurs, lesdits cycles d'injection se succédant selon un ordre prédéterminé, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes consistant à :

- a) sélectionner (98, 198) un injecteur à tester parmi lesdits injecteurs ;
- b) calculer (101, 201) une vitesse moyenne associée à un injecteur précédent ($\omega_{21,n-1}$, $\omega_{21,n}$, $\omega_{21,n+1}$) disposé avant ledit injecteur à tester dans l'ordre desdits cycles d'injection, qui est égale à la vitesse dudit moteur moyennée sur une durée de mesure (T) recouvrant essentiellement un cycle d'injection associé audit injecteur précédent ;
- c) pour ledit cycle d'injection associé audit injecteur à tester, appliquer audit injecteur à tester un signal de commande d'injection incluant au moins une impulsion de test ayant un paramètre réglable (D_{n-1} , D_n , D_{n+1}) ;
- d) calculer (102, 202) une vitesse moyenne associée audit injecteur à tester ($\omega_{22,n-1}$, $\omega_{22,n}$, $\omega_{22,n+1}$), qui est égale à la vitesse dudit moteur moyennée sur une durée de mesure (T_1) recouvrant essentiellement ledit cycle

d'injection associé audit injecteur à tester ;

e) calculer (103, 203) une différence entre la vitesse moyenne calculée à l'étape d) et ladite vitesse moyenne calculée à l'étape b) ;

f) répéter les étapes b) à d) pour au moins un autre cycle moteur en faisant varier à chaque fois ledit paramètre de l'impulsion de test ;

g) déterminer une valeur dudit paramètre de l'impulsion de test pour laquelle ladite différence de vitesse moyenne franchit un seuil prédéterminé (58) et mémoriser ladite valeur de paramètre.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdits injecteurs sont à actionnement direct.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que**, à l'étape c), ledit signal de commande comporte plusieurs impulsions de test, la valeur dudit paramètre étant la même pour chacune desdites impulsions de test.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** ledit paramètre est une durée d'impulsion (D_{n-1} , D_n , D_{n+1}).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce** pendant qu'il est effectué, lesdits signaux de commande d'injection des injecteurs autres que ledit injecteur à tester sont nuls.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** pendant qu'il est effectué, ledit moyen de commande électronique fournit auxdits injecteurs des signaux de commande d'injection incluant une impulsion principale correspondant à une demande provenant d'un organe de commande des gaz.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que**, avant l'étape g), on calcule une différence de vitesse moyenne filtrée ($\Delta\Omega f$) en appliquant une convolution par un filtre (W) à la courbe représentant la différence de vitesse moyenne en fonction dudit paramètre de l'impulsion de test et qu'à l'étape g) on utilise ladite différence de vitesse moyenne filtrée.

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ledit filtre (W) est une moyenne glissante.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'il** comprend une première étape consistant à éprouver (100, 200) une condition de stabilité prédéterminée pour détecter un fonctionnement stable dudit moteur, et une étape consistant à terminer ledit procédé lorsque ladite condition de stabilité n'est pas satisfaite.

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** ladite condition de stabilité inclut une condition de vitesse du moteur, condition qui est vérifiée lorsque ladite vitesse du moteur est comprise entre deux seuils prédéterminés.

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** ladite condition de stabilité inclut une condition de couple du moteur, condition qui est vérifiée lorsque le couple du moteur est compris entre deux seuils prédéterminés.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** ladite condition de stabilité inclut une condition de rapport de vitesse, condition qui est vérifiée lorsque ledit rapport de vitesse est supérieur à un seuil prédéterminé.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce que** ladite condition de stabilité inclut une condition de vitesse du véhicule, condition qui est vérifiée lorsque ladite vitesse du véhicule est supérieure à un seuil prédéterminé.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, **caractérisé en ce que** ladite condition de stabilité inclut une condition d'embrayage, condition qui est vérifiée lorsque l'embrayage est activé.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce qu'il** comprend, à chaque cycle moteur, une étape consistant à calculer (201A) une différence entre ladite vitesse moyenne calculée à l'étape b) pour ledit cycle moteur ($\omega_{21,n}$) et ladite vitesse moyenne calculée à l'étape b) pour un cycle moteur précédent ($\omega_{21,n-1}$), une étape consistant à calculer (203A) une différence de vitesse moyenne corrigée ($\Delta\Omega c_n$) en corrigeant ladite différence de vitesse moyenne calculée (203) à l'étape e).

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** ladite vitesse dudit moteur à combustion correspond à la vitesse de rotation d'un vilebrequin dudit moteur à combustion, ladite durée de mesure (T, T1) associée à un injecteur s'étendant à chaque fois entre un instant initial (t1) retardé d'un angle de décalage α du vilebrequin par rapport au point mort haut (31) de combustion d'un piston correspondant audit injecteur et un instant final (t2) retardé dudit angle de décalage α par rapport au point mort haut (33) du piston correspondant à l'injecteur suivant dans l'ordre desdits cycles d'injection.

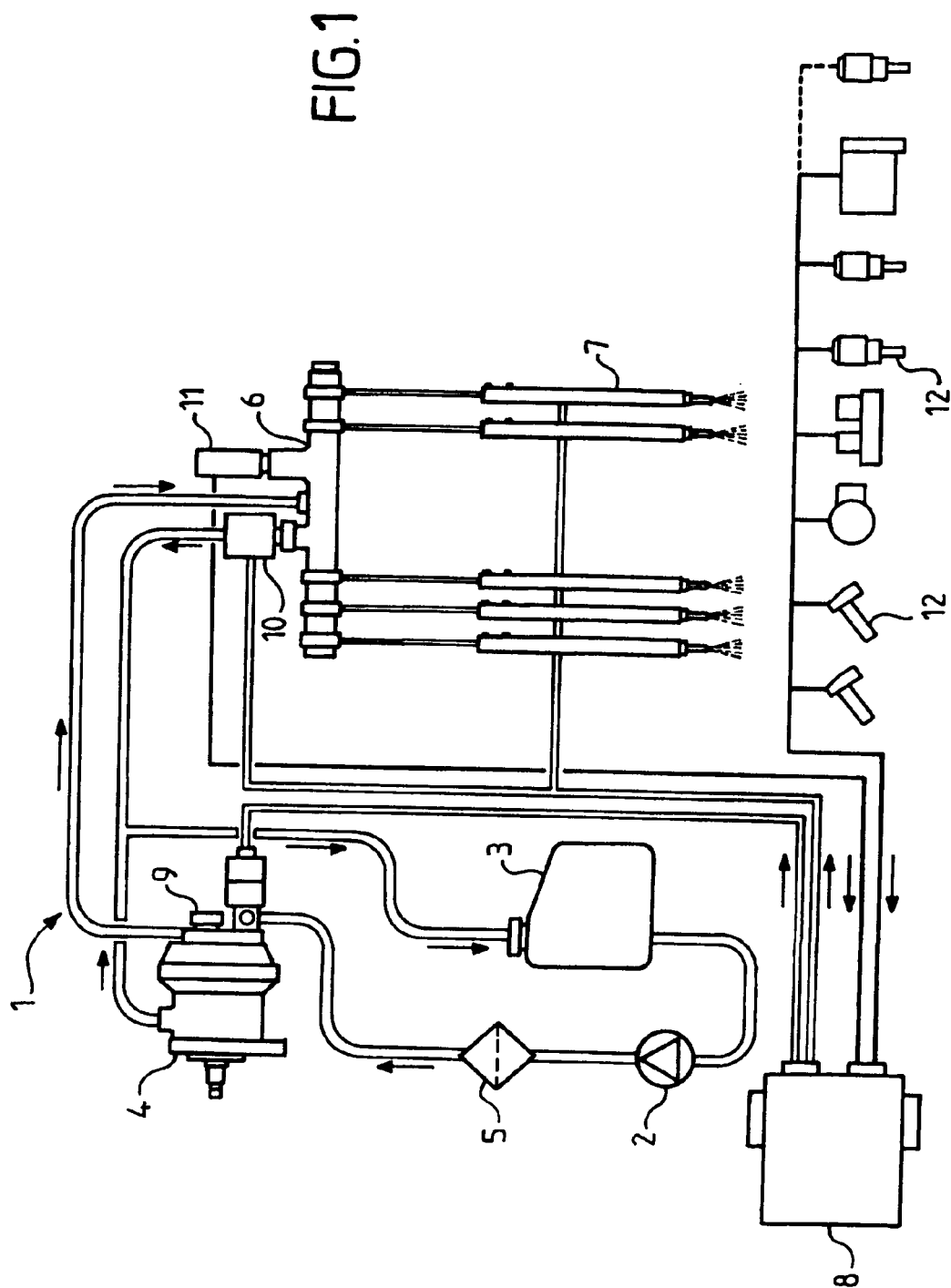
17. Procédé selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** l'angle de décalage α est inférieur ou égal à 45°.

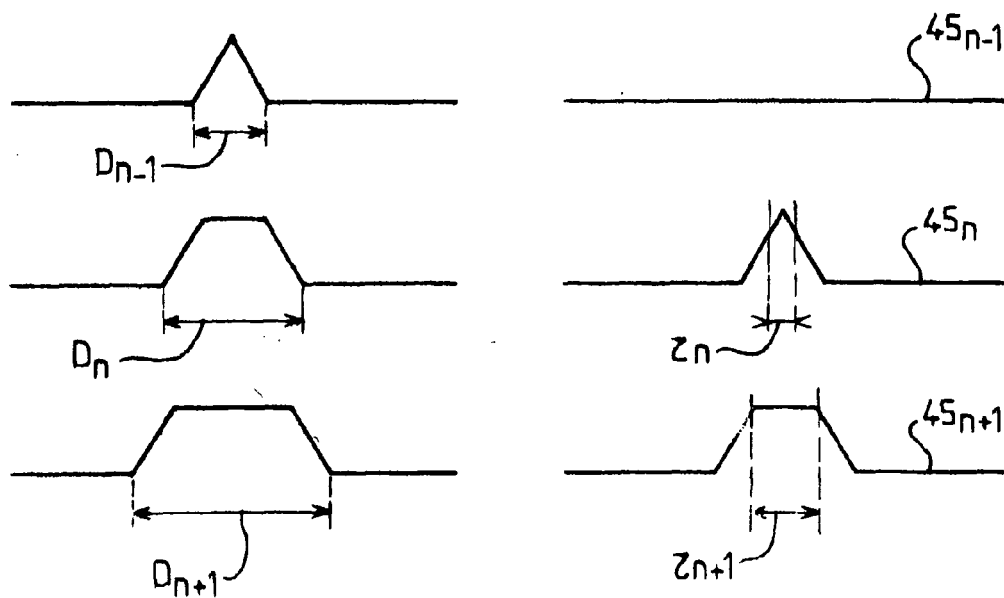
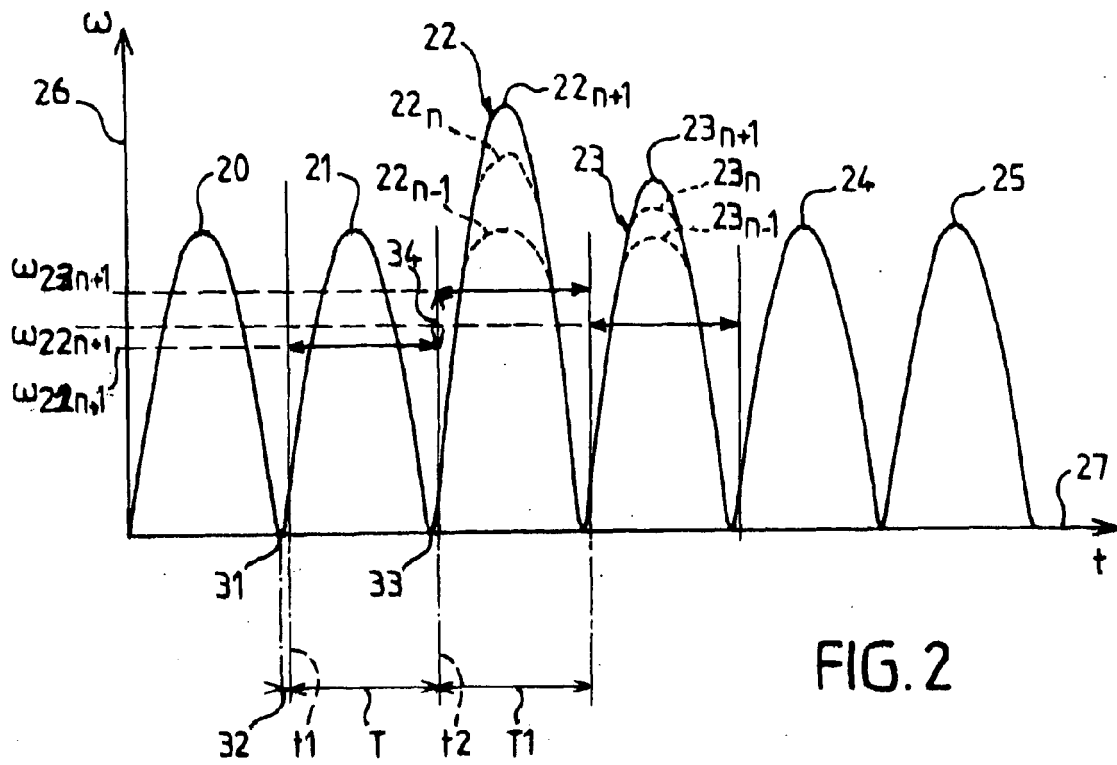
18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce que** ledit dispositif d'injection comporte une rampe commune (6) munie d'une valve haute pression (10), chacun desdits injecteurs étant relié à ladite rampe commune.

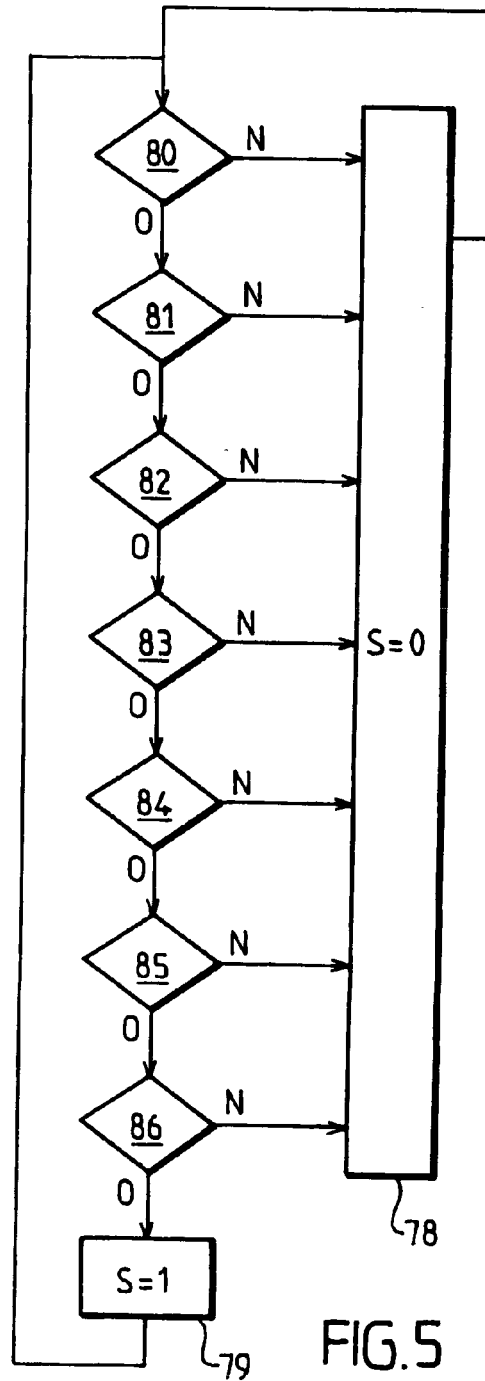
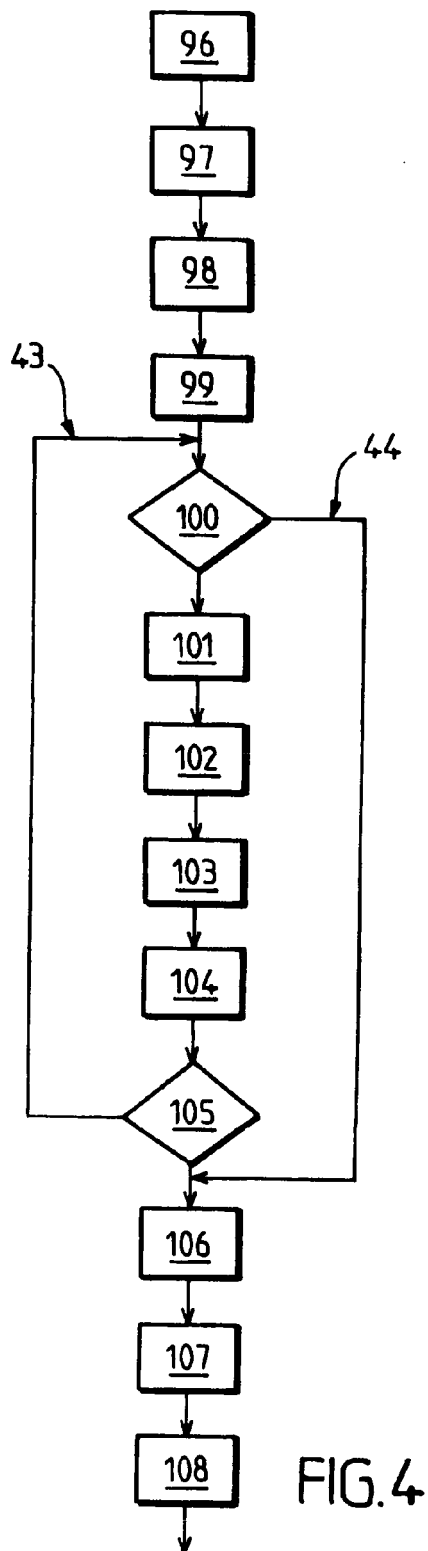
19. Procédé selon la revendication 18, **caractérisé en ce qu'il** comprend une étape consistant à sélectionner (97, 197) une pression de rampe commune dans une plage allant de 200 à 2000 bars et à effectuer ledit procédé en maintenant cette pression de rampe dans ladite rampe commune.

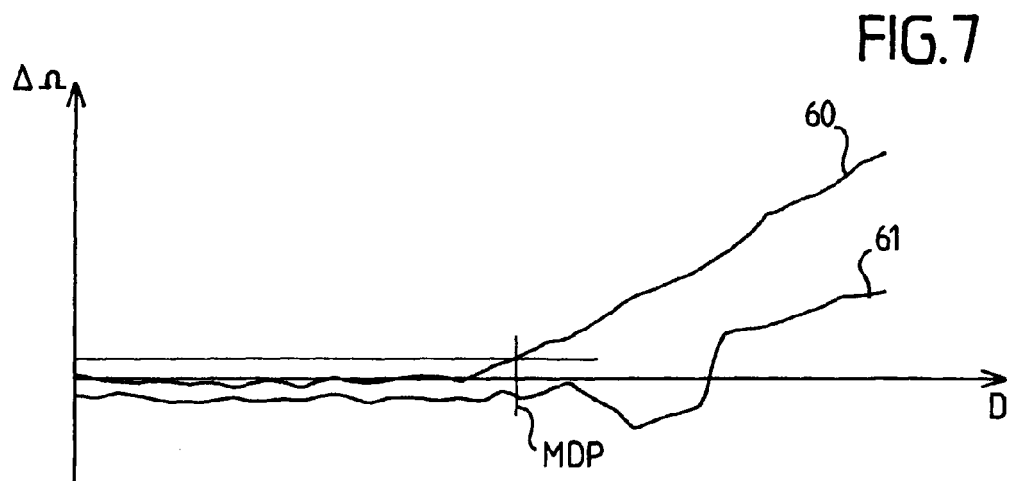
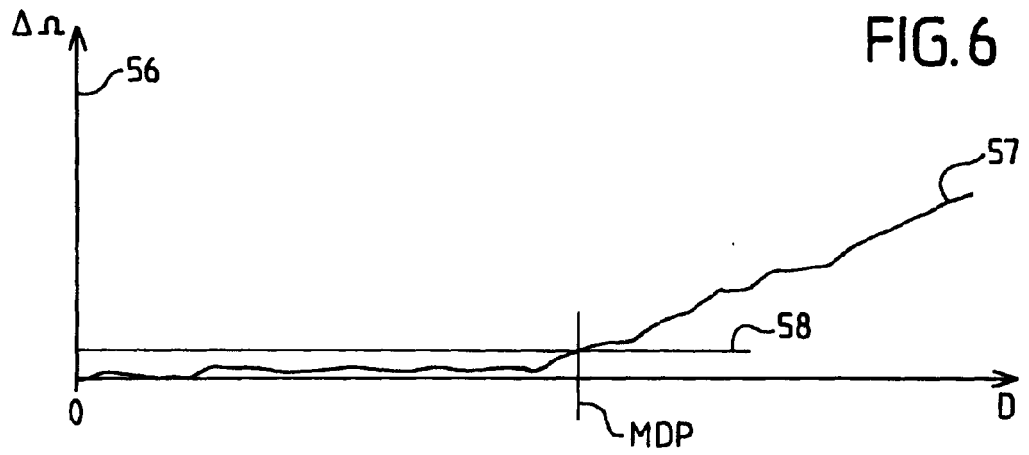
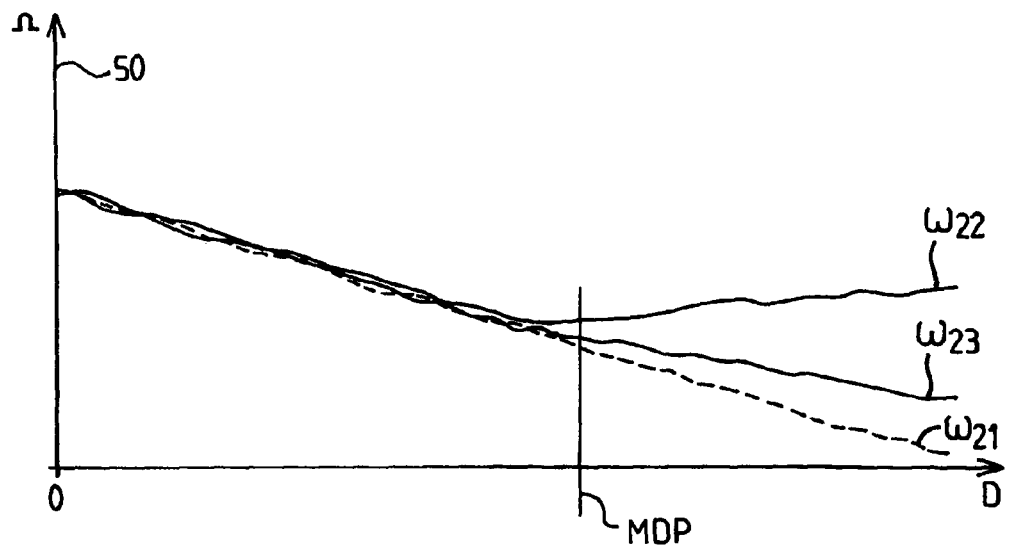
20. Procédé selon la revendication 19, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes consistant à détecter un actionnement d'un organe de commande des gaz dudit véhicule correspondant à une demande de combustible, calculer une pression cible de rampe commune adaptée à ladite demande de combustible, et, lorsque la pression cible est inférieure à ladite pression de rampe commune sélectionnée, faire diminuer la pression dans ladite rampe commune en ouvrant ladite valve haute pression.

21. Procédé selon la revendication 19, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes consistant à détecter un actionnement d'un organe de commande des gaz dudit véhicule correspondant à une demande de combustible, calculer une pression cible de rampe commune adaptée à ladite demande de combustible, et, lorsque la pression cible est inférieure à ladite pression de rampe commune sélectionnée, fournir auxdits injecteurs des signaux de commande d'injection incluant au moins une impulsion de pré-injection et une impulsion principale.









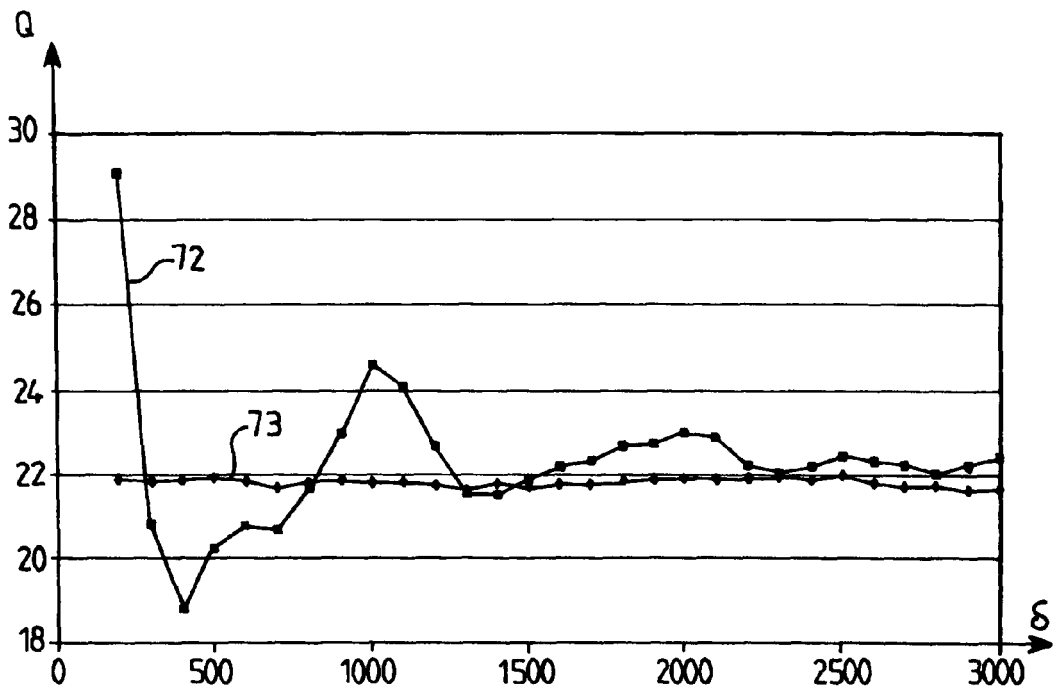


FIG.9

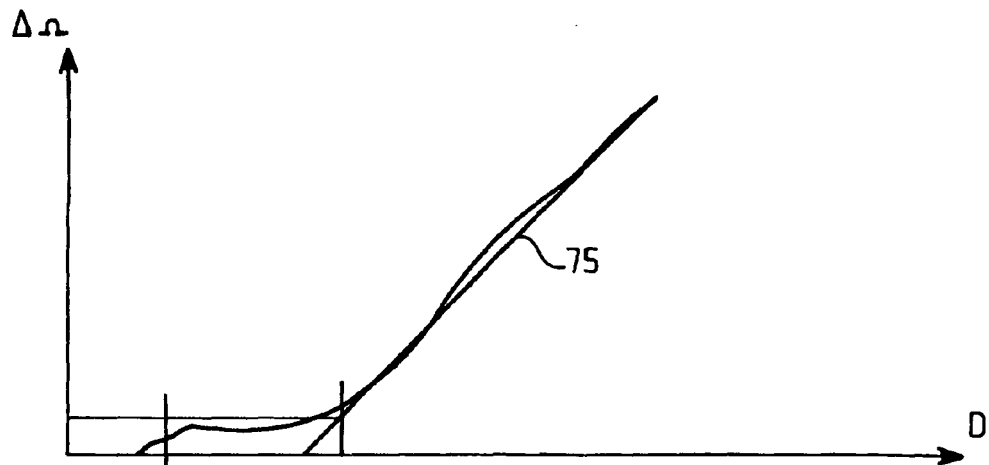


FIG.10

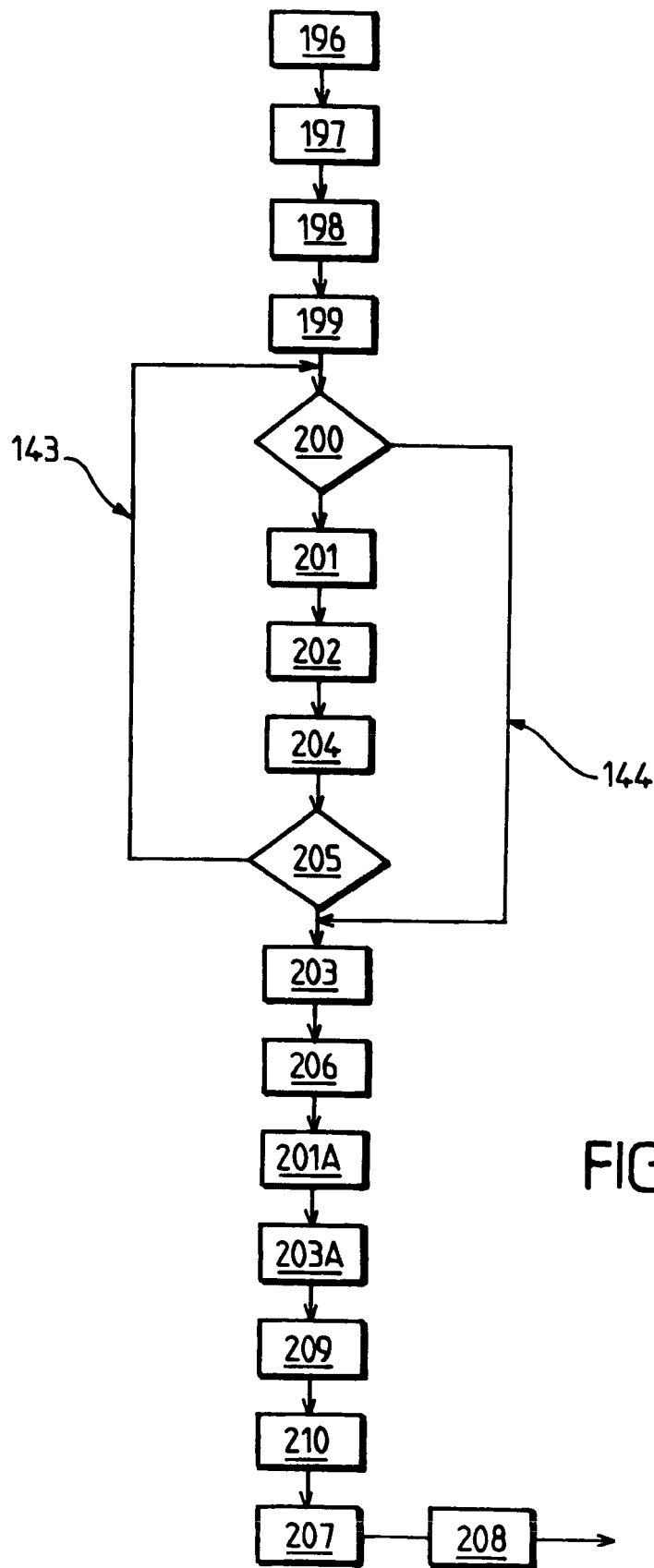


FIG.11



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
A	EP 1 350 941 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA; DENSO CORPORATION) 8 octobre 2003 (2003-10-08) * alinéas [0019] - [0042], [0066] - [0097] *	1-21	F02D41/14 F02D41/40
D,A	FR 2 720 787 A (RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS) 8 décembre 1995 (1995-12-08) * le document en entier *	1-21	
A	EP 1 388 661 A (C.R.F. SOCIETA CONSORTILE PER AZIONI) 11 février 2004 (2004-02-11) * le document en entier *	1-21	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			F02D
3 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 24 août 2005	Examineur Libeaut, L
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			

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

EP 05 29 0675

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.

24-08-2005

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1350941	A	08-10-2003	JP 2003293838 A	15-10-2003
			JP 2004108354 A	08-04-2004
			DE 60300178 D1	05-01-2005
			EP 1350941 A1	08-10-2003
			ES 2232796 T3	01-06-2005

FR 2720787	A	08-12-1995	FR 2720787 A1	08-12-1995
			EP 0686762 A1	13-12-1995
			JP 8042383 A	13-02-1996
			US 5582152 A	10-12-1996

EP 1388661	A	11-02-2004	EP 1388661 A2	11-02-2004
			JP 2004132360 A	30-04-2004
			US 2004089273 A1	13-05-2004

EPO FORM P0480

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 0740068 A [0003]
- EP 0937891 A [0004]
- FR 2720787 [0008]