



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 207 290 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
22.05.2002 Bulletin 2002/21

(51) Int Cl.7: **F02D 41/14**

(21) Numéro de dépôt: **01402805.4**

(22) Date de dépôt: **30.10.2001**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(71) Demandeur: **INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE**
92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR)

(72) Inventeur: **Lavy, Jacques**
78280 Guillancourt (FR)

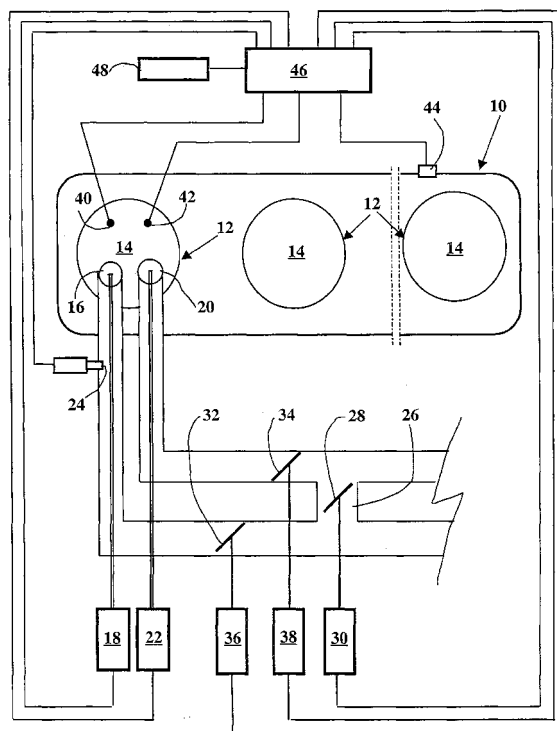
(30) Priorité: **20.11.2000 FR 0015040**

(54) **Procédé d'optimisation de la combustion d'un moteur à combustion interne fonctionnant en auto-allumage**

(57) L'invention concerne un procédé d'optimisation de la combustion d'un moteur à combustion interne fonctionnant en auto-allumage contrôlé dans lequel on mesure l'état de la combustion d'un mélange air/carburant dans la chambre de combustion (14) et, après traitement des signaux de mesure envoyés à une unité de traitement logique (46), on ajuste au moins un paramètre de contrôle de la combustion pour obtenir la combustion désirée pour les cycles suivants.

Selon l'invention, le procédé est caractérisé en ce que :

- on détermine plusieurs paramètres à ajuster pour optimiser la combustion ;
- on classe lesdits paramètres en paramètres rapides (PR) et en paramètres lents (PL);
- on gère les paramètres rapides (PR) par une boucle d'asservissement spécifique auxdits paramètres et on gère les paramètres lents (PL) par une boucle d'asservissement spécifique aux paramètres lents pour obtenir la combustion souhaitée pour les cycles suivants.



EP 1 207 290 A2

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un procédé d'optimisation de la combustion d'un moteur à combustion interne fonctionnant en auto-allumage contrôlé.

[0002] L'auto-allumage est un phénomène connu dans les moteurs deux temps et présente des avantages au niveau des émissions de polluants puisque l'on obtient notamment de faibles émissions d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote.

[0003] En ce qui concerne les moteurs quatre temps, lors de la combustion en auto-allumage, de très faibles émissions d'oxydes d'azote peuvent être obtenues ainsi qu'une remarquable régularité cyclique.

[0004] L'auto-allumage est un phénomène qui permet d'initier la combustion grâce à des gaz brûlés résiduels qui sont présents dans la chambre de combustion après la combustion.

[0005] Cet auto-allumage est réalisé en contrôlant la quantité de gaz brûlés résiduels et son mélange avec les gaz frais. Les gaz résiduels, qui sont des gaz brûlés chauds, initient la combustion des gaz frais grâce à une combinaison de température et à la présence d'espèces actives (radicaux).

[0006] Dans les moteurs deux temps, la présence de gaz résiduels est « inhérente » à la combustion.

[0007] En effet, lorsque la charge du moteur diminue, la quantité de gaz frais diminue et est naturellement remplacée par une quantité de gaz brûlés résiduels du ou des cycles de combustion précédents qui ne sont pas sortis du cylindre.

[0008] Le moteur deux temps fonctionne donc avec une recirculation interne des gaz brûlés (ou EGR interne) à charge partielle.

[0009] Toutefois, la présence de cette EGR interne n'est pas suffisante pour obtenir le fonctionnement souhaité en auto-allumage car des travaux ont démontré qu'il faut aussi contrôler et notamment limiter le mélange entre cette EGR interne et les gaz frais.

[0010] La technologie d'auto-allumage contrôlée, appliquée au moteur quatre temps, est particulièrement intéressante car elle permet de faire fonctionner le moteur avec un mélange extrêmement dilué, avec des richesses très faibles et des émissions d'oxydes d'azote de très bas niveaux.

[0011] Pour avoir un moteur à haut rendement et peu polluant, il faut assurer une combustion optimale quelques soient les conditions de fonctionnement du moteur (régime, charge, température ambiante, hygrométrie,...), de son vieillissement et de son encrassement.

[0012] Les critères à optimiser sont principalement le calage de la combustion dans le cycle et la vitesse de déroulement de cette combustion.

[0013] Dans le cas d'un moteur à auto-allumage contrôlé, la combustion n'est pas initiée par une étincelle dont le moment d'apparition peut être commandé mais par l'évolution des conditions thermodynamiques et chimiques du mélange d'air et de carburant au cours de la

phase de compression.

[0014] Suivant les variations de cette évolution, la combustion pourra être calée plus ou moins tôt dans le cycle et se dérouler plus ou moins vite.

[0015] Il est donc nécessaire d'ajuster différents paramètres de contrôle de la combustion afin d'optimiser en permanence le déroulement de cette combustion.

[0016] Il a été proposé par le document WO 99/40296 un procédé de fonctionnement d'un moteur à allumage par compression qui permet de contrôler le rapport air/carburant du mélange présent dans la chambre de combustion par modification du taux de compression au moyen d'un organe d'admission réglable, tel que la soupape d'admission que comporte habituellement un tel moteur.

[0017] Pour ce faire, il est prévu de mesurer l'état de la combustion puis de régler le moment de fermeture de la soupape d'admission de la chambre de combustion pour le cycle suivant en fonction du signal provenant de cette mesure.

[0018] Le procédé décrit dans ce document n'autorise que le réglage de la compression seule ou associée à d'autres paramètres et ce pour le cycle suivant, ce qui implique d'avoir des réglages de ces paramètres dont le temps de réponse est inférieur à la durée du cycle de combustion.

[0019] La présente invention propose un procédé d'optimisation de la combustion qui permet de tenir compte de certains paramètres nécessaires à l'obtention d'une combustion idéale ainsi que de leurs temps de réponses spécifiques.

[0020] A cet effet, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que :

- on détermine plusieurs paramètres à ajuster pour optimiser la combustion ;
- on classe lesdits paramètres en paramètres rapides et en paramètres lents ;
- on gère les paramètres rapides par une boucle d'asservissement spécifique auxdits paramètres et on gère les paramètres lents par une boucle d'asservissement spécifique aux paramètres lents pour obtenir la combustion souhaitée pour les cycles suivants.

[0021] De par ce procédé, l'ensemble des paramètres pertinents internes à la chambre de combustion du moteur à auto-allumage contrôlé vont pouvoir être contrôlés en prenant en compte leurs temps de réponse spécifiques sur la combustion

[0022] Ces paramètres sont, notamment, la quantité d'air admis, la quantité de carburant, le rapport air/carburant global et local, la quantité de gaz brûlés internes et son degré de mélange avec les gaz frais, la dilution des gaz frais par des gaz brûlés recirculés externes,...

[0023] Plus particulièrement, on commande les paramètres lents et on commande les paramètres rapides en prenant en compte la commande des paramètres

lents.

[0024] Grâce à cette caractéristique, l'insuffisance du réglage des paramètres lents peut être compensée par le réglage approprié des paramètres rapides, ce qui en final permet d'obtenir la combustion souhaitée et cela quelques soient les conditions de fonctionnement.

[0025] Plus particulièrement, les paramètres lents ont un temps de réponse plus long que les paramètres rapides.

[0026] De manière préférentielle, le temps de réponse des paramètres rapides est au plus égal à la durée d'un nombre déterminé de cycles de combustion.

[0027] Conformément à l'invention, les paramètres à ajuster sont déterminés par comparaison d'un référentiel pour une combustion idéale contenu dans l'unité et du traitement de signaux envoyés par au moins un détecteur de l'état de la combustion

[0028] De façon particulière, les signaux proviennent d'un détecteur de l'état de combustion et/ou d'un détecteur de cliquetis et/ou d'un détecteur de pression.

[0029] Selon un aspect de l'invention, l'unité de traitement corrige les paramètres lents afin que les paramètres rapides reste dans des valeurs limites.

[0030] Grâce à cela, au fur et à mesure du fonctionnement du moteur et de son évolution dans le temps (encrassement, vieillissement), le procédé de contrôle permet de faire des corrections, de manière automatique, sur certains paramètres lents, comme par exemple la recirculation des gaz brûlés, afin que les variations des paramètres rapides restent dans des valeurs limites acceptables et prédéfinies (tel que le moment d'ouverture et de fermeture des soupapes dans le cas d'une distribution de type électromécanique ou électrohydraulique.)

[0031] Les autres caractéristiques et avantages de l'invention seront plus détaillés dans la description qui va suivre et en se référant à la figure unique annexée, illustrant à titre non limitatif un exemple de réalisation et qui montre une représentation schématique d'un moteur à combustion à auto allumage utilisant le procédé selon l'invention.

[0032] Sur cette figure, le moteur à combustion interne 10 comporte un bloc cylindre muni de quatre cylindres 12 formant avec le piston et la culasse (non représentés) une chambre de combustion 14.

[0033] Pour chaque chambre de combustion 14, il est prévu au moins un orifice d'admission muni d'une soupape 16 dont l'ouverture et la fermeture sont commandées par un actionneur d'admission 18 et au moins un orifice d'échappement muni d'une soupape 20 commandée par un actionneur d'échappement 22.

[0034] Les actionneurs 18 et 22 sont du type électromécanique ou électrohydraulique dont le temps de réponse est à l'échelle du cycle moteur mais peuvent être du type mécanique avec une variation continue de la levée et/ou du phasage angulaire des soupapes qui peut avoir un temps de réponse de l'échelle de quelques cycles.

[0035] Dans le cas de l'exemple décrit, l'injection de carburant est une injection indirecte, c'est à dire que ce carburant est injecté en amont de la soupape d'admission 16 par un injecteur 24 muni de son actionneur d'injection.

[0036] En outre, il est prévu de faire admettre, dans l'orifice d'admission muni de la soupape 16, des gaz brûlés recirculés externes, dits EGR externe, par l'intermédiaire d'un conduit 26 qui est en communication avec les gaz d'échappement issus de la combustion dans les cylindres 14 et dans lequel est disposé une vanne de réglage 28 commandée par un actionneur de gaz brûlés 30.

[0037] Il est également prévu des moyens de contrôle de débit dans les orifices d'admission et d'échappement qui, dans l'exemple, décrit sont des vannes 32, 34 commandés par des actionneurs de débit 36, 38.

[0038] De plus, un détecteur de l'état de combustion 40 qui, à titre d'exemple est un détecteur de courant ionique permettant de mesurer la conductivité électrique des gaz de combustion, est disposé dans la chambre de combustion et qui permet de mesurer, en continu, le déroulement de la combustion.

[0039] Un détecteur de pression 42 qui va mesurer la pression régnant dans la chambre de combustion, peut être également employer comme moyen d'analyse de la combustion et pourra éventuellement être utiliser en parallèle du détecteur 40.

[0040] Le moteur peut porter en outre un détecteur 44 destiné à mesurer l'amplitude des vibrations générées pendant des combustions indésirables dans le cas de cliquetis.

[0041] Une unité de traitement 46 va ainsi évaluer l'état de la combustion et son évolution en fonction du signal reçu du détecteur de l'état de combustion 40 et/ou du détecteur de cliquetis 44 et/ou du détecteur de pression 42.

[0042] Additionnellement, cette unité de traitement va recevoir par l'unité logique 48 des informations relatives au fonctionnement du moteur tel que le régime moyen et instantané, le débit d'air, le rapport air/carburant, le débit de gaz brûlés recirculés externes, les levées et calages des soupapes, la température du liquide de refroidissement, la température d'huile, la température d'air d'admission.

[0043] En fonction des signaux/informations reçus et après traitement de ces derniers par l'unité de traitement 46, des signaux de commande sont envoyés par cette unité aux différents actionneurs 18, 22, 24, 30, 36 et 38 afin d'obtenir dans la chambre de combustion, pour les cycles suivants, les conditions pour une combustion idéale du mélange air et carburant.

[0044] Pour connaître l'état de la combustion à un cycle, l'unité de traitement 46 va ainsi recevoir, au début du cycle de combustion, des signaux émanant d'au moins un détecteur 40, 42, 44.

[0045] En fonction des signaux reçus et de leurs évolutions pendant ce cycle, l'unité 46 va traiter ces signaux

et déterminer, en se basant sur un référentiel contenu dans sa logique de régulation, les paramètres de la combustion qui doivent être modifiés pour obtenir un état de la combustion idéale.

[0046] Une fois que les paramètres à modifier sont déterminés, l'unité 46 les classent en deux catégories : les paramètres lents PL et les paramètres rapides PR.

[0047] Dans certains cas, cette unité va être amenée, en fonction de l'état de la combustion, à n'avoir aucun paramètre à classer dans l'une ou l'autre des catégories.

[0048] De ce fait, l'unité 46 n'aura à gérer que des paramètres rapides ou que des paramètres lents.

[0049] Les paramètres lents sont les paramètres dont le temps de réponse est supérieur à celui d'autres paramètres.

[0050] Il est entendu que le temps de réponse doit être compris soit comme le temps de réponse des actionneurs de réglage qui sont associés aux paramètres qu'ils commandent, soit comme la durée nécessaire pour obtenir la modification effective du paramètre considéré dans la chambre de combustion.

[0051] A titre d'exemple, les paramètres rapides PR sont ceux dont le temps de réponse est inférieur ou égal à la durée d'un nombre déterminé de cycles de combustion alors que les paramètres lents PL sont ceux dont le temps de réponse est supérieur à la durée de ce nombre de cycles, ce nombre pouvant aller de 1 à 2.

[0052] Toujours à titre d'exemple, les paramètres rapides sont le rapport air/carburant contrôlé par l'injecteur 24, la masse d'air admise et l'aérodynamique interne réglés par la commande des soupapes grâce aux actionneurs de soupapes 18, 22.

[0053] Les paramètres lents sont notamment la pression d'admission gérée par l'actionneur de débit d'admission 36 et la vanne 32, la contre-pression d'échappement commandée par l'actionneur de débit d'échappement 38 et la vanne 34, la dilution du mélange d'air carburé par les gaz brûlés externes gérée par l'actionneur de gaz brûlés 30 et sa vanne 28.

[0054] Une fois la détermination et le classement des paramètres effectués, l'unité 46 va gérer ces paramètres.

[0055] Dans le cas où seuls des paramètres rapides PR ou des paramètres lents PL ont été déterminés, l'unité va gérer le réglage de ces paramètres par une boucle d'asservissement comprenant cette unité, l'actionneur de réglage associé au paramètre à modifier et le ou les détecteur(s) permettant de connaître l'état de la combustion.

[0056] Plus particulièrement, l'unité 46 va envoyer un signal de commande à l'actionneur de réglage du paramètre considéré, tel que l'actionneur commandant l'injection de carburant 24 puis le détecteur 40 et/ou 42 et/ou 44 va contrôler le déroulement de la combustion et envoyer un signal à l'unité 46 qui va le traiter.

[0057] Par contre, si l'unité 46 a déterminé et classé des paramètres rapides et des paramètres lents pour

optimiser la combustion, alors cette unité va gérer les paramètres lents par la boucle d'asservissement et envoyer des signaux de commandes à une partie des actionneurs pour commander le réglage de paramètres lents PL, tel qu'à l'actionneur de gaz brûlés 30 qui va agir sur la vanne 28 de façon à modifier le taux de gaz brûlés qui vont être dirigés vers l'ouverture d'admission et ainsi modifier la dilution de ces gaz dans le mélange d'air carburé présent dans la chambre de combustion.

[0058] Associé à cette étape, l'unité 46 va gérer la commande des actionneurs de réglage des paramètres rapides PR également par une boucle d'asservissement et en tenant compte de l'influence sur la combustion de la commande des paramètres lents PL.

[0059] Ainsi, l'unité 46 va commander une partie des actionneurs de réglage des paramètres rapides PR, tel que par exemple l'actionneur d'admission 18 agissant sur la soupape d'admission 16 de manière telle que cette commande compense l'insuffisance du réglage des paramètres lents et à obtenir ainsi la combustion désirée.

[0060] Bien entendu, le moteur va évoluer dans le temps et l'unité de traitement 46 corrigera automatiquement le réglage de certains paramètres lents afin que la variation de réglage de paramètres rapides restent dans des valeurs limites acceptables et cela toujours dans l'objectif d'obtenir la combustion souhaitée.

[0061] L'invention décrite ci-dessus fait état d'un moteur à combustion interne à injection indirecte mais cette invention s'applique tout aussi bien à un moteur à combustion à injection directe.

[0062] Il est aussi fait état d'admission de gaz brûlés recirculés externes, recirculation qui doit être comprise comme provenant soit du collecteur d'échappement soit directement d'une autre chambre de combustion d'un cylindre du moteur.

Revendications

1. Procédé d'optimisation de la combustion d'un moteur à combustion interne fonctionnant à auto-allumage contrôlé dans lequel on mesure l'état de la combustion d'un mélange air/carburant dans la chambre de combustion (14) et, après traitement des signaux de mesure envoyés à une unité de traitement (46), on ajuste au moins un paramètre de contrôle de la combustion pour obtenir la combustion désirée pour les cycles suivants, **caractérisé en ce que** :

- on détermine plusieurs paramètres à ajuster pour optimiser la combustion ;
- on classe lesdits paramètres en paramètres rapides (PR) et en paramètres lents (PL) ;
- on gère les paramètres rapides (PR) par une boucle d'asservissement spécifique auxdits paramètres et on gère les paramètres lents

(PL) par une boucle d'asservissement spécifique aux paramètres lents pour obtenir la combustion souhaitée pour les cycles suivants.

2. Procédé d'optimisation de la combustion selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** : 5
 - on commande les paramètres lents (PL);
 - et on commande les paramètres rapides (PR) en prenant en compte la commande des paramètres lents (PL). 10
3. Procédé d'optimisation de la combustion selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les paramètres lents (PL) ont un temps de réponse plus long que les paramètres rapides (PR) 15
4. Procédé d'optimisation de la combustion selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le temps de réponse des paramètres rapides (PR) est au plus égal à la durée d'un nombre déterminé de cycles de combustion. 20
5. Procédé d'optimisation de la combustion selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les paramètres à ajuster sont déterminés par comparaison d'un référentiel pour une combustion idéale contenu dans l'unité (46) et du traitement de signaux envoyés par au moins un détecteur (40, 42, 44) de l'état de la combustion 25
30
6. Procédé d'optimisation de la combustion selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les signaux proviennent d'un détecteur de l'état de combustion (40) et/ou d'un détecteur de cliquetis (44) et/ou d'un détecteur de pression (42). 35
7. Procédé d'optimisation de la combustion selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité de traitement (46) corrige les paramètres lents (PL) afin que les paramètres rapides (PR) restent dans des valeurs limites. 40

45

50

55

