

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 30.03.04.

30 Priorité : 01.04.03 DE 10314677.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 08.10.04 Bulletin 04/41.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : ROBERT BOSCH GMBH Gesellschaft mit beschränkter Haftung — DE.

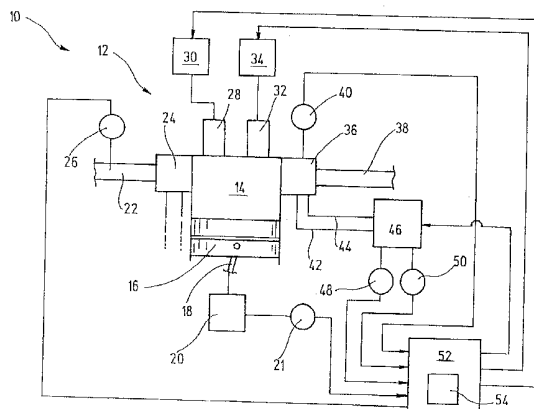
72 Inventeur(s) : SCHIEMANN JUERGEN.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

54 PROCÉDE DE GESTION D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE.

57 Procédé de gestion d'un moteur à combustion interne (10) dont les gaz d'échappement de combustion sont évacués à la fin d'un temps de travail par l'intermédiaire d'au moins une soupape d'échappement (36) commandée par un actionneur, pour s'échapper d'au moins une chambre de combustion (14), procédé selon lequel on détermine la pression des gaz régnant dans la chambre de combustion (14) pendant le temps de travail. On détermine (63) la course d'ouverture actuelle (hact) de la soupape d'échappement (36) (58) on détermine les paramètres de fonctionnement actuels (tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg) du moteur à combustion interne (10) qui influencent cette course d'ouverture (hact) et à partir de la course d'ouverture actuelle (hact), déterminée de la soupape d'échappement (36) et des paramètres de fonctionnement actuels déterminés (tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg) du moteur à combustion interne (10), on détermine (70) au moins par approximation une pression de gaz actuelle (paoact) dans la chambre de combustion (14) à l'instant de l'ouverture de la soupape d'échappement (36).



Domaine de l'invention

La présente invention concerne un procédé de gestion d'un moteur à combustion interne, dont les gaz d'échappement de combustion sont évacués à la fin d'un temps de travail par l'intermédiaire d'au moins
5 une soupape d'échappement commandée par un actionneur, pour s'échapper d'au moins une chambre de combustion, selon lequel on détermine la pression des gaz régnant dans la chambre de combustion pendant le temps de travail.

L'invention concerne également un programme d'ordinateur
10 ainsi qu'un support de mémoire électrique pour un appareil de commande et/ou de régulation d'un moteur à combustion interne ainsi qu'un tel appareil de commande et/ou de régulation d'un moteur à combustion interne.

Etat de la technique

15 On connaît un procédé du type défini ci-dessus. Dans ce procédé on saisit directement la pression de gaz régnant dans la chambre de combustion pendant un temps de travail à l'aide d'un capteur tel qu'un capteur piézo-électrique. En variante il est également connu d'évaluer une
20 pression de gaz moyenne dans la chambre de combustion pendant le temps de travail en utilisant les irrégularités de rotation du vilebrequin c'est-à-dire les variations de la vitesse de rotation du vilebrequin au cours d'une rotation. La connaissance de la pression des gaz pendant le temps de travail dans la chambre de combustion permet de déterminer la participation correspondante au couple pour cette combustion ou la position
25 du centre de gravité de la combustion. On peut également évaluer la qualité de la combustion (par exemple une combustion incomplète, des ratés de combustion et autres phénomènes) en connaissant la pression des gaz dans la chambre de combustion. Tout cela permet de faire fonctionner le moteur à combustion interne avec une consommation de carburant aussi
30 réduite que possible pour une émission réduite et une bonne régularité de fonctionnement.

But de l'invention

La présente invention a pour but de développer un procédé
35 du type défini ci-dessus pour que le moteur à combustion interne fonctionne encore plus régulièrement et qu'il puisse être réalisé d'une manière plus économique.

Exposé et avantages de l'invention

A cet effet l'invention concerne un procédé du type défini ci-dessus caractérisé en ce qu'on détermine la course d'ouverture actuelle de la soupape d'échappement, on détermine les paramètres de fonctionnement actuels du moteur à combustion interne qui influencent cette course
5 d'ouverture et à partir de la course d'ouverture actuelle, déterminée de la soupape d'échappement et des paramètres de fonctionnement actuels déterminés du moteur à combustion interne on détermine au moins par approximation une pression de gaz actuelle dans la chambre de combustion
10 à l'instant de l'ouverture de la soupape d'échappement.

L'application du procédé selon l'invention permet d'éviter la mesure directe de la pression des gaz dans la chambre de combustion au cours du temps de travail. On évite ainsi l'installation d'un capteur correspondant, relativement coûteux. En d'autres termes, on pourra ainsi
15 supprimer des capteurs relativement coûteux. Cela se traduit également par des économies lors de la construction du moteur à combustion interne. La valeur de la pression actuelle des gaz obtenue à l'aide du procédé selon l'invention est très précise et en tous les cas elle est plus précise que ne le permet l'évaluation à partir des irrégularités de rotation du vilebrequin.
20

L'invention utilise le fait que pour une soupape d'échappement à actionner par un actionneur par exemple un vérin hydraulique, qui n'est pas commandée par l'arbre à came, la course d'ouverture et la pression des gaz s'opposant au mouvement d'ouverture
25 de la soupape d'échappement dans la chambre de combustion sont combinées. La course d'ouverture d'une soupape d'échappement par exemple à commande hydraulique est certes également influencée par d'autres paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne ; toutefois si ceux-ci sont connus, on peut déterminer des relations et en tenir compte.
30 C'est ainsi que la pression actuelle des gaz dans la chambre de combustion au moment de l'ouverture de la soupape d'échappement permet également de déterminer avec une grande précision la course d'ouverture actuelle.

Si la pression actuelle déterminée des gaz correspond toutefois bien avec la pression effective des gaz, on peut déterminer d'une
35 manière très précise le couple généré, correspondant dans chaque cylindre et par une combustion au cours d'un temps de travail, ce qui simplifie globalement la précision de la commande et de la régulation du moteur à

combustion interne. On peut ainsi améliorer surtout la consommation de carburant, les émissions de matières polluantes et la régularité de fonctionnement.

Suivant une caractéristique particulièrement avantageuse, à partir des paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne, on détermine pour un temps de travail futur, une pression de gaz prévisionnelle dans la chambre de combustion et après l'exécution de ce temps de travail on compare la pression de gaz prévisionnelle déterminée pour ce temps de travail et la pression de gaz actuelle déterminée pour ce temps de travail et en fonction du résultat de la comparaison on adapte le procédé à l'aide duquel on a déterminé la pression de gaz prévisionnelle.

L'évaluation d'une pression de gaz prévisionnelle régnant dans la chambre de combustion lors du temps de travail futur est nécessaire pour fixer les paramètres de commande correspondants pour la commande de la soupape d'échappement qui est par exemple la commande hydraulique. Le procédé selon l'invention permet une évaluation précise de cette pression de gaz future et d'améliorer ainsi la précision de la commande de la soupape d'échappement.

Il est également possible dans ces conditions que sur la base des paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne, on détermine pour un temps de travail futur, une pression de gaz prévisionnelle dans la chambre de combustion et après l'exécution de ce temps de travail, on compare la pression de gaz prévisionnelle déterminée pour ce temps de travail à la pression de gaz actuelle déterminée pour ce même temps de travail et en fonction du résultat de la comparaison, on émet une information. C'est ainsi qu'on peut par exemple envisager que si la différence entre la pression de gaz prévisionnelle et la pression de gaz actuelle dépasse une valeur déterminée, on enregistre dans une mémoire de défaut ou on émet un signal à destination de l'utilisateur du moteur à combustion interne. Cela permet de détecter des états de défaut, par exemple des ratés de combustion et le cas échéant les signaler à l'utilisateur.

Une possibilité simple à programmer pour déterminer la pression de gaz actuelle est donnée par la formule suivante :

$$p_{\text{aoact}} = -\frac{C_1}{2 * C_2} + \sqrt{\left(\frac{C_1}{2 * C_2}\right)^2 + \frac{h_{\text{act}} - C_0}{C_2}}$$

dans laquelle C0, C1, C2 sont des coefficients qui dépendent au moins en partie des paramètres de fonctionnement (tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg) influençant la course d'ouverture (hact) de la soupape d'échappement dans le moteur à combustion interne, et hact est la course d'ouverture
5 obtenue.

La fonction racine peut être représentée en technique de programmation par exemple sous la forme d'un tableau c'est-à-dire comme courbe caractéristique ou par une formule d'approximation appropriée, par exemple une approximation par un polynôme.

10 Une simplification avantageuse est caractérisée par une formule générale représentée de manière approchée par un polynôme du second ordre donnant une approximation quadratique de la relation dans les cas d'applications caractéristiques avec une grande précision. La formule simplifiée pour déterminer la pression de gaz actuelle est la suivante :
15

$$p_{oact} = C1 * (hact - C0) + C2 * (hact - C0)^2$$

20 Cette formule a l'avantage d'être particulièrement simple à programmer et que la partie de programme ne nécessite qu'un temps de calcul très réduit. Les neuf coefficients utilisés dans cette formule sont également désignés ici dans un but de simplification par C0, C1, C2. Il est possible et le cas échéant avantageux de représenter ou de caractériser les neuf coefficients en fonction des coefficients de la première expression de
25 la formule. Une telle relation peut également se programmer simplement et elle s'applique avantageusement si les premiers coefficients mentionnés sont déjà connus et/ou s'ils peuvent être calculés de manière simple.

Selon un autre développement, il est proposé de déterminer au moins l'un des coefficients l'aide d'un polynôme ayant des termes linéaires ou quadratiques, dans lesquels interviennent les paramètres de
30 fonctionnement du moteur à combustion interne influençant la course d'ouverture.

Cela est également simple à programmer et ne demande que très peu de place dans la mémoire. Le cas échéant, on peut également représenter le coefficient C2, simplement par une constante avec une valeur
35 négative.

En variante ou en plus il est également possible de déterminer au moins l'un des coefficients à l'aide d'un polynôme ayant des ter-

mes linéaires ou quadratiques dans lequel interviennent les paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne. Les coefficients C0, C1, C2 peuvent de cette manière se déterminer avec une grande précision pour des états de fonctionnement quelconques du moteur à combustion interne.

Le procédé selon l'invention permet d'obtenir des résultats particulièrement bons en ce que les paramètres de fonctionnement d'un temps de commande déterminant pour la course de la soupape d'une installation de commande de la soupape d'échappement sont la vitesse de rotation du vilebrequin, la position angulaire du vilebrequin à l'instant de l'ouverture de la soupape d'échappement, la pression moyenne des gaz d'échappement en aval de la soupape d'échappement à l'instant de l'ouverture de cette soupape d'échappement, la température du liquide hydraulique avec lequel on actionne la soupape d'échappement, la pression du liquide hydraulique et/ou la masse du gaz de travail emprisonné dans la chambre de combustion.

Pour cela le résultat du procédé selon l'invention sera d'autant plus précis que le nombre de paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne sera pris en compte pour déterminer la pression des gaz dans la chambre de combustion à partir de la course d'ouverture de la soupape d'échappement.

Il peut également être avantageux pour des conditions très strictes de précision du procédé, d'utiliser en plus également la masse du gaz dans la chambre de combustion comme autre paramètre de fonctionnement, dans le calcul selon l'invention de la pression du gaz. De cette manière on tient également compte de l'influence de la température des gaz. L'utilisation de la masse des gaz à la place de la température des gaz constitue une solution particulièrement avantageuse car la masse des gaz est de toute façon déterminée en relation avec la commande du moteur à combustion interne ou peut se calculer facilement à partir d'autres paramètres.

Il est également proposé de détecter la course d'ouverture de la soupape d'échappement à l'aide d'un capteur de course. Un tel capteur peut s'installer d'une manière relativement simple car il n'a pas à être directement dans ou au niveau de la chambre de combustion mais peut être prévu par exemple à proximité de la tige de la soupape d'échappement. Les contraintes de température à un tel endroit sont plus faibles ce qui permet d'utiliser un capteur relativement plus économique.

Si l'on utilise un capteur de course, on connaîtra la course d'ouverture avec une grande précision ce qui est intéressant pour la précision de la détermination de la pression de gaz actuelle.

Il est également possible de déterminer la course d'ouverture de la soupape d'échappement à partir du temps requis pour l'opération de fermeture correspondante. Ce temps peut lui-même se déterminer à partir du début de la commande de l'actionneur qui initialise l'opération de fermeture de la soupape d'échappement ainsi que de la fin de l'opération de fermeture qui se détecte par exemple par le bruit du choc de la soupape d'échappement contre son siège de soupape, bruit que l'on peut détecter par un unique capteur même dans le cas d'un moteur à combustion interne à plusieurs cylindres ; on peut par exemple utiliser le capteur de cliquetis prévu dans tous les cas. Cette réalisation du procédé de l'invention permet des économies.

Avec un programme d'ordinateur on résout le problème posé en programmant l'exécution du procédé défini ci-dessus. Un support de mémoire électrique résout le problème en ce qu'il contient un programme d'ordinateur du type défini ci-dessus. L'appareil de commande et/ou de régulation du moteur à combustion interne résout le problème en ce qu'il est programmé pour appliquer un procédé du type défini ci-dessus.

Dessins

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'un exemple de réalisation préférentiel représenté dans les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'un moteur à combustion interne équipé d'une chambre de combustion et d'une soupape d'échappement à commande hydraulique,
- la figure 2 montre un diagramme donnant la course de la soupape d'échappement de la figure 1 en fonction de la pression du gaz dans la chambre de combustion de la figure 1 pour différents temps de commande de la soupape d'échappement,
- la figure 3 montre un ordinogramme mettant en œuvre le procédé de gestion du moteur à combustion interne de la figure 1.

Description du mode de réalisation

Selon la figure 1 un moteur à combustion interne porte globalement la référence 10. Le moteur sert principalement à l'entraînement d'un véhicule automobile non représenté à la figure 1. Le moteur à combustion interne 10 est un moteur à combustion interne à quatre temps à

plusieurs cylindres dont un seul est représenté à la figure 1. Ce cylindre porte la référence 12.

Le cylindre 12 comprend une chambre de combustion 14 délimitée en partie par un piston alternatif 16. Une bielle 18 relie le piston à un vilebrequin 20 représenté seulement de manière schématique et dont la position angulaire est détectée par un capteur 21. L'air comburant arrive dans la chambre de combustion 14 par un canal d'admission 22 et en passant sur une soupape d'admission 24 à commande hydraulique. La quantité d'air frais arrivant par le canal d'admission 22 dans la chambre de combustion 14 est détectée par un capteur 26. Ce capteur est un débitmètre massique d'air à film chaud encore appelé parfois capteur HFM.

Le carburant arrive directement dans la chambre de combustion 14 par un injecteur 28. L'injecteur est alimenté par un système d'alimentation en carburant 30. Le mélange carburant/air qui se trouve dans la chambre de combustion 14 est allumé par une bougie d'allumage 32 alimentée par un système d'allumage 34. Les gaz d'échappement de combustion engendrés par la combustion de combustion 14 sont évacués dans un canal d'échappement 38 par l'intermédiaire d'une soupape d'échappement 36 à commande hydraulique. La course d'ouverture d'un élément de la soupape d'échappement 36, élément qui n'apparaît pas à la figure 1 est détectée par un capteur de déplacement ou de course 40. Le moteur à combustion interne 10 n'a pas d'arbre à came pour commander les soupapes 24, 36.

L'actionnement hydraulique de la soupape d'échappement 36 est assurée par des conduites hydrauliques 42, 44 reliant la soupape d'échappement 36 ou un dispositif d'actionnement hydraulique qui lui est associé (ce dispositif n'est pas représenté) à une installation de commande hydraulique 46. Les éléments principaux de cette installation de commande hydraulique sont des vannes hydrauliques à commutation rapide (ces vannes ne sont pas représentées) qui commandent l'opération d'ouverture et de fermeture de la soupape d'échappement 36. Des capteurs 48, 50 détectent la température et la pression du liquide hydraulique commandant la soupape d'échappement 36. La soupape d'admission 24 est actionnée de façon analogue.

Dans une réalisation pratique du système, les différents éléments ou parties du système peuvent également être regroupés autrement que cela est montré de manière schématique à la figure 1. Par exem-

ple les unités 36, 46 représentées dans le dessin peuvent être regroupées totalement ou partiellement en un composant intégré.

Le fonctionnement du moteur à combustion interne 10 est commandé ou régulé par un appareil de commande et de régulation 52. Cet appareil reçoit les signaux d'entrée venant entre autres du capteur à film chaud 26, d'un capteur de position 21 du vilebrequin 20, du capteur de course 40 et du capteur de température 48 ainsi que du capteur de pression 50. L'appareil de commande et de régulation commande entre autres le système d'alimentation en carburant 30, le système d'allumage 34 et l'installation de commande hydraulique 46 de la soupape d'échappement 36. Pour cela, l'appareil de commande et de régulation 52 calcule sur la base des signaux d'entrée, également d'autres grandeurs ou paramètres de fonctionnement telles que par exemple la vitesse de rotation n_{mot} du vilebrequin 20, la pression des gaz d'échappement p_{abg} dans le canal de gaz d'échappement 38 et autres paramètres.

Dans le moteur à combustion interne 10 de la figure 1, la course d'ouverture de la soupape d'admission 24 de même que celle de la soupape d'échappement 36 peut être adaptée individuellement au point de fonctionnement respectif du moteur à combustion interne 10. Pour cela on convertit une course de consigne, souhaitée h_{sol} en un temps de commande t_m d'une soupape de commutation électromagnétique dans l'installation de commande hydraulique 46.

Par cette conversion on tient compte des grandeurs d'influence essentielles de l'opération d'actionnement définissant la course et des efforts agissant au cours de cette opération d'actionnement. Ces grandeurs d'influence comprennent les paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne 10 ou de l'installation de commande hydraulique 46 comme par exemple la température T_{oil} du liquide hydraulique, détectée par le capteur de température 48, la pression P_{oil} du liquide hydraulique, détectée par le capteur de pression 50, la vitesse de rotation n_{mot} du vilebrequin 20 détectée par le capteur de position 21 ainsi que les efforts agissant sur la soupape d'échappement 36 du fait de la pression des gaz régnant au début de l'ouverture dans la chambre de combustion 14. Ces efforts sont déterminés à partir de la vitesse de rotation n_{mot} du vilebrequin 20, de la position du vilebrequin w_{ao} à l'instant de l'ouverture de la soupape d'admission 36, de la pression p_{abg} régnant au moment de l'ouverture et de la pression de gaz p_{ao} régnant dans la chambre de combustion 14 au moment de l'ouverture.

Comme à l'instant auquel il faut fixer la durée de commande t_m , la pression du gaz régnant dans la chambre de combustion 14 qui régnera au début de l'opération d'ouverture de la soupape d'échappement 36 n'est pas encore connue, on prévoit une pression de gaz correspondante p_{aopred} ou on évalue cette pression. Cette évaluation ou prévision utilise les paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne 10 concernant le cycle de travail réglé comme par exemple la masse d'air, la masse résiduelle de gaz, la masse de carburant et le cas échéant l'angle d'allumage ainsi que d'autres paramètres. On détermine la masse d'air par exemple à l'aide du capteur d'air à film chaud 26. On obtient de cette manière la relation définie par l'équation 1 suivante :

$$T_m = \text{func_tm}(h, \text{Toil}, \text{Poil}, \text{nmot}, \text{wao}, \text{pabg}, \text{pao}) \quad (1)$$

$$h = h_{sol} \text{ et } \text{pao} = \text{paopred}$$

15

Pour la commande et la régulation du fonctionnement du moteur à combustion interne 10, il est très important de connaître la pression de gaz actuelle c'est-à-dire effective dans la chambre de combustion 14 à la fin d'un temps de travail. Pour déterminer la pression de gaz actuelle dans la chambre de combustion 14 à la fin d'un temps de travail, on inverse la relation fonctionnelle de l'équation 1 entre l'association du temps de commande t_m et de la course h . On obtient ainsi l'équation 2 suivante :

$$h = \text{func_hub}(t_m, \text{Toil}, \text{Poil}, \text{nmot}, \text{wao}, \text{pabg}, \text{pao}) \quad (2)$$

La fonction func_hub décrit de manière générale la relation entre la course de soupape résultante h et le temps de commande t_m et les paramètres de fonctionnement Toil , Poil , nmot , wao , etc. Cette relation peut s'obtenir par exemple de manière empirique en faisant des essais du moteur sur un banc d'essai dans des conditions de fonctionnement différentes. Si l'on exploite alors spécialement la relation entre la course h et la pression des gaz pao , il apparaît que l'on peut représenter cette relation avec une très bonne approximation à l'aide d'un polynôme du second ordre.

35

Cela apparaît clairement des courbes représentées à titre d'exemples à la figure 2. Dans cette figure on a représenté la course de soupape h en fonction de la pression de gaz pao pour trois valeurs de la

durée de commande t_m pour un angle fixe wao et les valeurs fixes des paramètres de fonctionnement $Poil$, $Toil$, $nmot$, $pabg$. Les courbes sont pratiquement linéaires avec une pente négative et une faible courbure qui peut se décrire avec un terme quadratique en pao , affecté d'un petit coefficient négatif. L'approximation quadratique donne l'équation 3 suivante :

$$h = C0 + C1*pao + C2*pao^2 \quad (3)$$

avec

$$C0 = \text{func_C0}(t_m, Toil, poil, nmot, wao, pabg) \quad (4)$$

$$C1 = \text{func_C1}(t_m, Toil, poil, nmot, wao, pabg) \quad (5)$$

$$C2 = \text{func_C2}(t_m, Toil, poil, nmot, wao, pabg) \quad (6)$$

Dans le cas particulier, le coefficient $C2$ ne dépend que très faiblement des paramètres de fonctionnement actuels du moteur à combustion interne. En bonne approximation on peut considérer ce coefficient comme constant avec une valeur négative. De manière générale on peut exprimer les fonctions func_C0 , func_C1 , func_C2 également avec une approximation suffisamment bonne par des polynômes comprenant les termes linéaires, les termes quadratiques. Pour simplifier les polynômes il peut être avantageux de décrire la relation entre l'angle wao du vilebrequin pour lequel la soupape d'échappement 36 s'ouvre, par une relation avec le volume de la chambre de combustion V_{br} pour la position angulaire wao . Une variation de vitesse du volume de la chambre de combustion rapportée à la position angulaire du vilebrequin 1 convient pour simplifier le polynôme. Ces deux fonctions peuvent être représentées et calculées de manière simplifiée comme courbe caractéristique ou comme polynôme en fonction de l'angle wao .

Si l'on rapporte le polynôme du second ordre (équation 3 donnée ci-dessus) sur la course actuelle obtenue $hact$ de la soupape d'échappement 36 et d'une pression actuelle correspondante $paoact$ des gaz, on obtient l'équation 7 suivante :

$$hact = C0 + C1*paoact + C2*paoact^2 \quad (7)$$

35

La résolution de ce polynôme du second ordre en fonction de la pression actuelle des gaz $paoact$ donne l'équation 8 ci-après :

$$p_{\text{aoact}} = -\frac{C1}{2 * C2} + \sqrt[2]{\left(\frac{C1}{2 * C2}\right)^2 + \frac{\text{hact} - C0}{C2}} \quad (8)$$

A l'aide de l'équation 8, connaissant la course actuelle hact de la soupape d'échappement 36 et différents paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne 10, on peut déterminer à partir des coefficients C1, C2 et C3, la pression de gaz actuelle paoact à la fin d'un temps de travail du cylindre 12. On décrira un procédé correspondant en se référant ci-après à la figure 3. Le procédé est enregistré comme programme d'ordinateur dans une mémoire 54 de l'appareil de commande et de régulation 52.

Après le bloc de départ 56, on détermine dans le bloc 58, la course d'ouverture actuelle hact de la soupape d'échappement 36 dans le temps de travail actuel. Pour cela on utilise les signaux du capteur de course 40. De façon correspondante, dans les blocs 64-68 on obtient les coefficients C0, C1 et C2. La course actuelle déterminée hact ainsi que les coefficients C0, C1 et C2 sont fournis à un bloc de fonction 70 qui détermine en fonction de l'équation 8 ci-dessus, la pression de gaz actuelle paoact régnant dans la chambre de combustion 4 à l'instant de l'ouverture de la soupape d'échappement 36. Pour calculer la fonction de racine carrée, on peut par exemple utiliser une présentation en forme de tableau de cette fonction comme courbe caractéristique ou une représentation comme polynôme.

Avant le temps de travail actuel, dans le bloc 72 à partir des paramètres de fonctionnement BG du moteur à combustion interne, on prévoit une pression de gaz paopred (bloc 72) à l'aide d'un bloc de fonction 74 pour le temps de travail actuel. Les paramètres de fonctionnement BG comprennent par exemple l'angle d'allumage, la masse de carburant injectée, l'instant d'ouverture de la soupape d'échappement, la masse d'air, etc. Dans le bloc 76 on forme la différence d entre la pression de gaz prévue paopred et la pression de gaz actuelle obtenue paoact. Dans le bloc 72, en fonction de la différence d on adapte la fonction func_paopred à l'aide de laquelle on a prévu dans le bloc 74 la pression de gaz paopred. En outre, suivant la différence d dans le bloc 80, on émet une information INF. Il peut s'agir par exemple de l'enregistrement dans une mémoire de défaut ou d'un signal d'avertissement si la différence d dépasse une valeur déterminée. Le procédé se termine dans le bloc 82.

Suivant une variante de réalisation, pour le calcul de paoact, à la place de l'équation 8 on peut utiliser une approximation quadratique de la relation entre paoact et hact. Cette approximation donne l'équation 9 suivante :

5

$$\text{paoact} = C1 * (\text{hact} - C0) + C2 * (\text{hact} - C0)^2 \quad (9)$$

Le traitement peut se faire essentiellement comme dans l'exemple de réalisation décrit ci-dessus selon la figure 3 à la différence qu'on détermine paoact dans le bloc fonctionnel 70 avec l'équation 9.

10

Dans un autre exemple de réalisation alternatif, on ne détermine pas la course actuelle hact de la soupape d'échappement 36 à l'aide d'un capteur de course mais à partir du temps nécessaire à l'opération de fermeture de la soupape d'échappement 36. Le début de l'opération de fermeture peut s'obtenir en bonne approximation en prenant l'instant d'ouverture d'une soupape de commutation de l'installation de commande hydraulique 46. La fin de l'opération de fermeture peut se détecter par exemple par le son produit lorsque l'élément de la soupape d'échappement 36 rencontre son siège de soupape.

15

D'autres grandeurs nécessaires pour déterminer la course comme par exemple le temps de retard de la soupape de commutation et de la vitesse de fermeture de la soupape d'échappement peuvent se déterminer empiriquement par des mesures. Des valeurs correspondantes peuvent être enregistrées par exemple sous la forme de tableau ou de champ de caractéristique en fonction des paramètres de fonctionnement Poil et Toil dans une mémoire 54 de l'appareil de commande et de régulation 52.

20

25

On remarque en outre qu'à l'aide de la pression de gaz actuelle déterminée paoact on peut adapter non seulement la détermination de la pression de gaz prévisible paopred. Bien plus on peut également adapter la commande d'autres grandeurs dont dépend la pression de gaz actuelle déterminée paoact, par exemple la commande de l'angle d'allumage ou on peut adapter ces grandeurs. Cela permet de commander de manière optimale le moteur à combustion interne par rapport à la puissance souhaitée par le conducteur, la consommation de carburant, la qualité des gaz d'échappement et/ou la régularité de fonctionnement.

30

35

Dans l'exemple de réalisation décrit de manière explicite ci-dessus, on déplace les soupapes d'admission et d'échappement par des actionneurs électrohydrauliques de soupape. Ces actionneurs utilisent

l'énergie auxiliaire hydraulique (force engendrée par la pression). La commande du flux de la force se fait électriquement à l'aide de soupapes hydrauliques à commutation rapide. Suivant des variantes de réalisation de l'invention, les actionneurs de soupape de moteur peuvent également appliquer un autre principe dans la mesure où l'on règle seulement la course de soupape de manière individuelle et d'une façon totalement variable. Par exemple à la place d'énergie auxiliaire hydraulique on peut également utiliser de l'énergie électrique ou pneumatique. L'application de la commande de soupape de moteur totalement variable peut se limiter également aux soupapes d'échappement alors que les soupapes d'admission peuvent être commandées par exemple de manière classique à l'aide d'un arbre à came. En outre suivant des variantes de réalisation de l'invention, le procédé peut également s'appliquer à des moteurs à combustion interne à allumage non commandé et/ou à un moteur dont l'alimentation en carburant se fait dans le canal d'admission.

Suivant une caractéristique intéressante on détermine au moins l'un des coefficients C_0 , C_1 , C_2 à l'aide d'au moins un champ de caractéristique dans lequel interviennent les paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne.

REVENDEICATIONS

1°) Procédé de gestion d'un moteur à combustion interne (10), dont les gaz d'échappement de combustion sont évacués à la fin d'un temps de travail par l'intermédiaire d'au moins une soupape d'échappement (36) commandée par un actionneur, pour s'échapper d'au moins une chambre de combustion (14), selon lequel on détermine la pression des gaz régnant dans la chambre de combustion (14) pendant le temps de travail, caractérisé en ce qu'

on détermine (58) la course d'ouverture actuelle (hact) de la soupape d'échappement (36),

on détermine (63) les paramètres de fonctionnement actuels (tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg) du moteur à combustion interne (10) qui influencent cette course d'ouverture (hact) et

à partir de la course d'ouverture actuelle (hact), déterminée de la soupape d'échappement (36) et des paramètres de fonctionnement actuels déterminés (tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg) du moteur à combustion interne (10) on détermine au moins par approximation (70) une pression de gaz actuelle (paoact) dans la chambre de combustion (14) à l'instant de l'ouverture de la soupape d'échappement (36).

2°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'

à partir des paramètres de fonctionnement (BG) du moteur à combustion interne (10), on détermine (72) pour un temps de travail futur, une pression de gaz prévisionnelle (paopred) dans la chambre de combustion (14) et après l'exécution de ce temps de travail on compare (76) la pression de gaz prévisionnelle (paopred) déterminée pour ce temps de travail et la pression de gaz actuelle (paoact) déterminée pour ce temps de travail et en fonction du résultat de la comparaison on adapte (78) le procédé (func_paopred) à l'aide duquel on a déterminé la pression de gaz prévisionnelle (paopred).

3°) Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'

à partir des paramètres de fonctionnement (BG) du moteur à combustion interne (10), pour un temps de travail futur on détermine (72) une pression de gaz prévisionnelle (paopred) dans la chambre de combustion (14),

après avoir exécuté le temps de travail on compare (76) la pression de gaz prévisionnelle (paopred) déterminée pour ce temps de travail à la pression de gaz actuelle (paoact) déterminée pour ce temps de travail, et suivant le résultat de la comparaison on émet (80) une information (INF).

5

4°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'

on détermine la pression de gaz actuelle (paoact) en appliquant la formule suivante :

10

$$paoact = -\frac{C1}{2 * C2} + 2 \sqrt{\left(\frac{C1}{2 * C2}\right)^2 + \frac{hact - C0}{C2}}$$

15

dans laquelle C0, C1, C2 sont des coefficients qui dépendent au moins en partie des paramètres de fonctionnement (tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg) influençant la course d'ouverture (hact) de la soupape d'échappement (36) dans le moteur à combustion interne (10), et hact est la course d'ouverture obtenue.

20

5°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'

on détermine la pression de gaz actuelle (paoact) en appliquant la formule suivante :

25

$$paoact = C1 * (hact - C0) + C2 * (hact - C0)^2$$

30

dans laquelle C0, C1, C2 sont des coefficients qui dépendent au moins en partie des paramètres de fonctionnement (tm, Toil, Poil, nmot, wao, pabg) influençant la course d'ouverture (hact) de la soupape d'échappement (36) dans le moteur à combustion interne (10) et hact est la course d'ouverture obtenue.

35

6°) Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce qu'

on détermine au moins l'un des coefficients C0, C1, C2 à l'aide d'un polynôme (func_C0, func_C1, func_C2) ayant des termes linéaires ou quadratiques (60, 62) dans lesquels interviennent les paramètres de

fonctionnement (t_m , $Toil$, $Poil$, $nmot$, wao , $pabg$) du moteur à combustion interne (10) influençant la course d'ouverture ($hact$).

5 7°) Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce qu'on détermine au moins l'un des coefficients C_0 , C_1 , C_2 à l'aide d'au moins un champ de caractéristique dans lequel interviennent les paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne.

10 8°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les paramètres de fonctionnement d'un temps de commande (t_m) déterminant pour la course de la soupape d'une installation de commande (46) de la soupape d'échappement (36) sont la vitesse de rotation ($nmot$) du vile-
15 brequin (20), la position angulaire (wao) du vilebrequin (20) à l'instant de l'ouverture de la soupape d'échappement (36), la pression moyenne ($pabg$) des gaz d'échappement en aval de la soupape d'échappement (36), la température ($Toil$) du liquide hydraulique avec lequel on actionne la soupape
20 d'échappement (36), la pression ($Poil$) du liquide hydraulique et/ou la masse du gaz de travail emprisonné dans la chambre de combustion.

9°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on
25 saisit la course d'ouverture ($hact$) de la soupape d'échappement (36) à l'aide d'un capteur de course (40).

10°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on
30 détermine la course d'ouverture de la soupape d'échappement à partir du temps nécessaire à l'opération de fermeture correspondante.

11°) Programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de pro-
gramme pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une des revendica-
35 tions 1 à 10 lorsque ledit programme est exécuté sur un ordinateur.

12°) Support de mémoire électrique (40) pour un appareil de commande et/ou de régulation (52) d'un moteur à combustion interne (10), caractérisé en ce qu'il contient un programme d'ordinateur selon la revendication 11.

5

13°) Appareil de commande et/ou de régulation (52) d'un moteur à combustion interne (10), caractérisé en ce qu'il est programmé pour appliquer un procédé selon l'une des revendications

10 1 à 10.

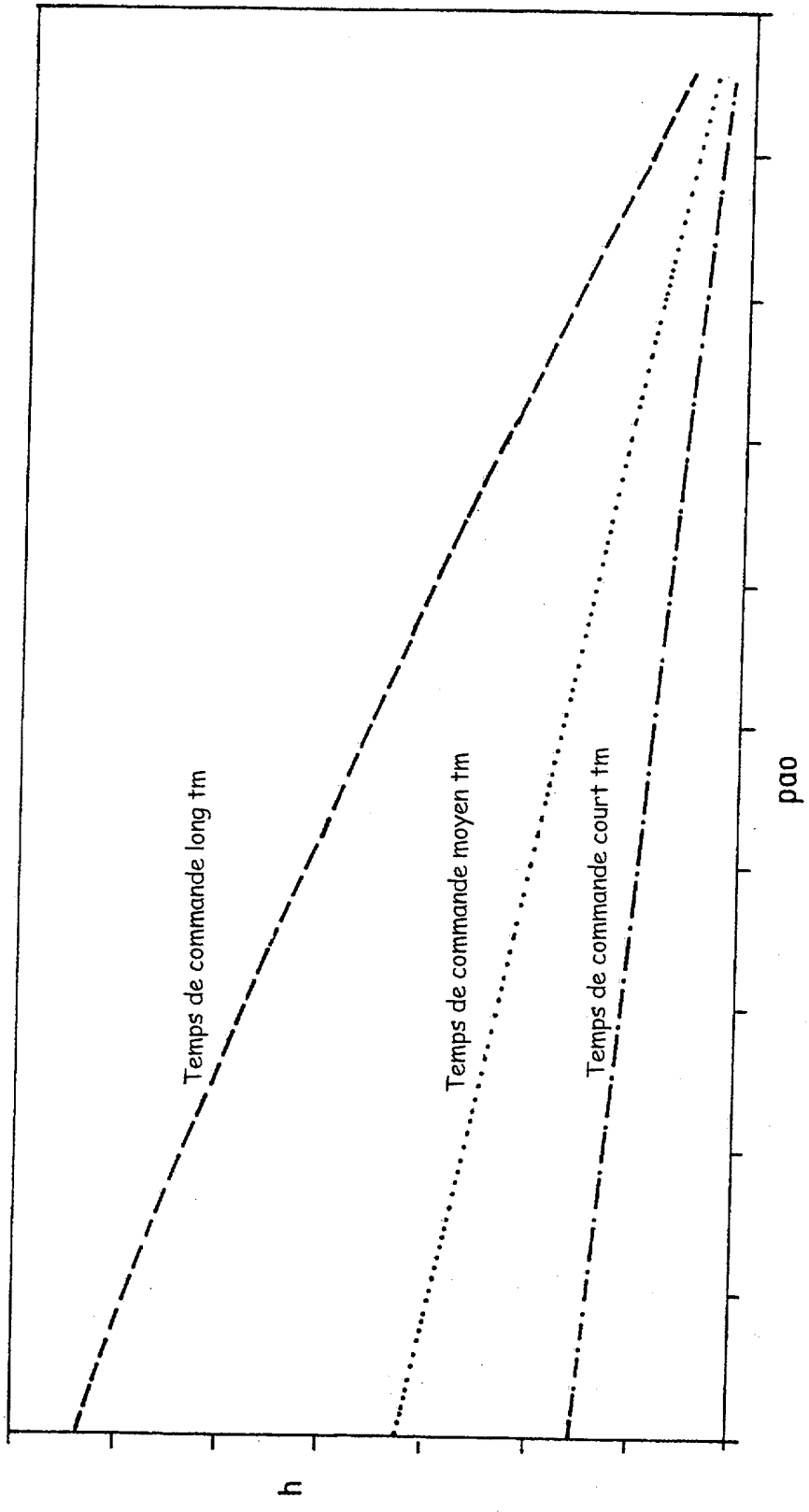


Fig. 2

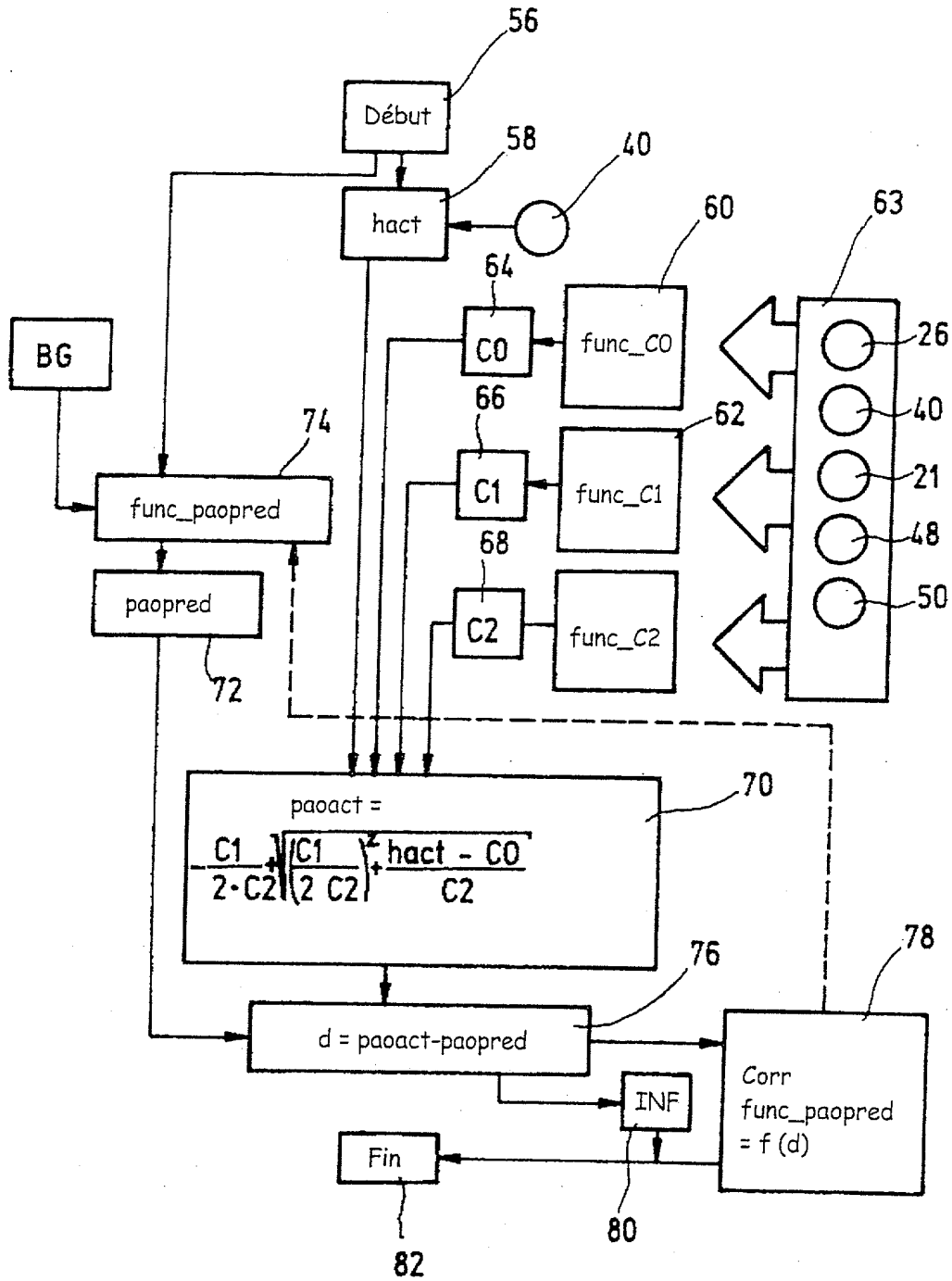


Fig. 3