

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 847 619

21) N° d'enregistrement national : 03 13597

51) Int Cl<sup>7</sup> : F 02 B 77/08, F 02 D 43/00

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 20.11.03.

30) Priorité : 21.11.02 DE 10254475.

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.05.04 Bulletin 04/22.

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) : SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
— DE.

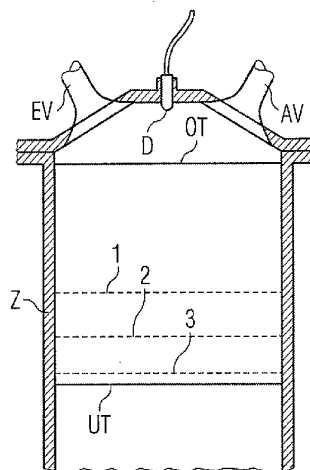
72) Inventeur(s) : GALTIER FREDERIC et ZHANG HONG.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET JP COLAS.

54) PROCÉDE DE DETERMINATION DE LA MASSE D'AIR FRAIS, DE LA MASSE DE GAZ RESIDUEL ET DE LA MASSE DE GAZ TOTALE DANS UN CYLINDRE D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE.

57) On mesure la pression au début (1) du temps d'admission, lorsque la soupape d'échappement (AV) est ouverte et celle d'admission (EV) vient d'être ouverte, au début (2) de l'aspiration d'air frais, lorsque la première vient d'être fermée et la seconde est ouverte, et à la fin (3) de l'aspiration d'air frais, lorsque la seconde vient d'être fermée et la première est fermée, on utilise la pression mesurée aux deux premiers instants pour calculer la masse de gaz résiduels recyclés grâce à une équation d'état thermique des gaz, on utilise la pression mesurée au troisième instant pour calculer, au moyen de ladite équation, la masse de gaz totale se trouvant dans le cylindre à la fin du temps d'aspiration et on détermine la masse d'air frais à partir de la différence entre la masse totale et la masse de gaz résiduels.



FR 2 847 619 - A1



L'invention concerne un procédé de détermination de la masse d'air frais, de la masse de gaz résiduel et de la masse de gaz totale dans un cylindre d'un moteur à combustion interne.

La charge d'un moteur à combustion interne, qui correspond à la masse d'air frais aspirée dans les cylindres pendant le temps d'aspiration, est l'un des paramètres de fonctionnement les plus importants pour la commande du fonctionnement du moteur. La charge est déterminante pour de nombreux autres paramètres de commande, comme par exemple la quantité de carburant injectée, l'instant d'allumage, etc.. Un autre paramètre de fonctionnement important des moteurs à combustion interne modernes est la masse des gaz d'échappement qui se présente dans le cylindre au début du temps d'admission du fait d'un recyclage interne ou externe de gaz d'échappement (masse de gaz résiduels). Dans le cas du recyclage extérieur de gaz d'échappement, des gaz d'échappement sont renvoyés du trajet d'échappement au trajet d'admission par l'intermédiaire d'une conduite de recyclage. Le recyclage intérieur de gaz d'échappement s'obtient au moyen d'un chevauchement plus ou moins grand des temps d'ouverture de la valve d'admission et de la valve d'échappement.

Ces deux paramètres de charge sont d'une grande importance pour la commande électronique de fonctionnement (EMS = en anglais "Engine Management System" soit : système de gestion de moteur) des moteurs à combustion interne modernes. C'est pourquoi, on connaît dans l'état de la technique de nombreux procédés à l'aide desquels la charge du moteur peut se déterminer. Conformément à une méthode courante, il est prévu, dans le trajet d'admission du moteur, un capteur à l'aide duquel la masse d'air ou la pression dans le trajet d'admission pour se mesurer. Abstraction faite du fait que cette méthode nécessite un capteur supplémentaire dans le trajet d'admission, elle a l'inconvénient de délivrer une information uniquement concernant la masse d'air frais totale et non pas la masse d'air frais cylindre par cylindre, et surtout aucune information concernant la masse de gaz résiduels.

Conformément à une autre méthode, on évite cet inconvénient par le fait que la masse d'air frais et la masse de gaz résiduels sont déterminées au moyen de mesures de la pression dans le cylindre. Toutefois, dans le cas de cette méthode, de multiples points de mesure sont nécessaires, ce qui nécessite des moyens d'autant plus importants de calcul et de mémoire de l'appareil de commande de fonctionnement. Cette méthode ne convient donc pas pour une utilisation commerciale dans la fabrication en série.

La présente invention a pour but de fournir un procédé permettant de déterminer la masse d'air frais, la masse de gaz résiduels et la masse de gaz totale

dans un cylindre d'un moteur à combustion interne qui se mette en oeuvre d'une manière la plus simple possible et travaille néanmoins avec une précision suffisante.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé permettant de déterminer la masse d'air frais, la masse de gaz résiduels et la masse de gaz totale dans un cylindre d'un moteur à combustion interne qui comprend au moins une soupape d'admission et au moins une soupape d'échappement, dans lequel,

on mesure la pression dans le cylindre à trois instants de fonctionnement pendant un temps d'admission, à savoir

- à un premier instant de fonctionnement au début du temps d'admission, lorsque la soupape d'échappement est ouverte et que la soupape d'admission vient d'être ouverte,

- à un deuxième instant de fonctionnement au début de l'aspiration d'air frais, lorsque la soupape d'échappement vient d'être fermée et que la soupape d'admission est ouverte, et

- à un troisième instant de fonctionnement à la fin de l'aspiration d'air frais, lorsque la soupape d'admission vient d'être fermée et que la soupape d'échappement est fermée,

et dans lequel on utilise la pression mesurée au premier et au deuxième instants de fonctionnement pour calculer la masse de gaz résiduels enfermée dans le cylindre au moyen d'une équation d'état thermique des gaz qui combine la pression, le volume, la température et la masse de gaz,

on utilise la pression mesurée au troisième instant de fonctionnement pour calculer, au moyen de l'équation d'état thermique des gaz, la masse de gaz totale se trouvant dans le cylindre à la fin du temps d'aspiration et,

on détermine la masse d'air frais à partir de la différence entre la masse de gaz totale et la masse de gaz résiduels.

La présente invention part de la considération du fait qu'on peut utiliser la commande dans le temps du moteur à combustion interne (la position d'angle de rotation du moteur à combustion interne du moteur dans le cycle de combustion) et la position de la soupape d'admission et de la soupape d'échappement en liaison avec l'information de pression de cylindre pour estimer la quantité d'air frais et la quantité de gaz totale à l'aide d'un petit nombre de mesures de pression. Si la commande dans le temps du moteur est connue, il est possible de déterminer sans difficulté à partir de celle-ci la position du piston dans le cylindre. Avec cette information, il est alors possible de déterminer les phases de fonctionnement (aspiration, compression, combustion, échappement), ainsi que des instants importants de fonctionnement tels que le point mort haut et le point mort bas, ce qui permet à son tour de calculer au

point mort haut le volume disponible pour les gaz dans le cylindre, y compris le volume résiduel.

Les positions des soupapes d'admission et d'échappement sont également des paramètres qui sont connus, soit sur la base de la conception structurelle dans le cas d'une commande fixe par arbre à cames, soit sur la base d'une surveillance permanente dans le cas de moteurs à combustion interne à commande de soupape variable.

Par conséquent, au moyen de la position des soupapes d'admission et d'échappement, il est possible de définir les trois instants de fonctionnement auxquels la pression est mesurée.

Le premier instant de fonctionnement coïncide avec l'instant auquel le temps d'admission débute, lorsque la soupape d'échappement est ouverte et que la soupape d'admission vient d'être ouverte. Le premier instant de fonctionnement sert d'instant de référence pour les autres mesures.

Le deuxième instant de fonctionnement se présente au début de l'admission d'air frais, lorsque la soupape d'échappement vient d'être fermée et que la soupape d'admission est ouverte. A cet instant, le volume libre du cylindre est essentiellement rempli par la quantité de gaz résiduels, laquelle est enfermée dans le cylindre du fait d'un recyclage interne ou externe des gaz d'échappement.

Le troisième instant de fonctionnement se présente à la fin de l'admission d'air frais, lorsque la soupape d'admission vient d'être fermée et que la soupape d'échappement est fermée. A cet instant, le cylindre est rempli par la quantité de gaz totale (gaz résiduels et air frais).

Comme exposé plus haut, le volume disponible pour les gaz dans le cylindre est connu à tout instant et donc également aux trois instants de fonctionnement indiqués. Etant donné que, conformément à l'invention, la pression dans le cylindre est mesurée aux trois instants de fonctionnement, la pression est également connue. Dans la mesure où la température aux trois instants de fonctionnement est connue, la masse de gaz aux trois instants de fonctionnement peut alors être calculée au moyen d'une équation d'état thermique des gaz qui combine mathématiquement entre elles la pression, le volume, la température et la masse. Dans le cas le plus simple, il est possible d'utiliser l'équation d'état thermique pour les gaz parfaits. Toutefois, dans l'état de la technique, on connaît également des équations d'état pour des gaz réels au moyen desquelles des résultats plus précis peuvent s'obtenir.

Le procédé conforme à l'invention a l'avantage qu'il parvient au résultat voulu à l'aide de mesures en seulement trois instants de fonctionnement pendant un cycle de travail du moteur à combustion interne. Non seulement cela simplifie la mesure,

mais cela réduit également les moyens nécessaires en calcul et en mémoire pour l'appareil de commande de fonctionnement. Sur la base de sa simplicité, le procédé conforme à l'invention présente néanmoins une précision et une robustesse relativement élevées. Par ailleurs, il fournit des informations cylindre par cylindre  
5 concernant la masse d'air frais et la masse de gaz résiduels et non pas uniquement une information globale pour l'ensemble du moteur. La simplicité du procédé conforme à l'invention permet son installation dans des appareils standard de commande électronique de fonctionnement pour la fabrication en série.

Le procédé conforme à l'invention peut aussi présenter une ou plusieurs des  
10 particularités suivantes :

- on l'exécute pour tous les cylindres du moteur à combustion interne,
- on détermine expérimentalement les trois instants de fonctionnement lors du calibrage du moteur à combustion interne,
- on range en mémoire les trois instants de fonctionnement, sous forme de  
15 positions angulaires de vilebrequin, dans un appareil de commande de fonctionnement du moteur à combustion interne,
- on détermine la température dans le cylindre aux trois instants de fonctionnement au moyen d'une mesure de température,
- on détermine la température dans le cylindre en fonction de la pression  
20 mesurée, au moyen d'un modèle de combustion,
- on suppose les valeurs de la température être identiques aux trois instants de fonctionnement.

Un exemple de mise en oeuvre de l'invention est exposé en détail en regard des dessins. On voit :

25 à la figure 1, une vue schématique d'un cylindre d'un moteur à combustion interne dans lequel les trois instants de fonctionnement sont indiqués,

à la figure 2, un graphe sur lequel la pression dans le cylindre est portée en fonction de l'angle de vilebrequin.

Le procédé conforme à l'invention sert à déterminer la masse d'air frais, la  
30 masse de gaz résiduels et la masse de gaz totale dans un cylindres d'un moteur à combustion interne tel que représenté d'une manière schématique à la figure 1.

Dans ce procédé, on utilise les valeurs de la pression  $p$  dans le cylindre  $Z$  aux trois instants de fonctionnement 1, 2 et 3 discrets. Les valeurs de pression sont obtenues par mesure de la pression  $p$  dans le cylindre, un capteur de pression  $D$   
35 classique pouvant être utilisé à cet effet. Etant donné que de tels capteurs de pression sont connus, on n'entre pas plus ici dans les détails à cet égard.

Les trois instants de fonctionnement sont définis comme suit :

Instant de fonctionnement 1 : au début du temps d'admission, lorsque la soupape d'échappement AV est ouverte et que la soupape d'admission EV vient d'être ouverte. Il s'agit ainsi d'un instant de fonctionnement qui, dans les moteurs à combustion interne classiques, se présente dans la zone du point mort haut et, dans  
5 les moteurs à combustion interne modernes, peut se présenter nettement après le point mort haut. Sa valeur de pression sert de valeur de référence pour les autres valeurs de pression, ainsi que cela va encore être exposé plus en détail.

Instant de fonctionnement 2 : au début de l'admission d'air frais, lorsque la soupape d'échappement AV vient d'être fermée et que la soupape d'admission EV est  
10 ouverte. Il s'agit donc d'un instant de fonctionnement situé entre le point mort haut et le point mort bas, cet instant de fonctionnement étant choisi de manière que le volume libre du cylindre soit rempli essentiellement exclusivement par les gaz d'échappement disponibles pour l'opération de combustion suivante. Cet instant de fonctionnement définit par conséquent la masse de gaz d'échappement maximale enfermée dans le  
15 cylindre (masse de gaz résiduel).

Instant de fonctionnement 3 : à la fin de l'admission d'air frais, lorsque la soupape d'admission vient d'être fermée et que la soupape d'échappement est fermée. Cet instant de fonctionnement est prévu de manière que le cylindre soit rempli par la quantité totale d'air frais et de gaz d'échappement. Il définit donc la  
20 masse de gaz totale qui est disponible dans le cylindre au début du temps de compression.

D'une manière avantageuse, les instants de fonctionnement 1 à 3 sont déterminés expérimentalement lors du calibrage du moteur à combustion interne et sont rangés en mémoire, par exemple sous forme de positions angulaires de vilebrequin, dans l'appareil de commande de fonctionnement (non représenté) du  
25 moteur.

A la figure 1, les instants de fonctionnement 1 à 3 sont indiqués schématiquement à l'aide de lignes en trait interrompu qui doivent représenter l'arrête supérieure du piston associé.

30 Sur le graphe de la figure 2, la pression  $p$  (en bars) est portée en fonction de l'angle de vilebrequin  $^{\circ}K$  pendant une partie du temps d'admission et du temps de compression du cylindre Z.  $0^{\circ}$  désigne le point mort bas situé entre le temps d'admission et le temps de compression. Les instants de fonctionnement 1, 2 et 3, qui sont déterminés par les positions de la soupape d'admission et la soupape  
35 d'échappement, sont situés, dans l'exemple de réalisation représenté, à environ respectivement  $-50^{\circ}$ ,  $-20^{\circ}$  et  $5^{\circ}$  par rapport au point mort bas ( $0^{\circ}$ ). Il s'agit donc d'un moteur à combustion interne moderne dans lequel la soupape d'admission s'ouvre

très tard, afin de ré-aspirer le plus possible de gaz d'échappement dans le cylindre. Dans le cas de moteurs à combustion interne classiques, dans lesquels la soupape d'admission s'ouvre beaucoup plus tôt, l'instant d'admission 1 serait donc décalé plus près du point mort haut OT.

5 Les valeurs de pression aux trois instants de fonctionnement 1, 2 et 3 peuvent maintenant être utilisées comme suit pour déterminer la masse d'air frais, la masse de gaz résiduels et la masse de gaz totale :

La pression, le volume, la température et la masse de gaz dans l'espace libre du cylindre Z sont désignés respectivement par  $P_x$ ,  $V_x$ ,  $T_x$  et  $m_x$ , x remplaçant l'instant  
10 de fonctionnement 1, 2 ou 3.

V peut se déterminer aux trois instants de fonctionnement en fonction de la position angulaire du vilebrequin et sur la base de la structure connue du moteur à combustion interne.

Comme déjà indiqué, p est mesuré par le capteur de pression D dans le  
15 cylindre Z.

T peut être mesuré au moyen d'un capteur de température, par exemple au moyen d'un "fil chaud" situé dans le capteur de pression ou être déterminé en fonction de la pression mesurée, au moyen de n'importe quel modèle de combustion comme on en connaît dans l'état de la technique.

20 m peut se calculer alors aux trois instants de fonctionnement au moyen d'une équation d'état des gaz thermique qui combine mathématiquement ces grandeurs entre elles. Dans le cas le plus simple, il est possible d'utiliser l'équation d'état thermique pour les gaz parfaits :

$$P_x \cdot V_x = m_x \cdot R \cdot T_x$$

25 dans laquelle R est la constante isentropique pour les gaz parfaits. On doit toutefois souligner le fait que, pour des résultats plus précis, des équations d'état thermique correspondantes pour des gaz réels devraient être utilisées, telles qu'elles sont connues dans l'état de la technique.

Pour une simplification supplémentaire, supposons en première approximation  
30 que les valeurs de T aux trois instants de fonctionnement 1, 2 et 3 sont identiques, ce qui est admissible dans la mesure où ces trois instants de fonctionnement sont situés dans les limites d'une zone de fonctionnement analogue en ce qui concerne l'opération de combustion.

Comme déjà indiqué, l'instant de fonctionnement 1 est utilisé en tant qu'instant  
35 de référence pour la suite du calcul.

Pour calculer la masse de gaz résiduels, les masses de gaz aux instants de fonctionnement 1 et 2 sont calculées en utilisant l'équation d'état thermique ci-dessus

et la supposition faite ci-dessus pour T, puis sont soustraites l'une de l'autre. On obtient ainsi :

$$\text{masse de gaz résiduel} = m_2 - m_1 = (P_2 \cdot V_2 - P_1 \cdot V_1)/R \cdot T_1$$

La masse de gaz résiduel constitue ainsi la quantité de gaz d'échappement qui est enfermée dans le cylindre Z du fait d'un recyclage intérieur ou extérieur de gaz d'échappement.

La masse de gaz totale à l'instant 3 est calculée comme suit en utilisant l'équation d'état ci-dessus et la supposition faite ci-dessus pour T :

$$m_3 = P_3 \cdot V_3/R \cdot T_3 = P_3 \cdot V_3/R \cdot T_1$$

Il s'agit là de la quantité totale de gaz présente dans le cylindre à la fin du temps d'admission, c'est-à-dire la quantité totale de gaz qui est disponible pour l'opération de combustion suivante et qui se compose de la masse d'air frais et de la masse de gaz résiduels.

La masse d'air frais peut alors se déterminer à partir de la différence entre la masse de gaz totale et la masse de gaz résiduels :

$$\text{masse d'air frais} = m_3 - (m_2 - m_1).$$

Comme indiqué, il s'agit là d'un exemple de calcul fortement simplifié au moyen duquel s'obtiennent toutefois des résultats utilisables en première approximation. Pour des résultats plus précis, il est possible d'utiliser une équation d'état thermique plus complexe et/ou des valeurs plus précises pour T.

Ainsi qu'il apparaît, grâce au procédé décrit, les trois paramètres que sont la masse d'air frais, la masse de gaz résiduels et la masse de gaz totale peuvent se déterminer d'une manière très simple pour les différents cylindres. Le procédé est exécuté en continu pendant le fonctionnement du moteur à combustion interne, de sorte que ces trois paramètres peuvent être utilisés par la commande électronique de fonctionnement du moteur en ce qui concerne le rendement, la consommation de carburant et les émissions de substances nocives.

### REVENDEICATIONS

1. Procédé permettant de déterminer la masse d'air frais, la masse de gaz résiduels et la masse de gaz totale dans un cylindre (Z) d'un moteur à combustion interne qui comprend au moins une soupape d'admission (EV) et au moins une
- 5 soupape d'échappement (AV), dans lequel,
- on mesure la pression ( $p$ ) dans le cylindre (Z) à trois instants de fonctionnement (1, 2, 3) pendant un temps d'admission, à savoir
- à un premier instant de fonctionnement (1) au début du temps d'admission, lorsque la soupape d'échappement (AV) est ouverte et que la soupape d'admission

10 (EV) vient d'être ouverte,

  - à un deuxième instant de fonctionnement (2) au début de l'aspiration d'air frais, lorsque la soupape d'échappement (AV) vient d'être fermée et que la soupape d'admission (EV) est ouverte, et
  - à un troisième instant de fonctionnement (3) à la fin de l'aspiration d'air frais,

15 lorsque la soupape d'admission (EV) vient d'être fermée et que la soupape d'échappement (AV) est fermée,

et dans lequel on utilise la pression ( $p_1$ ,  $p_2$ ) mesurée au premier et au deuxième instants de fonctionnement (1, 2) pour calculer la masse de gaz résiduels enfermés dans le cylindre (Z) au moyen d'une équation d'état thermique des gaz qui

20 combine la pression ( $p$ ), le volume ( $V$ ), la température ( $T$ ) et la masse de gaz ( $m$ ),

on utilise la pression ( $p_3$ ) mesurée au troisième instant de fonctionnement (3) pour calculer, au moyen de l'équation d'état thermique des gaz, la masse de gaz totale se trouvant dans le cylindre (Z) à la fin du temps d'aspiration et

on détermine la masse d'air frais à partir de la différence entre la masse de

25 gaz totale et la masse de gaz résiduels.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on l'exécute pour tous les cylindres (Z) du moteur à combustion interne.

3. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'on détermine expérimentalement les trois instants de fonctionnement (1, 2, 3)

30 lors du calibrage du moteur à combustion interne.

4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on range en mémoire les trois instants de fonctionnement (1, 2, 3), sous forme de positions angulaires de vilebrequin ( $^{\circ}$ K), dans un appareil de commande de fonctionnement du moteur à combustion interne.

35 5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on détermine la température ( $T$ ) dans le cylindre (Z) aux trois instants de fonctionnement (1, 2, 3) au moyen d'une mesure de température.

6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on détermine la température (T) dans le cylindre (Z) en fonction de la pression mesurée, au moyen d'un modèle de combustion.

5 7. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on suppose les valeurs de la température (T) être identiques aux trois instants de fonctionnement (1, 2, 3).

1/1

FIG 1

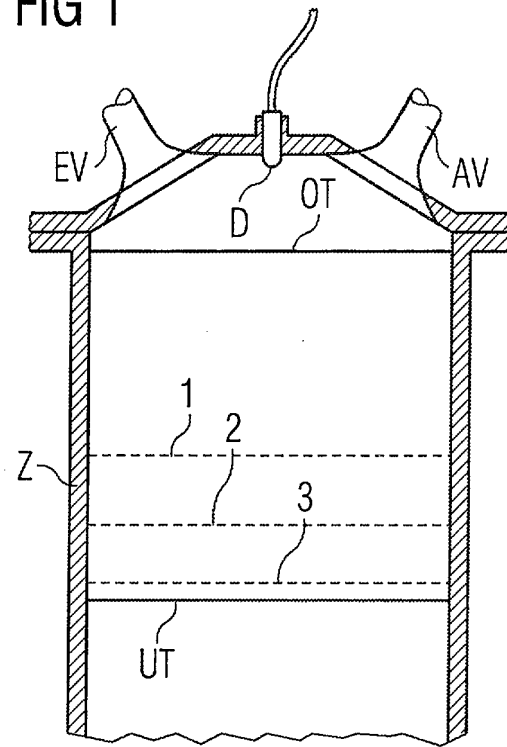


FIG 2

