

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
**INSTITUT NATIONAL
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
 PARIS

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

2 747 737

②1 N° d'enregistrement national : **97 04678**

⑤1 Int Cl⁶ : F 02 D 41/02, G 01 F 9/00, F 02 B 77/08

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 16.04.97.

③0 Priorité : 19.04.96 DE 19615542.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 24.10.97 Bulletin 97/43.

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) : DAIMLER BENZ
 AKTIENGESELLSCHAFT AKTIENGESELLSCHAFT
 — DE.

⑦2 Inventeur(s) : SCHERER MATTHIAS, GANSER
 THOMAS et WILCZEK RUDOLF.

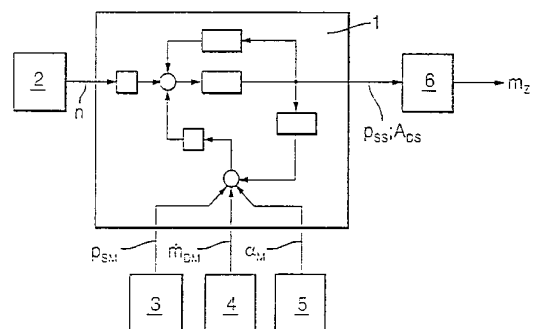
⑦3 Titulaire(s) : .

⑦4 Mandataire : REGIMBEAU.

⑤4 DISPOSITIF POUR DETERMINER LA CHARGE D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE.

⑤7 Dans ce dispositif comportant un canal envoyant une information (n) de la vitesse de rotation du moteur, un capteur mesurant la pression (p_s) dans la tubulure d'aspiration et un capteur (4) du débit massique d'air en amont d'un papillon des gaz et un capteur (5) de l'angle du papillon des gaz, comprend un filtre Kalman (1) recevant la vitesse de rotation (n) du moteur et la pression (p_s), le débit massique d'air (m_a) et/ou l'angle (α) du papillon des gaz en tant que grandeurs de mesure, et qui forme des valeurs estimées de la pression dans la tubulure d'aspiration et du débit massique d'air, avec lesquelles est déterminée pour chaque cycle une masse d'air (m_z) pénétrant dans chaque cylindre du moteur.

Application notamment aux moteurs à combustion interne de véhicules automobiles.



FR 2 747 737 - A1



L'invention concerne un dispositif pour déterminer la charge d'un moteur à fonction interne, comportant un canal d'entrée pour l'envoi d'une information concernant la vitesse de rotation du moteur, ainsi que un capteur pour mesurer la pression dans la tubulure d'aspiration et/ou un capteur du débit massique d'air, disposé en amont d'un papillon des gaz, et/ou un capteur de l'angle du papillon des gaz.

Avec de tels dispositifs, il faut déterminer d'une manière aussi précise que possible pour chaque point de fonctionnement du moteur, la masse d'air qui parvient pendant chaque cycle de travail dans un cylindre respectif du moteur, c'est-à-dire la charge, de manière à pouvoir injecter de façon précise la quantité de carburant correcte associée, afin d'obtenir un rapport optimum de mélange entre l'air et le carburant et par conséquent un processus optimum de combustion. Etant donné que la masse d'air pénétrant dans le cylindre respectif ne peut pas être mesurée directement, la détermination de la charge du moteur doit s'effectuer indirectement par l'intermédiaire de grandeurs physiques qui y sont associées. Ces grandeurs incluent la pression dans la tubulure d'aspiration, le débit massique d'air du papillon d'étranglement mesuré en amont de ce dernier, et l'angle du papillon d'étranglement, et ce respectivement en liaison avec la vitesse de rotation instantanée du moteur. Comme capteur du débit massique d'air disposé du côté du papillon d'étranglement, on utilise la plupart du temps ce qu'on appelle un appareil de mesure de masse d'air à film chaud.

Alors que dans le fonctionnement stationnaire du moteur, la détermination de la charge du moteur pose moins de problèmes, des problèmes supplémentaires apparaissent pour cette détermination dans le cas du fonctionnement non stationnaire en raison du comportement dynamique des composants participants du moteur, notamment de la tubulure

d'aspiration et du système de détection du moteur. Ainsi par exemple la mesure aussi bien du débit massique d'air du papillon des gaz que de la pression dans la tubulure d'aspiration sont perturbés par des composantes d'oscillations harmoniques auxquelles contribuent notamment le déplacement des pistons dans les différents cylindres, des influences de circulation dans les ouvertures des soupapes et les caractéristiques acoustiques de la tubulure d'aspiration. Le procédé usuel pour obtenir une valeur non pulsatoire de la charge du moteur consiste en une formation de la valeur moyenne sur plusieurs mesures, dont le nombre dépend de la fréquence de la pulsation à supprimer. Pour les mesures individuelles, on utilise comme grandeur de mesure pour la masse d'air qui pénètre dans le moteur, par exemple le débit massique d'air au niveau du papillon des gaz, en évaluant la durée d'ouverture des soupapes d'admission et en l'utilisant, à l'état corrigé par un champ de caractéristiques qui dépend de la vitesse de rotation. Sinon, l'angle du papillon des gaz est utilisé en liaison avec un champ de caractéristiques de la vitesse de rotation de l'angle du papillon des gaz avec la pression dans la tubulure d'aspiration en liaison avec la vitesse de rotation instantanée du moteur pour la détermination de la charge. De tels procédés de détermination de la charge, assistés par des champs de caractéristiques, requièrent en général une dépense élevée d'application dans les appareils de commande du moteur. Alors que dans le cas stationnaire, la formation de la valeur moyenne peut fournir des résultats satisfaisants, dans le cas non stationnaire, en raison de la présence du comportement de filtre passe-bas, elle fournit des valeurs retardées et par conséquent affectées de façon correspondante d'une erreur. Dans le cas de l'utilisation de la mesure du débit massique d'air au niveau du papillon des gaz pour la détermination de la charge du moteur, il existe une autre source d'erreurs dans

des situations dans lesquelles on a une variation brusque de la position du papillon des gaz. En effet une telle ouverture ou fermeture brusque du papillon des gaz conduit à un débit massique d'air qui augmente ou diminue rapidement et qui se manifeste uniquement en partie par une modification correspondante de la masse d'air pénétrant dans les cylindres, mais d'autre part conduit à une variation de la pression dans la tubulure d'aspiration.

Dans la technique de commande et de régulation il est connu d'une manière générale d'utiliser ce qu'on appelle un filtre Kalman pour obtenir des valeurs estimées pour des grandeurs d'état intéressantes. Un tel filtre Kalman modélise le processus réel à l'aide d'un algorithme prédéterminé de filtrage, et à cet effet à l'entrée du filtre sont envoyées en tant que grandeurs garanties, ce qu'on appelle des grandeurs d'entrée, la plupart du temps des grandeurs de réglage du processus, et, en tant que grandeurs non garanties, ce qu'on appelle des grandeurs de mesure, la plupart du temps des grandeurs détectées au niveau du processus. La modélisation peut s'effectuer d'une manière linéaire ou bien d'une manière non linéaire à l'aide de ce qu'on appelle un filtre Kalman étendu. En ce qui concerne les détails des caractéristiques de filtres Kalman, on se réfèrera à cet endroit à la littérature concernant ce sujet.

Dans la demande de brevet allemand publiée DE 41 22 391 A1, on propose l'utilisation d'un filtre Kalman pour déterminer la vitesse de rotation du moteur sur la base d'un angle de position, mesuré par un capteur de position, de manière à pouvoir se passer de l'utilisation d'un capteur mécanique de la vitesse de rotation. Dans la demande de brevet allemand publiée DE 34 16 812 A1 on indique d'une manière générale l'utilisation d'un filtre Kalman pour régler des grandeurs de processus dans des véhicules automobiles, la régulation de la vitesse de

déplacement ou l'angle de rotation à vide étant indiqué en tant que but d'utilisation concret.

Dans la demande de brevet publiée DE 43 41 132 A1 on décrit un dispositif d'estimation du rapport air/carburant pour des moteurs à combustion interne à plusieurs cylindres, dans lequel une estimation du rapport air/carburant est réalisée conformément à des équations modèles d'un filtrage Kalman, par une unité de calcul d'une unité de régulation. Comme grandeur de mesure primaire, dans ces équations de modèle, on utilise le signal de sortie d'un capteur du rapport air/carburant, dont le détecteur est disposé en général dans la section des gaz d'échappement de tous les cylindres et dont le signal de détection représente par conséquent un rapport air/carburant, déterminé de façon indirecte par l'intermédiaire de la concentration de l'oxygène des gaz d'échappement et représentant une valeur moyenne sur tous les cylindres. Comme autres signaux de détection, l'unité de régulateur reçoit les signaux d'un capteur de la position du papillon des gaz, d'un capteur de la pression dans la tubulure d'aspiration et d'un capteur de l'angle du vilebrequin.

Dans la demande de brevet allemand publiée DE 41 00 006 A1, on indique l'utilisation d'un filtre Kalman dans un appareil de mesure du débit massique, comportant un tube de mesure agissant en tant que convertisseur de Coriolis. Le signal de mesure est traité à l'aide du filtre Kalman pour l'obtention d'une valeur estimée pour le débit massique.

Dans un dispositif décrit dans la demande de brevet allemand publiée DE 39 34 498 A1 et servant à régler l'envoi de carburant pour un moteur à combustion interne, la quantité d'air aspirée effectivement dans les cylindres, en particulier pendant des phases de fonctionnement avec une accélération rapide, est estimée par le fait qu'une unité de régulation produit un signal de correction de la

quantité d'air aspirée, en fonction de la variation du signal de sortie d'un capteur de la position du papillon d'étranglement et corrige le signal de sortie d'un capteur de la quantité d'air, et ce d'une quantité d'air d'aspiration de correction.

Un appareil de commande, indiqué dans la demande de brevet allemand publiée DE 44 22 184 A1, pour des véhicules automobiles, possède une unité de calcul pour calculer la masse d'air, qui pénètre dans un cylindre d'un moteur à combustion interne, sur la base de relations analytiques, dans lesquelles la pression dans la tubulure d'aspiration et/ou le débit massique d'air du papillon des gaz représentent des paramètres de fonctionnement calculés et des paramètres de fonctionnement supplémentaires mesurés. L'algorithme est agencé de telle sorte qu'il se corrige lui-même en fonction de la différence entre la valeur calculée et la valeur mesurée du paramètre de fonctionnement.

L'invention a pour but technique de préparer un dispositif de détermination de la charge du moteur du type décrit plus haut, qui permette, moyennant une dépense comparativement faible, une détermination fiable de la charge du moteur également dans le fonctionnement non stationnaire.

Le problème est résolu conformément à l'invention moyennant l'utilisation d'un dispositif de détermination de la charge du moteur à l'aide d'un filtre Kalman, auquel sont envoyées la vitesse de rotation du moteur en tant que grandeur d'entrée et au moins l'une des trois grandeurs : pression dans la tubulure d'aspiration, débit massique d'air au niveau du papillon des gaz et angle du papillon des gaz en tant que grandeurs de mesure mesurées par des capteurs respectifs, et qui détermine, à partir de là, des valeurs estimées pour les grandeurs : pression dans la tubulure d'aspiration et débit massique d'air au niveau du

papillon des gaz, à l'aide desquelles est déterminée la masse d'air, qui pénètre pendant chaque cycle de travail dans un cylindre respectif du moteur.

Ce dispositif utilise, pour la détermination de
5 la charge du moteur, un filtre Kalman auquel sont envoyées, comme grandeurs d'entrée, au moins la vitesse de rotation du moteur et, en tant que grandeurs de mesure mesurées par les capteurs respectifs, une ou plusieurs des trois gran-
10 deurs que sont la pression dans la tubulure d'aspiration, le débit massique d'air au niveau du papillon d'étranglement et l'angle du papillon d'étranglement. A partir de là le filtre Kalman reçoit, sur la base d'une équation appropriée de modèle et de l'algorithme connu en soi du filtre Kalman, des valeurs estimées pour les grandeurs que sont la
15 pression dans la tubulure d'aspiration et le débit massique d'air au niveau du papillon des gaz, la grandeur indiquée en dernier lieu étant obtenue de façon appropriée d'une manière indirecte à partir de valeurs estimées de la section transversale efficace d'écoulement au niveau du papil-
20 lon des gaz. Il s'avère qu'avec un filtre Kalman agencé de cette manière, on peut déterminer des valeurs fiables de charge du moteur également dans le cas du fonctionnement non stationnaire, et ce même dans le cas de la défaillance d'un ou de deux des trois capteurs servant à mesurer la
25 pression dans la tubulure d'aspiration, le débit massique d'air au niveau du papillon des gaz et l'angle du papillon des gaz. Alors que dans le cas de systèmes usuels, par exemple une défaillance du capteur de l'angle du papillon des gaz conduirait à une défaillance de commande du moteur,
30 le dispositif selon l'invention permet également dans ce cas de réaliser encore une détermination dynamique fiable de la charge du moteur sur la base d'un capteur encore intact de la pression dans le tube d'aspiration ou d'un capteur encore intact du débit massique d'air au niveau du
35 papillon des gaz.

Dans une variante de réalisation de l'invention, on utilise, comme grandeurs d'état dans le filtre Kalman, la pression dans la tubulure d'aspiration, la section transversale effective d'écoulement au niveau du papillon des gaz, la dérivée ainsi que le débit massique au niveau du papillon des gaz et, en tant que grandeurs de mesure, la pression mesurée dans la tubulure d'aspiration, l'angle mesuré du papillon des gaz et le débit massique d'air mesuré au niveau du papillon des gaz, la section transversale effective d'écoulement au niveau du papillon des gaz étant traitée en tant que grandeur parasite corrélée dans le temps.

Il s'avère qu'avec cette forme de réalisation du filtre Kalman, on peut obtenir des valeurs très précises et fiables de la charge du moteur, en particulier également dans le cas de variations rapides de la charge dans un fonctionnement non stationnaire.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description donnée ci-après prise en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique, sous la forme d'un schéma-bloc, d'un dispositif pour déterminer, d'une manière corrigée de façon dynamique, la charge d'un moteur à combustion interne moyennant l'utilisation d'un filtre Kalman;

- la figure 2 montre une représentation schématique d'un cylindre d'un moteur à combustion interne, comportant une zone associée d'aspiration pour illustrer le système de capteurs utilisé par le dispositif de la figure 1;

- la figure 3 représente des diagrammes pour les grandeurs que sont la pression dans la tubulure d'aspiration, la section transversale effective d'écoulement et le débit massique d'air au niveau du papillon des gaz, en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre du vilebre-

quin, pour une variation positive brusque de la charge du moteur, pour la comparaison de valeurs estimées et mesurées, dans l'hypothèse de capteurs corrects;

5 - la figure 4 montre une représentation correspondant à la figure 3, mais dans l'hypothèse où un capteur de la pression de la tubulure d'aspiration est défectueux;

- la figure 5 montre une représentation correspondant à la figure 3, moyennant l'hypothèse où un capteur de l'angle du papillon des gaz est défectueux;

10 - la figure 6 montre une représentation correspondant à la figure 3, moyennant l'hypothèse où un appareil de mesure du débit massique d'air à film chaud est défectueux; et

15 - la figure 7 montre une représentation correspondant à la figure 3, moyennant l'hypothèse où un appareil de mesure de débitmètre d'air à film chaud est défectueux et où un capteur de l'angle du papillon des gaz est défectueux.

20 Comme cela est représenté sur la figure 1, le dispositif servant à déterminer de façon dynamique la charge du moteur contient, comme élément central, un filtre Kalman 1, auquel est envoyé, comme grandeur d'entrée garantie, la vitesse de rotation n du moteur, qui est déterminée par un capteur correspondant 2 de la vitesse de rotation du
25 moteur. Sinon, l'information sur la vitesse de rotation du moteur peut être également obtenue indirectement et être envoyée au filtre Kalman 1, selon l'un des modes usuels. Le filtre Kalman 1 est intégré d'une manière pouvant être exécutée par le spécialiste, dans un appareil de commande du
30 moteur, ce sur quoi il n'est pas nécessaire de revenir ici de façon plus détaillée. Comme grandeurs de mesure on utilise, pour le filtre Kalman, la pression p_s d'aspiration dans la tubulure d'aspiration, le débit massique d'air \dot{m}_D au niveau du papillon des gaz et l'angle α du papillon des
35 gaz. Le filtre Kalman 1 reçoit les informations correspon-

dantes du signal de mesure de la part d'un capteur 3 de la pression dans la tubulure d'aspiration, d'un appareil 4 de mesure de la masse d'air à film chaud, disposé en amont du papillon des gaz, et un potentiomètre 5 du papillon des gaz, qui détecte l'angle du papillon des gaz.

Sur la figure 2, ces grandeurs de mesure sont représentées dans la gamme considérée d'aspiration ainsi que le système de capteurs pour un cylindre 7 du moteur à combustion interne, dont la charge est déterminée par le dispositif de la figure 1. L'angle de réglage α d'un papillon des gaz 9 situé dans la tubulure d'aspiration 8 est mesuré par le potentiomètre mentionné du papillon des gaz. Le débit massique d'air \dot{m}_D , qui est présent en amont du papillon des gaz, est détecté par l'appareil de mesure de la masse d'air à film chaud 4, présent en cet endroit, tandis que la pression p_S est mesurée dans la tubulure d'aspiration 8 par le capteur associé de la pression dans la tubulure d'aspiration. Comme mesure de la charge respective du moteur, on cherche à déterminer la masse d'air m_Z , qui pénètre dans la chambre de combustion du cylindre lors de chaque cycle de travail. Pour cette masse d'air, dans l'hypothèse plausible de changements isothermes d'état dans le tube d'aspiration 8, on a la relation :

$$m_Z = m_D + k.(P_{Se} - P_{Sa}),$$

m_D représentant la masse d'air introduite lors de chaque cycle de travail par l'intermédiaire du papillon des gaz 9, p_{Se} la pression dans la tubulure d'aspiration à la fin du cycle de travail et p_{Sa} la pression dans le tube d'aspiration au début du cycle de travail, tandis que k est un facteur de proportionnalité qui dépend du volume de la tubulure d'aspiration et de la température de la tubulure d'aspiration. Les grandeurs intéressantes pour la détermination de la charge du moteur sont par conséquent le débit massique d'air \dot{m}_D du papillon des gaz et la pression p_S dans la tubulure d'aspiration.

Le filtre Kalman 1 est agencé de manière à estimer ces deux grandeurs indiquées en dernier lieu. La structure générale connue en soi d'un filtre Kalman est indiquée simplement sur la figure 1, et pour plus de détails on se reportera à la littérature concernée. Le filtre Kalman modélise des grandeurs d'état du processus, dont la variation dans le temps est représentée en tant que somme d'une fonction, qui dépend des grandeurs d'état et des grandeurs d'entrée, ici la vitesse de rotation n du moteur, et d'un terme stochastique, qui prend en compte les influences perturbatrices. Des valeurs estimées de grandeurs de mesure, qui sont comparées aux valeurs associées, effectivement mesurées, sont déterminées à partir des valeurs des grandeurs d'état. La différence fournie par la comparaison est pondérée, au moyen d'une matrice de pondération, par des facteurs variables d'amplification de Kalman et est renvoyée pour l'obtention de valeurs améliorées des grandeurs d'état.

Dans le présent exemple, on choisit un vecteur de grandeur d'état à quatre composantes, les composantes étant la pression p_S dans la tubulure d'aspiration, la section transversale effective A_D du papillon d'étranglement et sa dérivée dans le temps A'_D ainsi que le débit massique d'air \dot{m}_D du papillon des gaz sous la forme du signal modélisé de l'appareil de mesure de masse d'air à film chaud. Comme grandeur individuelle d'entrée on utilise la vitesse de rotation n du moteur, tandis que le vecteur de mesure à trois composantes est constitué par les composantes formées par la pression mesurée p_{SM} dans la tubulure d'aspiration, l'angle mesuré α_{DM} du papillon des gaz et le signal de mesure respectif \dot{m}_{DM} de l'appareil de mesure de la masse d'air à film chaud. Comme équations dynamiques modèles, dans lesquelles on prend en compte le comportement déterministe et le comportement parasite et stochastique, on choisit le système suivant d'équations pour les quatre compo-

santes $(x_1, x_2, x_3, x_4)^T = (p_S, A_D, A'_D, \dot{m}_D)^T$ du vecteur d'état :

$$x'_1 = k_1 \cdot \psi(x_1) \cdot x_2 - k_2 \cdot \eta(x_1, n) + w_p$$

$$x'_2 = x_3$$

$$5 \quad x'_3 = -x_3 / \tau + w_A$$

$$x'_4 = k_3 \cdot x_4 + k_4 \cdot \psi(x_1) \cdot x_2 + w_H$$

ψ représentant la fonction de passage, qui reproduit la relation entre le débit massique d'air (\dot{m}_D) au du papillon des gaz et la section transversale effective d'écoulement A_D au niveau du papillon des gaz en tenant compte du papillon des gaz en tant que point d'étranglement idéal, en fonction de la pression dans la tubulure d'aspiration, de la pression intermédiaire et de la constante adiabatique, et η étant une fonction bilinéaire, qui décrit le débit massique d'air aspiré par le moteur en fonction de la pression dans la tubulure d'aspiration et de la vitesse de rotation du moteur. D'autre part, dans le système d'équations indiqué plus haut, les termes w_p , w_A et w_H représentent des bruits de mesure blancs respectifs, τ est une constante de temps de corrélation et k_1 à k_4 sont des facteurs appropriés de proportionnalité, qui sont affectés d'une dimension.

A partir d'équations fournissant la section transversale effective A_D d'écoulement du papillon des gaz, on voit que cette grandeur est traitée en tant qu'une grandeur de bruit corrélée, ce qui représente une hypothèse plausible. Ce traitement de la section transversale effective d'écoulement A_D s'avère avantageux. Sinon, il faudrait envisager de traiter cette grandeur en tant que grandeur d'entrée garantie, en fonction de la vitesse de rotation n du moteur, ce qui ne fournit en général plus la possibilité d'estimer cette information dans le filtre Kalman 1 éventuellement à partir d'autres grandeurs de mesure.

Les relations entre les valeurs obtenues des grandeurs d'état et les grandeurs de mesure estimées, qui

en résultent, sont représentées d'une manière synchrone avec le vilebrequin, au niveau des positions angulaires respectives φ_i du vilebrequin, au moyen du système d'équations suivants :

$$5 \quad p_{SS}(\varphi_i) = x_1(\varphi_i) \cdot [1 + A_p \cdot \cos(\omega_p + \varphi_A)] + v_p(\varphi_i)$$

$$\alpha_{DS}(\varphi_i) = a_4 \cdot x_2(\varphi_i) + a_3 \cdot x_2^{0,75}(\varphi_i) + a_2 \cdot x_2^{0,5}(\varphi_i) + a_1 \cdot x_2^{0,25}(\varphi_i) + a_0 + v_\alpha(\varphi_i)$$

$$m_{DS}(\varphi_i) = x_4(\varphi_i) \cdot [1 + A_m \cdot \cos(\omega_D \cdot \cos(\omega_D \cdot \varphi_i + \varphi_a))] + v_D(\varphi_i)$$

10 A_p est l'amplitude, rapportée à la valeur moyenne, des pulsations de pression dans la tubulure d'aspiration, possédant la fréquence ω_p , tandis que, de façon analogue, A_m désigne l'amplitude, rapportée à la valeur moyenne, des oscillations de la masse d'air au

15 de mesure est pris en compte avec les termes additionnels respectifs v_p , v_α et v_D . φ_p et φ_a désignent les déphasages respectifs des pulsations de pression ou des oscillations de la masse d'air. Les constantes a_1 à a_4 sont des coefficients de développement. Par conséquent, en dehors du bruit

20 de mesure, on prend également en compte les perturbations déterministes pulsatoires, qui agissent sur le signal de pression et le signal de la masse d'air. Les amplitudes, fréquences et déphasages de ces perturbations peuvent être déterminés par exemple par des analyses de séries tempo-

25 relles de mesures au banc d'essai.

Le filtre Kalman 1 agencé comme cela a été décrit fournit par conséquent des valeurs estimées directes de la pression p_S dans la tubulure d'aspiration et de la section transversale effective d'écoulement A_D au niveau du papillon des gaz, à partir de laquelle on obtient de façon indirecte une valeur estimée du débit massique d'air \dot{m}_D au

30 niveau du papillon des gaz. A partir de ces grandeurs estimées, un étage aval de calcul 6 détermine alors la valeur, qui est recherchée pour la détermination de la charge du

35 moteur, de la masse d'air m_Z , qui pénètre pendant le cycle

de travail dans la chambre de combustion d'un cylindre individuel, conformément à la relation indiquée plus haut.

Sur les figures 3 à 7, on a représenté des résultats pour le dispositif agencé comme cela a été décrit plus haut pour la détermination de la charge du moteur, qui illustrent la qualité de la détermination de charge, corrélée de façon dynamique, sur la base d'une variation brusque supposée de la charge dans le cas d'une vitesse de rotation du moteur de 1500 tr/mn. On a représenté respectivement trois diagrammes, sur lesquels on a représenté la pression p_S dans la tubulure d'aspiration, la section transversale effective d'écoulement A_D au niveau du papillon des gaz et le débit massique d'air \dot{m}_D au niveau du papillon des gaz respectivement en fonction du nombre des rotations AK_u du vilebrequin. Les courbes caractéristiques p_{SS} , A_{DS} , \dot{m}_{DS} , qui sont repérées par l'index supplémentaire "S", représentent, dans ces diagrammes, la valeur estimée obtenue respectivement au moyen du filtre Kalman, tandis que les courbes caractéristiques p_{SM} , A_{DM} , \dot{m}_{DM} , repérées par l'indice supplémentaire "M", représentent des valeurs de mesure effectivement mesurées par le système de capteur considéré. En ce qui concerne la section transversale d'écoulement A_D au niveau du papillon des gaz, il s'agit du signal du capteur de l'angle du papillon des gaz, les deux grandeurs étant liées selon une relation nette réversible, qui peut être obtenue par exemple de façon empirique et être représentée par un polynôme du quatrième ordre.

La figure 3 représente le cas où tous les capteurs fonctionnent correctement. Les valeurs de mesure p_{SM} , A_{DM} , \dot{m}_{DM} , qui sont fournies par les capteurs, représentent les pulsations dynamiques caractéristiques. Il est manifeste que ces pulsations, qui perturbent la détermination précise de la charge du moteur, sont éliminées dans les valeurs estimées p_{SS} , A_{DS} , \dot{m}_{DS} reçues par le filtre Kalman.

1. Simultanément, ces valeurs estimées p_{SS} , A_{DS} , \dot{m}_{DS} prove-

nant du filtre Kalman possèdent un comportement correct dans le temps du point de vue dynamique, et ce notamment également pendant la phase d'alternance de charge, comme cela est visible sur la figure 3 par le fait que les

5 courbes caractéristiques considérées des valeurs estimées suivent sans aucun retard, également pendant cette phase de fonctionnement, la courbe caractéristique associée respective de la valeur de mesure. Au contraire, les courbes caractéristiques p_{SG} , \dot{m}_{DG} , reproduites à titre de comparai-

10 son dans les diagrammes supérieur et inférieur, de valeurs de mesure moyennes obtenues de façon usuelle au moyen d'un filtrage passe-bas présentent, pendant la phase de la variation brusque de charge, un retardement erroné. Pendant les phases stationnaires de fonctionnement, les valeurs

15 estimées respectives sont situées de façon correcte au niveau de la valeur moyenne des valeurs de mesure pulsatoires des capteurs.

Sur les figures 4 à 7, on voit que, même dans le cas d'une défaillance d'un ou de plusieurs capteurs, avec

20 lesquels les grandeurs de mesure sont détectées, le dispositif de la figure 1 permet d'obtenir des valeurs estimées tout à fait utilisables et par conséquent en définitive encore en permanence une détermination satisfaisante de la charge du moteur. La figure 4 représente le cas d'un cap-

25 teur défectueux de la pression dans la tubulure d'aspiration. Par conséquent, en tant que signal de sortie p_{SM} de ce capteur on suppose l'existence d'un signal constant affecté de bruit, comme cela est représenté dans le diagramme le plus élevé. Pour la comparaison, on a représenté

30 ici en supplément une courbe caractéristique p_{SK} , qui représente le signal qui serait délivré par la pression dans la tubulure d'aspiration, en fonctionnement. Sur les diagrammes de la figure 4 on peut constater que les valeurs estimées p_{SS} , A_{DS} , \dot{m}_{DS} fournies par le filtre sont encore

35 toujours suffisamment précises en dépit du signal défec-

tueux du capteur défectueux de la pression dans la tubulure d'aspiration, même dans le cas de la variation brusque de charge représentée, comme le montre la comparaison avec les signaux des capteurs qui fonctionnent. En particulier, en 5 dépit du signal défectueux du capteur de pression, on obtient une valeur estimée correcte pour la pression dans la tubulure d'aspiration.

La figure 5 représente un cas, qui est analogue à celui de la figure 4 et dans lequel, à la place d'un cap- 10 teur défectueux de la pression dans la tubulure d'aspiration, on suppose l'existence d'un capteur défectueux de l'angle du papillon des gaz avec un niveau de signal parasité constant correspondant A_{DM} pour la section transversale effective d'écoulement au niveau du papillon des gaz. 15 Ici également on obtient cependant des valeurs estimées p_{SS} , A_{DS} , \dot{m}_{DS} suffisamment précises au moyen du filtre Kalman 1, auquel cas à nouveau à des fins de comparaison le signal A_{DK} , que l'on obtiendrait dans le cas d'un capteur de l'angle du papillon des gaz fonctionnant correctement, 20 est reproduit dans le diagramme central.

La figure 6 représente le cas d'un appareil défectueux de mesure de la masse d'air à film chaud comportant un niveau de signal parasité constant correspondant \dot{m}_{DM} . En outre les valeurs estimées p_{SS} , A_{DS} , \dot{m}_{DS} fournies 25 par le filtre Kalman 1 reproduisent très bien les valeurs de mesure p_{SM} , A_{DM} des capteurs pour la pression dans la tubulure d'aspiration et la section transversale d'écoulement au niveau du papillon des gaz, tout en évitant les pulsations de ces valeurs. De même le signal \dot{m}_{DK} , qui est à 30 nouveau reproduit à des fins de comparaison, d'un appareil de mesure de masse d'air à film chaud travaillant correctement est reproduit de façon satisfaisante au moyen de la valeur estimée correspondante \dot{m}_{DS} , tout en évitant les pulsations parasites.

35 La figure 7 représente le cas où aussi bien

l'appareil de mesure de la masse d'air à film chaud que le capteur de l'angle du papillon des gaz sont défectueux, ce qui est à nouveau représenté par des niveaux de signaux parasités constants correspondants \dot{m}_{DM} , A_{DM} . Alors que, dans le cas des procédés usuels de détermination de la charge du moteur, une telle défaillance du capteur de l'angle du papillon des gaz conduirait à une défaillance de la commande du moteur et par conséquent à l'arrêt du moteur, sur la figure 7 on voit que le dispositif de la figure 1 fournit, à l'aide du filtre Kalman 1, encore toujours des valeurs estimées suffisamment précises p_{SS} , A_{DS} , m_{DS} pour la pression dans la tubulure d'aspiration, la section transversale effective d'écoulement au niveau du papillon des gaz et le débit massique d'air au niveau du papillon des gaz, de sorte la détermination de la charge du moteur reste encore possible dans ce cas, dans lequel parmi les trois capteurs, seul encore le capteur de la pression dans la tubulure d'aspiration est apte à fonctionner.

Avec le dispositif représenté, il est par conséquent possible, en utilisant l'algorithme d'estimation mis en oeuvre de façon appropriée dans un filtre Kalman, d'obtenir une détermination satisfaisante de la charge du moteur, corrigée de façon dynamique, non seulement pendant le fonctionnement stationnaire du moteur, mais également pendant les phases non stationnaires de fonctionnement avec une bonne précision, sans qu'il faille appliquer à cet effet, d'une manière compliquée, diverses courbes caractéristiques, la détermination même de la charge du moteur étant encore possible lorsqu'un ou deux des trois capteurs sont défectueux.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif pour déterminer la charge d'un moteur à fonction interne, comportant

- un canal d'entrée pour l'envoi d'une information (n) concernant la vitesse de rotation du moteur, ainsi que
- un capteur pour mesurer la pression (p_S) dans la tubulure d'aspiration et/ou un capteur (4) du débit massique d'air, disposé en amont d'un papillon des gaz (9), et/ou un capteur (5) de l'angle du papillon des gaz,

caractérisé par

- un filtre Kalman (1), auquel sont envoyées la vitesse de rotation (n) du moteur en tant que grandeur d'entrée et au moins l'une des trois grandeurs : pression (p_S) dans la tubulure d'aspiration, débit massique d'air (\dot{m}_D) au niveau du papillon des gaz et angle (α) du papillon des gaz en tant que grandeurs de mesure mesurées par des capteurs respectifs, et qui détermine, à partir de là, des valeurs estimées (p_{SS} , \dot{m}_{DS}) pour les grandeurs : pression dans la tubulure d'aspiration et débit massique d'air au niveau du papillon des gaz, à l'aide desquelles est déterminée la masse d'air (m_Z), qui pénètre pendant chaque cycle de travail dans un cylindre respectif du moteur.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en outre en ce qu'on utilise, comme grandeurs d'état dans le filtre Kalman (1), la pression (p_S) dans la tubulure d'aspiration, la section transversale effective d'écoulement (A_D) au niveau du papillon des gaz, la dérivée (A'_D) ainsi que le débit massique (\dot{m}_D) au niveau du papillon des gaz et, en tant que grandeurs de mesure, la pression mesurée dans la tubulure d'aspiration, l'angle mesuré du papillon des gaz et le débit massique d'air mesuré au niveau du papillon des gaz, la section transversale effective d'écoulement (A_D) au niveau du papillon des gaz étant traitée en tant que grandeur parasite corrélée dans le temps.

1/6

Fig. 1

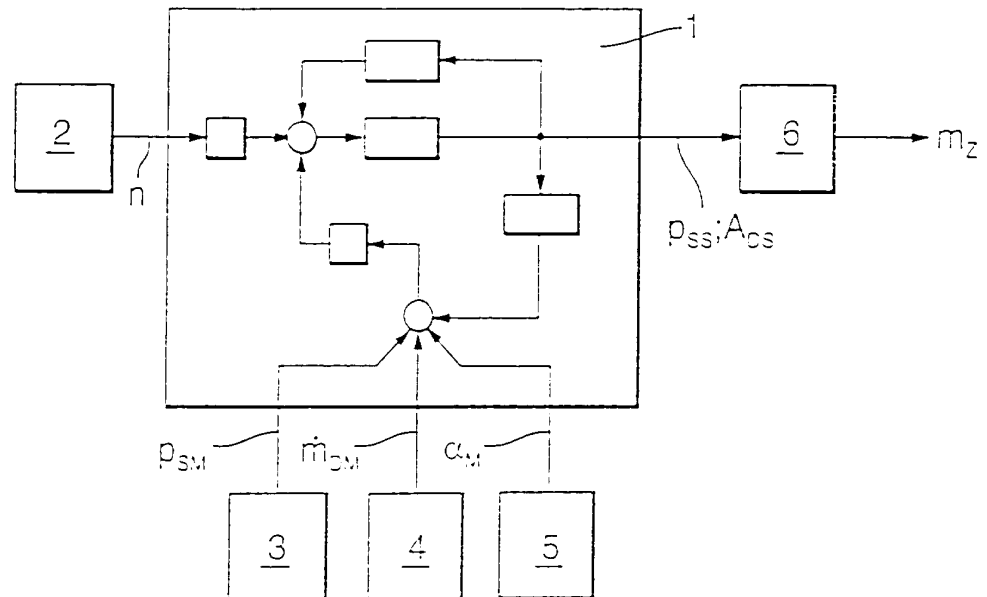


Fig. 2

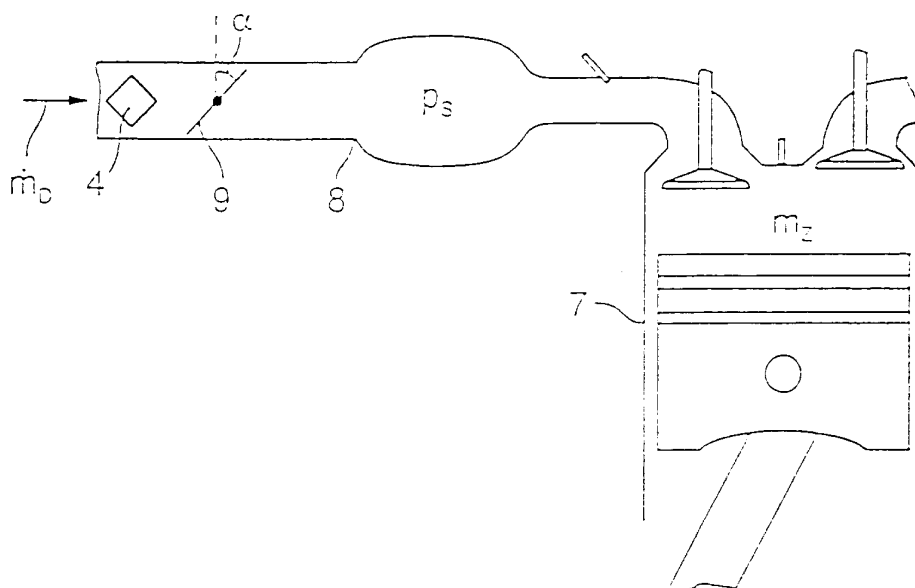


Fig. 3

Variation brusque de la charge à 1500 tr/mn

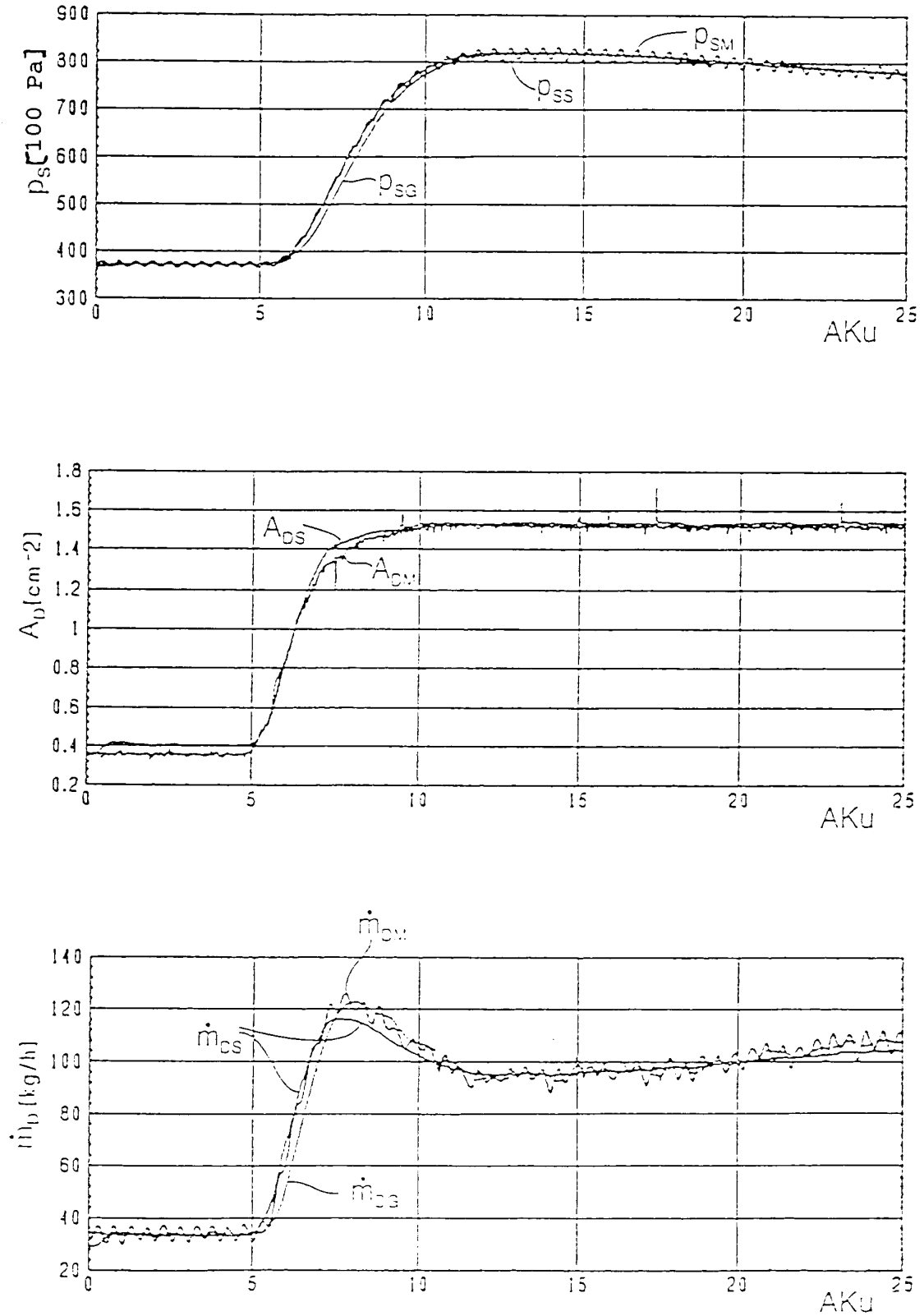
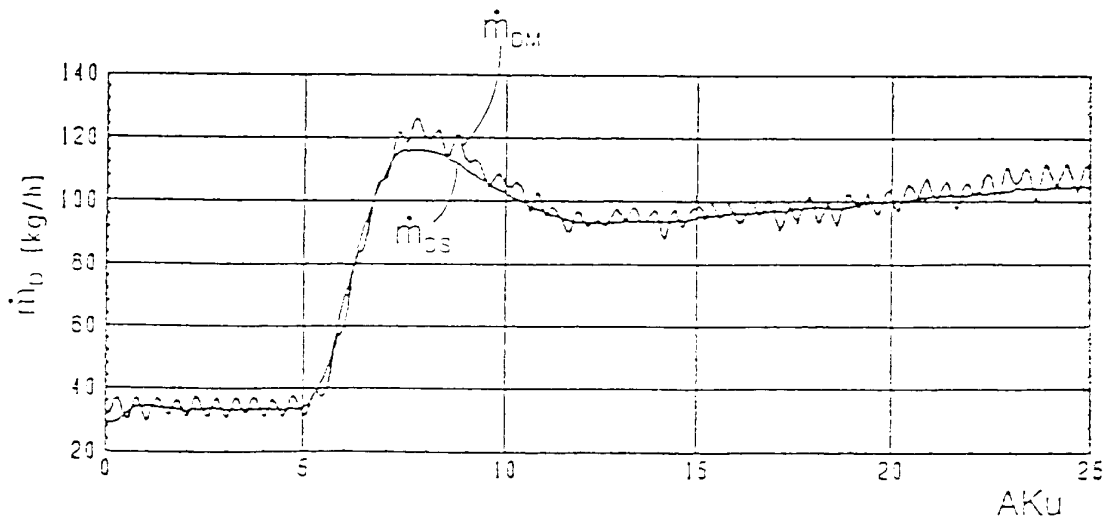
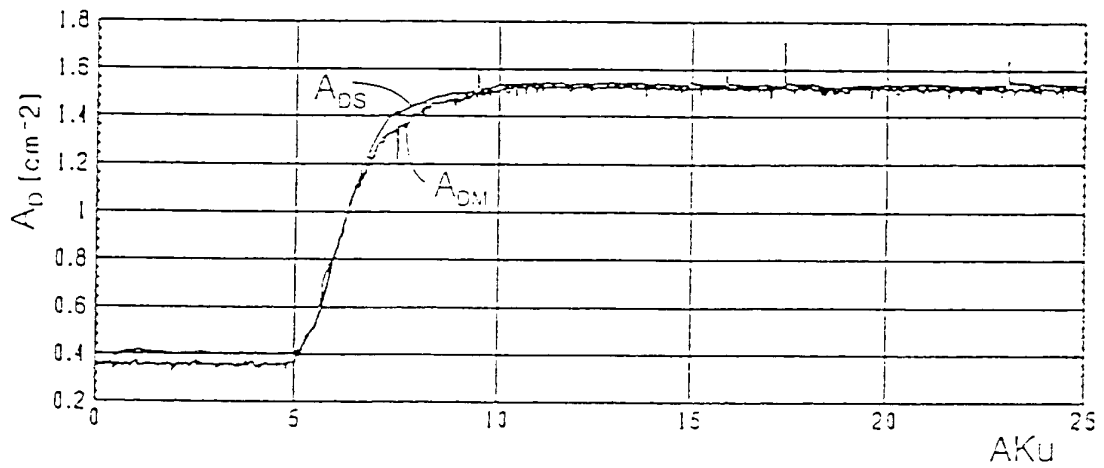
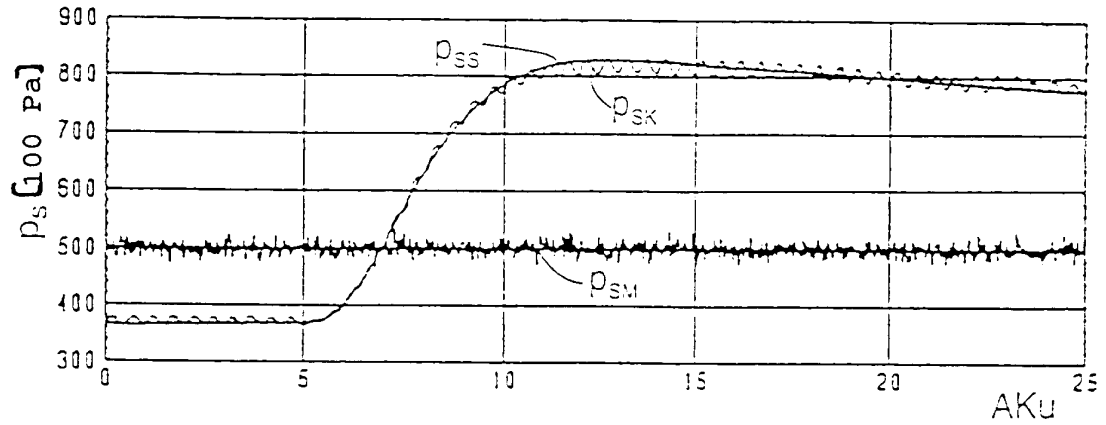


Fig. 4

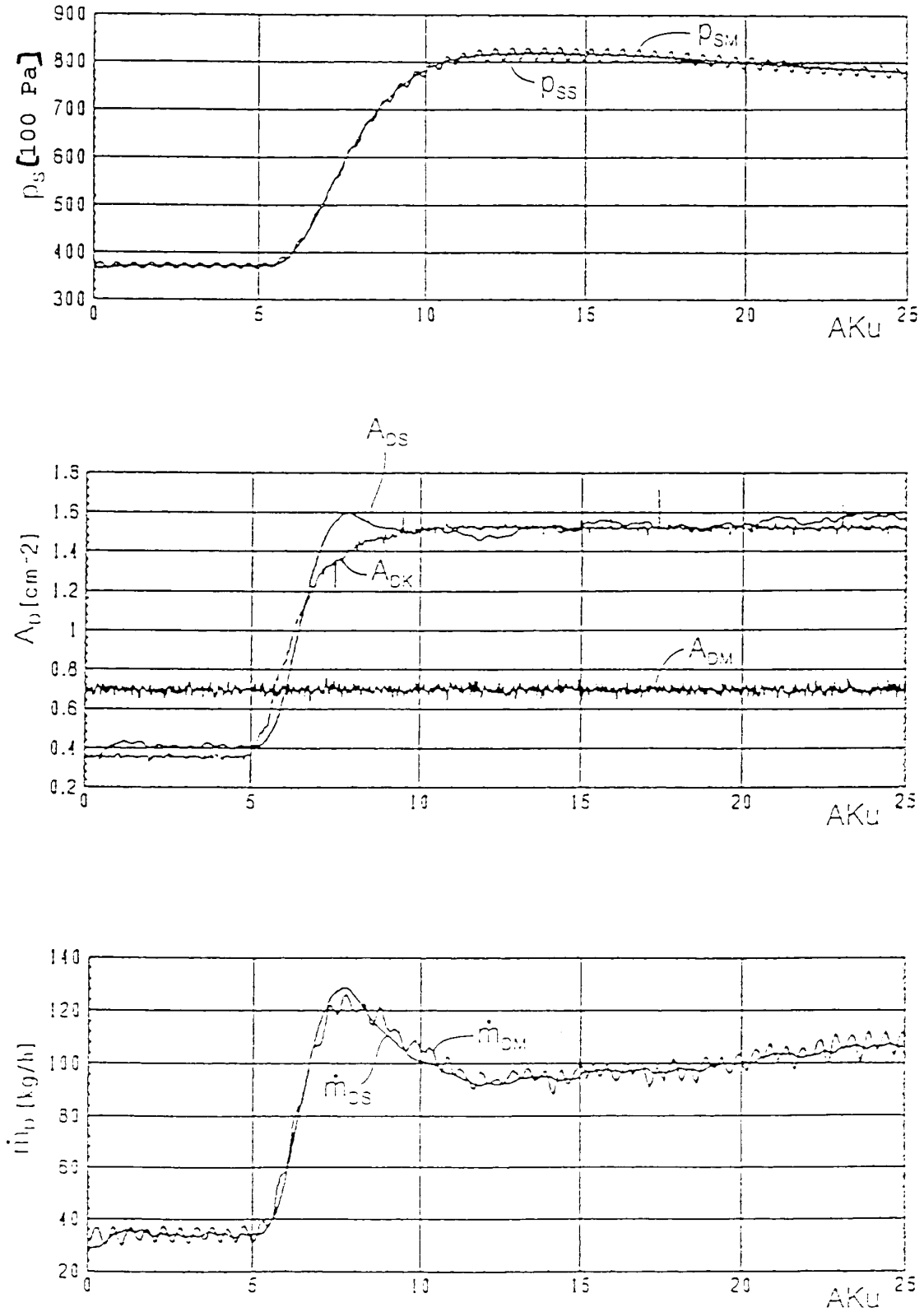
Variation brusque importante de la charge à 1500 tr/mn
(capteur de pression défectueux)



4/6

Fig. 5

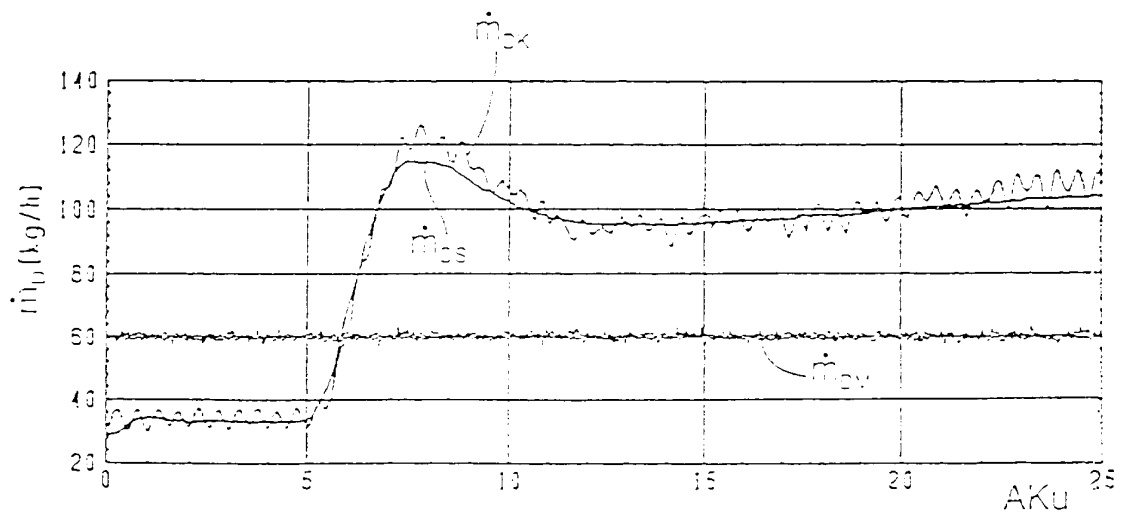
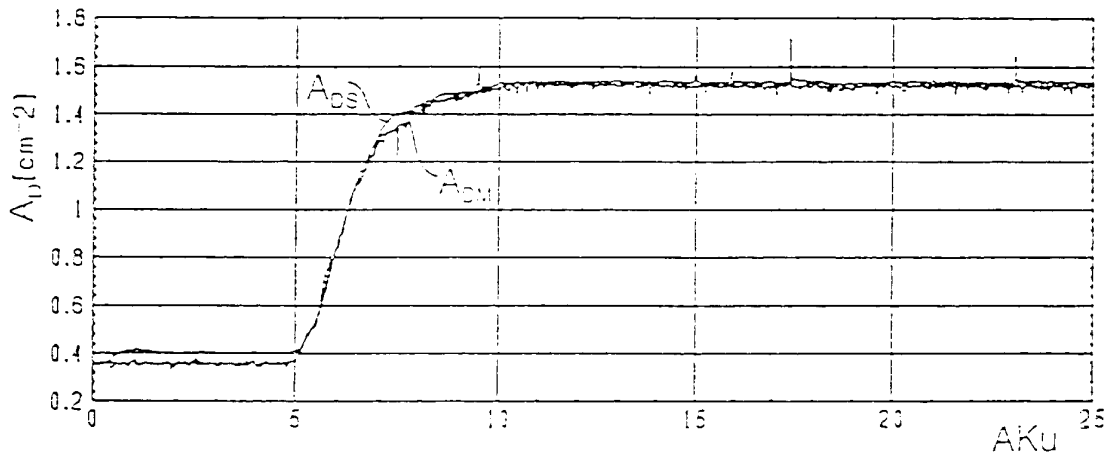
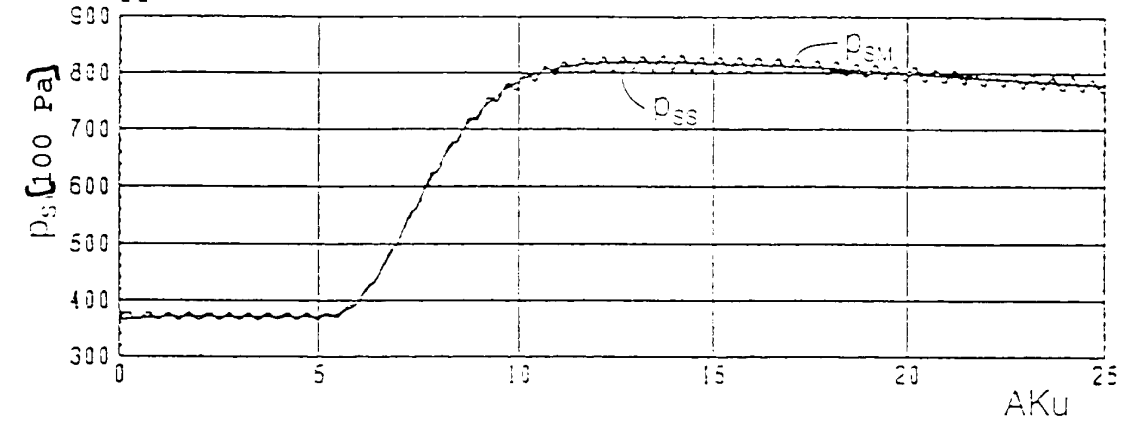
Variation brusque importante de la charge à 1500 tr/mn
(capteur du papillon des gaz défectueux)



5/6

Fig. 6

Variation brusque importante de la charge à 1500 tr/mn
(appareil de mesure de la masse d'air à film chaud défectueux)



6/6

Fig. 7

Variation brusque importante de la charge à 1500 tr/mn
(capteur du papillon des gaz et appareil de mesure de la
masse d'air à film chaud défectueux)

