

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 886 055 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

23.12.1998 Bulletin 1998/52

(51) Int Cl.⁶: F02D 41/14, F02D 37/02

(21) Numéro de dépôt: 98401507.3

(22) Date de dépôt: 19.06.1998

(84) Etats contractants désignés:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Etats d'extension désignés:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: 19.06.1997 FR 9707664

(71) Demandeur: RENAULT

92109 Boulogne-Billancourt (FR)

(72) Inventeurs:

- Rauch, Vincent
- 92100 Boulogne (FR)

• Taupin, Jean-Marie

92140 Clamart (FR)

• Rodrigues, Luis

75018 Paris (FR)

• Valenciennes, Edouard

75015 Paris (FR)

(74) Mandataire: Fernandez, Francis Lionel et al

RENAULT,

860, Quai de Stalingrad,

S. 0267-TPZ-OJ2-1.10

92109 Boulogne-Billancourt (FR)

(54) Procédé et dispositif de contrôle d'un moteur à combustion interne, à allumage commandé

(57) L'invention concerne un procédé de contrôle d'un moteur à allumage et injection commandés électroniquement, disposant d'au moins trois actionneurs de commande d'air, d'allumage et de richesse, réalisant tout d'abord une modélisation dynamique linéaire de la production du couple moteur par une fonction logarith-

me et sa fonction inverse, suivie d'une régulation du couple, multivariable de type linéaire quadratique intégrale, à partir de la mesure du régime, de la pression collecteur, des masses d'air entrant et sortant du collecteur, du débit d'air de commande de l'actionneur d'air, et éventuellement de la richesse et du rendement de richesse.

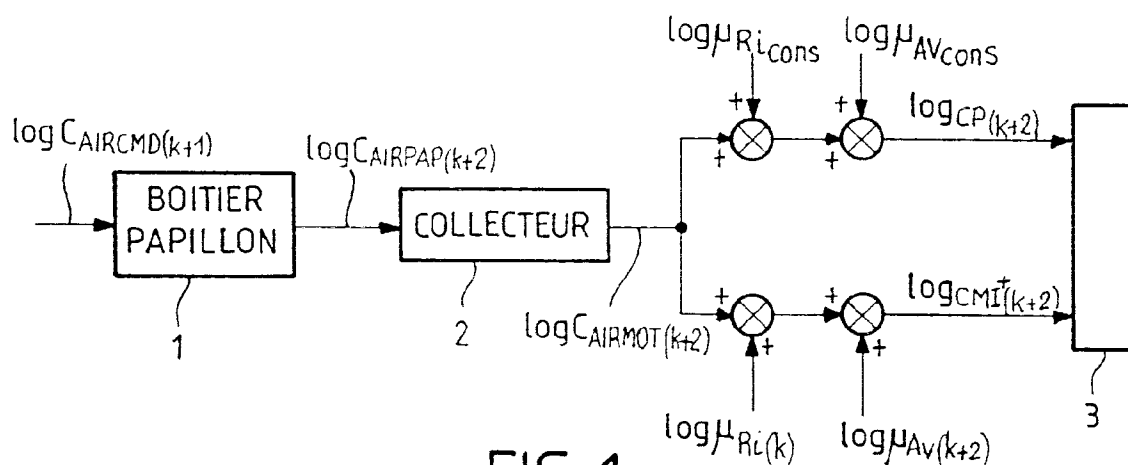


FIG. 1

EP 0 886 055 A1

Description

L'invention concerne un procédé de contrôle d'un moteur à combustion interne, à allumage commandé et injection pilotée électroniquement, disposant d'au moins trois actionneurs, agissant sur l'avance à l'allumage, la commande de débit d'air du moteur et la richesse du mélange air-essence, et de plusieurs capteurs permettant de déterminer le point de fonctionnement du moteur. Ce procédé de contrôle consiste essentiellement en une régulation du couple fourni par le moteur. Elle concerne également un dispositif de mise en oeuvre de ce procédé.

Les véhicules automobiles actuels sont dotés de plus en plus d'équipements électroniques et de prestations nouvelles, en plus du contrôle électronique du moteur, telles que la commande électronique de la boîte de vitesse, l'anti-blocage de roues lors du freinage ou la régulation électronique de l'air conditionné par exemple. Tous ces équipements induisent des variations importantes du couple consommé, de sorte que le bon fonctionnement du moteur et de ces équipements, associé à l'agrément de conduite du conducteur et au confort des passagers, nécessite de maîtriser à tout instant et avec précision le couple délivré par le moteur.

Ce couple délivré par le moteur peut être modulé par variation des valeurs des commandes appliquées aux actionneurs, comme la quantité d'air admis dans le collecteur, la quantité de carburant mélangé à l'air, ou l'instant d'allumage du mélange air/carburant. Ces actionneurs ont des effets différents sur le couple, en termes de rapidité d'action en raison d'un retard pur ou d'un temps de montée, et en termes d'autorité par l'amplitude des effets. Ils ont également des effets sur d'autres grandeurs dont la régulation doit être assurée par ailleurs, telles que la richesse en carburant du mélange combustible, pour des raisons de consommation et de pollution. C'est pourquoi il est souhaitable de limiter l'impact de la régulation du couple moteur sur ces autres grandeurs, tout en utilisant avantageusement plusieurs de ces actionneurs.

Des solutions actuelles au problème de la régulation du couple moteur utilisent la technologie de régulation dite proportionnelle intégrale dérivée, sans modélisation du moteur, ce qui a pour inconvénient de ne connaître les effets des commandes appliquées par cette régulation que par l'observation de ses effets sur les grandeurs régulées, entraînant un retard néfaste pour la qualité de la régulation.

Certaines solutions ont par contre été développées avec un modèle du moteur à partir duquel la régulation peut déterminer les commandes à appliquer, afin d'obtenir un effet désiré sur les grandeurs à réguler.

Un exemple de réalisation actuelle de régulation du couple moteur est décrit dans le brevet européen EP 0 185 552, au nom de NIPPONDENSO. Le mode de régulation utilise plusieurs modèles linéaires identifiés tangents à plusieurs points de fonctionnement du moteur, destinés à une régulation multivariable de type linéaire quadratique intégrale pour réguler le couple moteur en minimisant la consommation d'essence, à partir des commandes d'air admis dans le collecteur et d'essence injectée.

Le principal inconvénient de cette solution est dû aux approximations liées à l'utilisation de modèles linéarisés tangents alors que le fonctionnement du moteur n'est pas linéaire, entraînant une dégradation des performances de la régulation du couple.

De plus, ces modèles n'exploitent pas les connaissances que l'on a des équations physiques décrivant les phénomènes qui interviennent dans le fonctionnement réel du moteur.

Un autre inconvénient de cet exemple de régulation est son coût élevé en raison de l'adjonction d'un capteur de pression de chambre pour mesurer le couple fourni par le moteur.

L'invention vise à résoudre ces inconvénients en proposant un procédé de contrôle du moteur par une régulation du couple moteur, multivariable de type linéaire quadratique intégrale basée sur un modèle non linéaire du moteur, utilisant comme variables de commandes l'avance à l'allumage et la quantité d'air admis dans le collecteur, et la quantité d'essence injectée dans un cas particulier, et recevant deux consignes de couple calculées simultanément selon le modèle de fonctionnement du moteur.

Pour cela, un premier objet de l'invention est un procédé de contrôle d'un moteur thermique, à allumage commandé, à injection pilotée par un calculateur électronique, disposant d'au moins trois actionneurs auxquels sont appliqués respectivement une commande d'air, une commande d'allumage et une commande de richesse du mélange combustible, consistant, à partir d'un modèle de la production du couple moteur, en une régulation de type linéaire quadratique intégrale de variables d'état de fonctionnement du moteur par action sur des variables de commande en fonction de variables de consignes et des variables d'état, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- en phase de développement du moteur :

- . modélisation dynamique linéaire de la production du couple moteur au moyen d'une fonction logarithme et de sa fonction inverse ;
- . définition du gain optimal minimisant l'indice de performance quadratique de la régulation linéaire quadratique intégrale, à partir duquel les variables de commande U_k seront calculées en fonction des variables d'état X_k et de consigne Xs_k , et sa mémorisation dans le calculateur ;

- en cours de fonctionnement du moteur, à chaque point mort haut d'ordre k, calcul des variables d'état X_k et des consignes X_{s_k} , par le calculateur électronique, à partir :

- 5 de la mesure du régime N_k et d'une grandeur représentative de la masse d'air absorbée réellement par le moteur, comme la pression collecteur P_k ;
- du calcul de la masse d'air M_{AIRMOT} sortant du collecteur en fonction du régime et de ladite grandeur ;
- du calcul de la richesse et du rendement de richesse à partir du temps d'injection et de la masse d'air M_{AIRMOT} ;
- du calcul de la masse d'air M_{AIRPAP} entrant dans le collecteur en fonction de la masse d'air de commande M_{AIRCMD} de l'actionneur d'air ;
- 10 du calcul du couple réel CMI^+ et du couple projeté CP fournis par le moteur ;

puis calcul des variables des commandes U_k selon la régulation linéaire quadratique intégrale.

Un second objet de l'invention est un dispositif de mise en oeuvre du procédé de régulation du couple moteur, constitué par le calculateur électronique de contrôle du moteur comprenant un régulateur linéaire quadratique intégral.

- 15 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description du procédé et d'un mode de réalisation du dispositif de mise en oeuvre du procédé, illustrée par les figures suivantes qui sont :

- figure 1 : le schéma fonctionnel de la modélisation d'un moteur thermique, recevant une commande de débit d'air et fournissant un couple ;
- 20 - figure 2 : le schéma fonctionnel de la modélisation d'un moteur thermique, qui fonctionne à richesse unique ;
- figures 3 et 5 : le schéma fonctionnel du dispositif mettant en oeuvre le procédé de régulation du couple moteur selon l'invention, respectivement avec commande de richesse et richesse constante, dans le cas d'un papillon avec vanne additionnelle d'air ;
- figure 4 et 6 : le schéma fonctionnel mettant en oeuvre le procédé de régulation du couple moteur selon l'invention, respectivement avec commande de richesse et richesse constante, dans le cas d'un papillon motorisé.
- 25

La première étape du procédé de régulation du couple moteur consiste à réaliser une modélisation dynamique de la production du couple moteur rendant compte du fonctionnement physique du moteur. Cette modélisation est réalisée en phase de développement du moteur, sur banc d'essais.

- 30 Tout d'abord, le couple fourni par le moteur, à avance d'allumage optimale et richesse du mélange air-essence égale à 1, est défini à partir de la masse d'air $M_{AIRMOT(k)}$ sortant du collecteur d'admission et entrant dans un cylindre du moteur, à chaque point mort haut d'ordre k, et du rendement de combustion du moteur $R(N_k, P_k)$ qui est fonction de la valeur N_k du régime et de la valeur P_k de la pression dans le collecteur.

Ce couple moteur $C_{AIRMOT(k)}$ est exprimé en Newton.mètre, selon l'équation suivante (E_1) :

$$C_{AIRMOT(k)} = R(N_k, P_k) * M_{AIRMOT(k)}$$

avec $R(N_k, P_k)$ en N.m/kg,

- 40 N en tour/min,
- P en mbar.

Cette valeur doit être corrigée en fonction de l'avance à l'allumage A_v et de la richesse R_i du mélange, par des rendements d'avance $\mu_{Av(k)}$ et de richesse $\mu_{Ri(k)}$ définis à chaque point mort haut d'ordre k, selon l'équation suivante (E_2), de façon à obtenir la valeur réelle CMI^+ du couple fourni par le moteur :

$$CMI^+_{(k)} = C_{AIRMOT(k)} * \mu_{Av(k)} * \mu_{Ri(k-2)}$$

$$= R(N_k, P_k) * M_{AIRMOT(k)} * \mu_{Av(k)} * \mu_{Ri(k-2)}$$

Le rendement de richesse μ_{Ri} est une fonction cartographiée de la fonction R_i par exemple, et le rendement d'avance μ_{Av} est une fonction cartographiée de l'avance, du régime, de la pression collecteur et éventuellement de la richesse.

- 55 Cette expression du couple étant multiplicative, elle est non-linéaire. Selon l'invention, le procédé en calcule le logarithme et effectue un changement de variable. Cela permet, à partir d'équations multiplicatives, d'utiliser un modèle du couple qui soit additif sans qu'aucune approximation ne soit faite. La nouvelle variable est donc le logarithme $\log CMI^+$ du couple, exprimé par l'équation suivante (E_3) :

$$\log CMI^+_{(k)} = \log C_{AIRMOT(k)} + \log \mu_{Av(k)} + \log \mu_{Ri(k-2)}$$

Selon l'invention est également défini un autre terme correspondant à une projection du couple précédent CMI^+ , quelques points morts hauts plus tard, dans le but notamment d'anticiper les commandes des actionneurs lorsque cela est possible. Ce couple projeté CP est donc défini comme le couple fourni par le moteur, selon une consigne de rendement d'avance μ_{Avcons} et une consigne de rendement de richesse μ_{Ricons} , par l'équation suivante (E_4) :

$$\begin{aligned} CP_{(k)} &= R(N_k, P_k) * M_{AIRMOT(k)} * \mu_{Avcons(k)} * \mu_{Ricons(k)} \\ &= C_{AIRMOT(k)} * \mu_{Avcons(k)} * \mu_{Ricons(k)}. \end{aligned}$$

Cette expression du couple étant non linéaire, on en calcule le logarithme selon l'équation suivante (E_5) :

$$\log CP_{(k)} = \log C_{AIRMOT(k)} + \log \mu_{Avcons(k)} + \log \mu_{Ricons(k)}$$

En fonctionnement stabilisé, l'avance et la richesse sont égales à leurs valeurs de consigne, de sorte que le couple projeté CP est égal au couple CMI^+ .

Deux consignes de couple sont envoyées au régulateur de couple et sont calculées simultanément, l'une CMI^+_{cons} à partir du couple CMI^+ fourni par le moteur et que le régulateur devra suivre le plus rapidement possible, et l'autre CP_{cons} , qui est à plus long terme, à partir du couple projeté CP.

La modélisation du moteur selon l'invention consiste également à décrire le collecteur d'admission d'air du moteur par un modèle du premier ordre, à partir de la masse d'air M_{AIRPAP} entrant dans le collecteur par le boîtier papillon, à chaque point mort haut, que ce boîtier soit constitué par un unique papillon ou bien qu'il comprenne d'autres actionneurs. Le terme décrivant le collecteur exprime la masse d'air M_{AIRMOT} sortant du collecteur pour entrer dans un cylindre, selon l'équation suivante (E_6) :

$$M_{AIRMOT(k)} = M_{AIRMOT(k-1)} + F_{col} * [M_{AIRPAP(k)} - M_{AIRMOT(k-1)}]$$

dans laquelle le terme F_{col} est un facteur de filtrage traduisant la dynamique du collecteur et exprimé selon l'équation suivante (E_7), à partir de la cylindrée totale V_{mot} du moteur, du nombre de cylindres n_{cyl} , du volume V_{col} du collecteur et du taux de remplissage moyen $Remp$ du moteur par de l'air, rapporté aux conditions du collecteur.

$$(E_7) : F_{col} = \{V_{mot} * Remp\} / \{n_{cyl} * V_{col}\}$$

Pour assurer la compatibilité avec l'écriture du couple, le modèle du collecteur est relié au couple C_{AIRMOT} fourni par le moteur et exprimé par l'équation (E_1). Par analogie, il faut définir à partir de la masse d'air M_{AIRPAP} entrant dans le collecteur, exprimée en kilogramme, une grandeur homogène à un couple, selon l'équation suivante (E_8) :

$$C_{AIRPAP(k)} = R(N_k, P_k) * M_{AIRPAP(k)}.$$

En négligeant les variations du rendement de combustion $R(N_k, P_k)$ du moteur, entre deux points morts hauts d'indices k et $k+1$, l'équation (E_6) précédente devient:

$$C_{AIRMOT(k+1)} = C_{AIRMOT(k)} + F_{col} * [C_{AIRPAP(k+1)} - C_{AIRMOT(k)}].$$

On admettra que la différence entre les valeurs des couples C_{AIRMOT} et C_{AIRPAP} , soit $C_{AIRPAP} - C_{AIRMOT}$, est petite devant C_{AIRMOT} et que l'on peut utiliser l'approximation $\log(1+x) \approx x$, de sorte que le modèle du collecteur s'écrit selon l'équation suivante (E_9) :

$$\log C_{\text{AIRMOT}(k+1)} = \log C_{\text{AIRMOT}(k)} + F_{\text{Col}} * [\log C_{\text{AIRPAP}(k+1)} - \log C_{\text{AIRMOT}(k)}]$$

Différents actionneurs d'air peuvent être utilisés dans un moteur, comme une vanne RCO, un papillon motorisé ou un stepper. La dynamique de l'actionneur d'air utilisé est décrite comme un modèle du premier ordre, dans le cadre de la modélisation théorique de la production du couple moteur, à partir du débit d'air Q_{AIRPAP} entrant dans le collecteur et du débit d'air Q_{AIRCMD} de commande de l'actionneur.

L'équation (E₁₀) suivante exprimant le débit d'air $Q_{\text{AIRPAP}(k+1)}$ qui entre au point mort haut d'ordre k+1 :

$$Q_{\text{AIRPAP}(k+1)} = Q_{\text{AIRPAP}(k)} + F_{\text{act}} * [Q_{\text{AIRCMD}(k)} - Q_{\text{AIRPAP}(k)}],$$

avec le facteur de filtrage F_{act} qui traduit la dynamique de l'actionneur d'air, doit être ramenée sous forme de couple, dont il faut ensuite calculer le logarithme avant un changement de variable.

Or, le débit d'air $Q_{\text{AIRPAP}(k)}$ est relié à la masse d'air $M_{\text{AIRPAP}(k)}$ entrant dans le collecteur par l'expression (E₁₁) suivante, en fonction de la valeur N_k du régime moteur et du nombre de cylindres n_{cyl} :

$$(E_{11}) : M_{\text{AIRPAP}(k)} = \{120 * Q_{\text{AIRPAP}(k)}\} / \{n_{\text{cyl}} * N_k\}$$

de sorte que l'équation (E₈) précédente devient :

$$\begin{aligned} C_{\text{AIRPAP}(k)} &= R(N_k, P_k) * M_{\text{AIRPAP}(k)} \\ &= R(N_k, P_k) * \{120 * Q_{\text{AIRPAP}(k)}\} / \{n_{\text{cyl}} * N_k\}. \end{aligned}$$

Par analogie, le débit d'air Q_{AIRCMD} de commande de l'actionneur donne lieu à une valeur de couple C_{AIRCMD} défini selon l'équation suivante (E₁₂) :

$$C_{\text{AIRCMD}(k)} = R(N_k, P_k) * \{120 * Q_{\text{AIRCMP}(k)}\} / \{n_{\text{cyl}} * N_k\}.$$

Ainsi, l'équation (E₁₀) du débit d'air entrant dans le collecteur, modélisant le comportement de l'actionneur d'air, est ramenée sous la forme d'un couple qui s'écrit, en négligeant les variations du régime N et du rendement $R(N_k, P_k)$:

$$C_{\text{AIRPAP}(k+1)} = C_{\text{AIRPAP}(k)} + F_{\text{act}} * [C_{\text{AIRCMD}(k)} - C_{\text{AIRPAP}(k)}].$$

On admettra que la différence entre C_{AIRPAP} et C_{AIRCMD} reste faible devant C_{AIRPAP} , de sorte que le calcul du logarithme de C_{AIRPAP} aboutit à l'équation suivante (E₁₃) :

$$\log C_{\text{AIRPAP}(k+1)} = \log C_{\text{AIRPAP}(k)} + F_{\text{act}} * [\log C_{\text{AIRCMD}(k)} - \log C_{\text{AIRPAP}(k)}].$$

La production du couple moteur ainsi modélisée selon l'invention est représentée par les quatre équations suivantes, représentant respectivement, (E₃) le couple moteur, (E₅) le couple projeté, (E₉) le fonctionnement du collecteur et (E₁₃) le fonctionnement de l'actionneur d'air :

(E₃) :

$$\log C_{\text{MI}}^+_{(k)} = \log C_{\text{AIRMOT}(k)} + \log \mu_{\text{Av}(k)} + \log \mu_{\text{Ri}(k-2)}$$

(E₅) :

$$\log CP_{(k)} = \log C_{AIRMOT(k)} + \log \mu_{Avcons(k)} + \log \mu_{Ricons(k)}$$

(E₉) :

$$\log C_{AIRMOT(k+1)} = \log C_{AIRMOT(k)} + F_{col} * [\log C_{AIRPAP(k+1)} - \log C_{AIRMOT(k)}]$$

(E₁₃) :

$$\log C_{AIRPAP(k+1)} = \log C_{AIRPAP(k)} + F_{act} * [\log C_{AIRCMD(k)} - \log C_{AIRPAP(k)}].$$

La figure 1 est le schéma fonctionnel de la modélisation de la production du couple moteur recevant une commande de débit d'air C_{AIRCMD} appliquée au boîtier papillon 1 qui délivre une masse d'air entrant dans le collecteur 2 et fournissant un couple, sous forme du logarithme logCMI⁺ et du logarithme logCP, au régulateur de couple 3.

Afin d'assurer le retour des logarithmes du couple moteur logCMI⁺, du couple projeté logCP et du rendement de richesse logμ_{Ri} vers leurs valeurs de consigne respectives, l'invention définit trois nouvelles variables qui sont les intégrales en temps discret de ces trois grandeurs :

$$\Sigma \log CMI^+_{(k+1)} = \Sigma \log CMI^+_{(k)} + e \log CMI^+_{(k)}$$

$$\Sigma \log CP_{(k+1)} = \Sigma \log CP_{(k)} + e \log CP_{(k)}$$

$$\Sigma \log \mu_{Ri(k+1)} = \Sigma \log \mu_{Ri(k)} + e \log \mu_{Ri(k)}$$

avec les termes d'erreur suivants :

$$e \log CMI^+ = \log CMI^+ - \log CMI^+_{cons}$$

$$e \log CP = \log CP - \log CP_{cons}$$

$$e \log \mu_{Ri} = \log \mu_{Ri} - \log \mu_{Ricons}$$

ces erreurs étant égales à la différence entre le logarithme des grandeurs mesurées et le logarithme de leurs valeurs de consigne respectives.

Une variante de réalisation du procédé selon l'invention concerne un fonctionnement du moteur à richesse unique. La figure 2 est le schéma fonctionnel de la modélisation de la production du couple d'un moteur qui fonctionne à richesse unique.

Selon l'invention, après la phase de développement, le procédé de contrôle est réalisé en cours de fonctionnement du moteur et consiste en une régulation du couple moteur développée à partir du modèle linéaire du moteur qui vient d'être décrit, et de type linéaire quadratique intégrale.

Le modèle linéaire du moteur peut être décrit par sa représentation d'état :

$$X_{k+1} = A * X_k + B * U_k + F * Xs_k$$

$$Xs_{k+1} = As * Xs_k,$$

dans laquelle X_k représente le vecteur d'état du modèle, constitué par des variables décrivant l'état dans lequel se trouve le moteur ;

U_k représente les commandes sur lesquelles pourra agir le régulateur de couple pour assurer le fonctionnement du moteur, et

X_{s_k} représente les grandeurs variables qui ont un effet sur l'état de fonctionnement du moteur, d'après les équations du modèle du moteur, mais qui ne sont pas commandées par le régulateur, c'est-à-dire les perturbations.

Ainsi, comme le montre le tableau 1 en annexe, la matrice des variables d'état X_k contient d'une part le logarithme $\log C_{AIRPAP}$ de la grandeur C_{AIRPAP} proportionnelle à la masse d'air entrant dans le collecteur par le boîtier papillon, et celui $\log C_{AIRMOT}$ de la grandeur C_{AIRMOT} proportionnelle à la masse d'air sortant du collecteur, d'autre part l'erreur du logarithme du couple fourni par le moteur $\log CMI_{k-1}$, l'erreur du logarithme du couple projeté $\log CP_{k-1}$, l'erreur du logarithme du rendement de richesse pour deux points morts hauts consécutifs $\log \mu_{Ri(k-1)}$ et $\log \mu_{Ri(k-2)}$, et enfin les trois variables intégrales précédemment définies $\Sigma \log CMI_{(k)}$, $\Sigma \log CP_{(k)}$ et $\Sigma \log \mu_{Ri(k)}$.

La matrice X_{s_k} des perturbations contient le logarithme de la consigne du couple fourni par le moteur $\log CMI_{cons}^+$ et de la consigne du couple projeté $\log CP_{cons}$, et le logarithme des rendements de consigne d'avance $\log \mu_{Avcons}$ et de consigne de richesse $\log \mu_{Ricons}$.

La matrice U_k des commandes comprend le logarithme $\log C_{AIRCMD}$ de la grandeur proportionnelle au débit d'air de commande de l'actionneur, les logarithmes $\log \mu_{Av}$ et $\log \mu_{Ri}$ de l'avance à l'allumage et de la richesse.

La régulation linéaire quadratique intégrale est une régulation à retour d'état, de sorte qu'à chaque itération, la commande U_k est obtenue à partir d'une matrice de gain K calculée une fois pour toutes pendant la phase de développement du régulateur :

$$K = [K \ K_s]$$

$$U_k = -K \begin{bmatrix} X_k \\ X_{s_k} \end{bmatrix}$$

La théorie de la régulation linéaire quadratique intégrale donne la matrice K comme le gain optimal minimisant l'indice de performance quadratique :

$$J = \sum_{k=0}^{\infty} \{X_k^T \cdot Q \cdot X_k + U_k^T \cdot R \cdot U_k\}$$

où les matrices Q et R sont des matrices de pondération définissant les caractéristiques de la régulation. La résolution de ce problème conduit au calcul suivant de la matrice de gain K ,

$$K = [K \ K_s] :$$

$$P = Q + A^T \cdot P \cdot A - A^T \cdot P \cdot B \cdot (R + B^T \cdot P \cdot B)^{-1} \cdot B^T \cdot P \cdot A$$

$$K = (R + B^T \cdot P \cdot B)^{-1} \cdot B^T \cdot P \cdot A$$

$$P_s = (A - B \cdot K)^T \cdot (P \cdot F + P_s \cdot A_s)$$

$$K_s = (R + B^T \cdot P \cdot B)^{-1} \cdot B^T \cdot (P \cdot F + P_s \cdot A_s)$$

P étant l'inconnue de l'équation matricielle.

Il est possible d'utiliser plusieurs matrices de gain en fonction du mode de fonctionnement utilisé pour le moteur, privilégiant soit l'avance à l'allumage, la richesse ou l'anti-pollution par exemple.

Quant aux matrices **A**, **B**, **F** et **As** provenant de la modélisation du moteur pour décrire l'évolution des variables d'état X_k en fonction du temps, elles sont obtenues à partir des quatre équations E_3 , E_5 , E_9 et E_{13} précédentes et figurent sur le tableau 2 en annexe. La matrice de retour d'état **K** est calculée à partir de ces matrices.

Dans le cas particulier d'une commande simplifiée du moteur par l'avance à l'allumage et le débit d'air, à richesse unique, les matrices de représentation des variables d'état X_k , U_k et Xs_k ne présentent pas de variable se rapportant à la richesse. Elles figurent sur le tableau 3 en annexe, tandis que les matrices **A**, **B**, **F** et **As** qui sont également simplifiées figurent sur le tableau 4.

La figure 3 est le schéma fonctionnel du dispositif mettant en oeuvre le procédé de régulation du couple moteur selon l'invention, dans le cas d'un moteur 4 dont le boîtier papillon 5 comprend un papillon mécanique 6, dont la commande d'ouverture S_p est déterminée par l'enfoncement de la pédale d'accélérateur, associé à une vanne 7 d'air additionnel, dont on commande électroniquement l'ouverture, autrement dit la section S_v .

La figure 4 est le même schéma dans le cas d'un papillon motorisé 8 dont on commande totalement l'ouverture S_{pm} .

Sur la figure 3, le moteur 4 reçoit une commande d'ouverture du papillon S_p ainsi qu'une commande électronique d'avance à l'allumage Av , d'ouverture de la vanne S_v et éventuellement de temps d'injection Ti , et sur la figure 4, le moteur reçoit une commande d'ouverture S_{pm} de son papillon motorisé 8. On mesure à chaque point mort haut d'ordre k , la valeur de régime N_k et celle de la pression collecteur P_k ou de toute autre grandeur représentative de la masse d'air absorbée réellement par le moteur, comme le débit d'air, entrant dans le collecteur par exemple. Le débit d'air est mesuré par un débitmètre et la pression collecteur est mesurée par un capteur de pression. Le calculateur électronique de contrôle moteur 9 calcule la masse d'air Q_{AIRMOT} sortant du collecteur, dans des moyens 10, puis la richesse Ri et le rendement de richesse μ_{Ri} du mélange à partir de cette masse d'air et du temps d'injection Ti , dans des moyens 11 et 12. A partir des sections du papillon S_p et de la vanne S_v , dans le cas de la figure 3, et à partir de la section S_{pm} du papillon motorisé dans le cas de la figure 4, de l'avance Av et du temps d'injection Ti , les modules 13 du calculateur déterminent les valeurs de couple définis précédemment, soit le couple fourni CMI^+ , le couple projeté CP , le couple défini à partir de la masse d'air entrant dans le collecteur C_{AIRPAP} et celle sortant du collecteur C_{AIRMOT} , les consignes des couples fournis CMI^+_{cons} et projeté CP_{cons} , les consignes des rendements de richesse μ_{Ricons} et d'avance μ_{Avcons} et le rendement de richesse μ_{Ri} . Des moyens 14 calculent le logarithme de ces valeurs qui entrent dans un régulateur linéaire quadratique intégral 15, dont le rôle est de reconstituer le vecteur d'état du modèle de couple et le produit matriciel pour délivrer le logarithme des commandes de rendement d'avance $\log \mu_{Av}$, du débit d'air de l'actionneur $\log C_{AIRCMD}$ et éventuellement de rendement de richesse $\log \mu_{Ri}$. Des moyens 16 calculent l'exponentielle de ces valeurs, qui est ensuite écrêtée dans des moyens 17, pour tenir compte des limitations liées au fonctionnement des actionneurs et du moteur, qui délivrent le rendement d'avance μ_{Av} , la commande d'air C_{AIRCMD} et le rendement de richesse μ_{Ri} .

Des moyens 18 calculent la valeur de l'avance à l'allumage Av à partir du rendement μ_{Av} , du régime N , de la pression collecteur P et éventuellement de la richesse Ri .

Des moyens 19 calculent la commande finale de l'actuateur d'air 5, soit la section de la vanne S_v ou l'ouverture S_{pm} du papillon motorisé.

Des moyens 20 calculent la richesse Ri à partir de la commande de rendement de richesse μ_{Ri} ainsi que d'une table de rendement de richesse en fonction de la richesse. Des moyens 21 calculent ensuite le temps d'injection Ti à partir de cet objectif de richesse et des conditions de fonctionnement du moteur, telles que la pression dans le collecteur, le régime, etc ... A partir de ce temps d'injection, des moyens 22 estiment la richesse dans chaque cylindre et le rendement de richesse associé.

Les figures 5 et 6 sont les mêmes schémas fonctionnels du dispositif de régulation que les figures 3 et 4, respectivement avec un papillon associé à une vanne d'air et avec un papillon motorisé, mais dans le cas d'un moteur fonctionnant à richesse unique. Le rendement de richesse μ_{Ri} et la consigne de rendement de richesse μ_{Ricons} sont égaux à 1.

Un premier avantage du procédé de contrôle du moteur selon l'invention vient de l'utilisation d'une régulation du couple à partir d'un modèle non linéaire du moteur, ce qui permet au régulateur du calculateur électronique de connaître avec précision les effets des commandes sur le comportement du moteur et de déterminer les valeurs des commandes afin de provoquer l'effet attendu.

De plus, l'intérêt de formuler le modèle du couple moteur, décrit par des équations multiplicatives, par une fonction logarithme est d'obtenir un modèle linéaire unique, qui décrit en tous points le fonctionnement non linéaire du moteur. Ceci se traduit par un gain en performance pour la régulation proposée par l'invention par rapport aux régulations existant actuellement.

D'autre part, la régulation du couple moteur est multivariable, c'est-à-dire qu'elle agit simultanément sur plusieurs variables de commande pour réguler simultanément plusieurs variables d'état du fonctionnement du moteur. Ceci est particulièrement avantageux puisque chacune des variables d'état est ainsi régulée en tenant compte des couplages

entre les différentes variables d'état et de commande, et qu'il est alors possible d'exploiter la complémentarité des différentes commandes en termes d'autorité et de rapidité d'action.

Un autre intérêt provient de la définition du couple moteur projeté, qui permet dans certains modes de fonctionnement, de positionner à l'avance les différentes commandes de façon coordonnée pour mieux respecter la consigne de couple moteur, en anticipant la dynamique ou les retards dans le fonctionnement des commandes.

Enfin, cette régulation du couple moteur permet, par l'adjonction de procédés simples, de prendre en charge la régulation d'autres grandeurs, telle que le régime de ralenti, sans développement d'un procédé complet de régulation agissant directement sur les actionneurs. Cet avantage se traduit par une diminution de la complexité et de la taille des procédés à mettre en oeuvre dans le calculateur électronique du moteur, ainsi que par une simplification des procédures de calibration et de mise au point des procédés.

TABLEAU 1

$$\begin{array}{l}
 X_k = \begin{bmatrix} \log C_{AIRPAP}(k) \\ \log C_{AIRMOT}(k) \\ e\log CMI^+(k-1) \\ e\log CP(k-1) \\ e\log \mu_{Ri}(k-1) \\ e\log \mu_{Ri}(k-2) \\ \Sigma \log CMI^+(k) \\ \Sigma \log CP(k) \\ \Sigma \log \mu_{Ri}(k) \end{bmatrix}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 U_k = \begin{bmatrix} \log C_{AIRCMD}(k) \\ \log \mu_{Ri}(k) \\ \log \mu_{Av}(k) \end{bmatrix}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 X_{S_k} = \begin{bmatrix} \log CMI^+_{cons}(k) \\ \log CP_{cons}(k) \\ \log \mu_{Ricons}(k) \\ \log \mu_{Avcons}(k) \end{bmatrix}
 \end{array}$$

TABLEAU 2

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} 1-F_{\text{act}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ [(1-F_{\text{act}}) \cdot F_{\text{col}}] & 1-F_{\text{col}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 \mathbf{B} &= \begin{bmatrix} F_{\text{act}} & 0 & 0 \\ F_{\text{act}} \cdot F_{\text{col}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 \mathbf{As} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

TABLEAU 3

$$\begin{array}{lcl}
 \begin{array}{c}
 X_k = \begin{bmatrix} \log C_{\text{AIRPAP}}(k) \\ \log C_{\text{AIRMOT}}(k) \\ \text{elogCMI}^+(k-1) \\ \text{elogCP}_{(k-1)} \\ \Sigma \log \text{CMI}^+(k) \\ \Sigma \log \text{CP}_{(k)} \end{bmatrix} & U_k = & \begin{bmatrix} \log C_{\text{AIRCMD}}(k) \\ \log \mu_{\text{Avcons}}(k) \end{bmatrix} \\
 & & \\
 & X_{S_k} = & \begin{bmatrix} \log \text{CMI}^+_{\text{cons}}(k) \\ \log \text{CP}_{\text{cons}}(k) \\ \log \mu_{\text{Avcons}}(k) \end{bmatrix}
 \end{array}
 \end{array}$$

TABLEAU 4

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} 1-F_{act} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ [(1-F_{act}) \cdot F_{col}] & 1-F_{col} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 \mathbf{B} &= \begin{bmatrix} F_{act} & 0 \\ F_{act} \cdot F_{col} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 \mathbf{F} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \\
 \mathbf{A}_S &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Revendications

1. Procédé de contrôle du couple d'un moteur à combustion interne, à allumage commandé, à injection pilotée par un calculateur électronique, disposant d'au moins trois actionneurs auxquels sont appliqués respectivement une commande d'air, une commande d'allumage et une commande de richesse du mélange combustible, consistant, à partir d'un modèle de la production du couple moteur, en une régulation, de type linéaire quadratique intégrale, de variables d'état de fonctionnement du moteur par action sur des variables de commande en fonction de variables de consignes et des variables d'état, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- en phase de développement du moteur :

- modélisation dynamique linéaire de la production du couple moteur au moyen d'une fonction logarithme et de sa fonction inverse ;
- définition du gain optimal minimisant l'indice de performance quadratique de la régulation linéaire quadratique intégrale, à partir duquel les variables de commande (U_k) seront calculées en fonction des variables d'état (X_k) et de consigne (Xs_k), et sa mémorisation dans le calculateur ;

- en cours de fonctionnement du moteur, à chaque point mort haut d'ordre k, calcul des variables d'état (X_k) et des consignes (Xs_k), par le calculateur électronique, à partir :

- de la mesure du régime (N_k) et d'une grandeur représentative de la masse d'air réellement absorbée par le moteur ;
- du calcul de la masse d'air (M_{AIRMOT}) sortant du collecteur en fonction du régime et de ladite grandeur ;
- du calcul de la richesse (Ri) et du rendement de richesse (μ_{Ri}) à partir du temps d'injection et de la masse d'air (M_{AIRMOT}) ;
- du calcul de la masse d'air (M_{AIRPAP}) entrant dans le collecteur en fonction de la masse d'air de commande (M_{AIRCMD}) de l'actionneur ;
- du calcul du couple réel (CMI^+) et du couple projeté (CP) fournis par le moteur ;

puis calcul des variables des commandes (U_k) selon la régulation linéaire quadratique intégrale.

- Procédé de contrôle du couple selon la revendication 1, caractérisé en ce que la grandeur représentative de la masse d'air réellement absorbée par le moteur est la pression (P_k) dans le collecteur, ou le débit d'air entrant dans le collecteur.

- Procédé de contrôle du couple selon la revendication 2, caractérisé en ce que la modélisation de la production du couple est définie par quatre équations linéaires obtenues à partir des effets produits pendant le fonctionnement du moteur par :

- le débit d'air de commande (Q_{AIRCMD}) de l'actionneur d'air sur le débit d'air (Q_{AIRPAP}) entrant dans le collecteur selon l'équation du premier ordre suivante :

$$Q_{AIRPAP(k+1)} = Q_{AIRPAP(k)} + F_{act} * [Q_{AIRCMD(k)} - Q_{AIRPAP(k)}],$$

avec F_{act} : un facteur de filtrage traduisant la dynamique de l'actionneur d'air ;

- la masse d'air (M_{AIRPAP}) entrant dans le collecteur par le boîtier papillon sur la masse d'air (M_{AIRMOT}) sortant du collecteur et entrant dans un cylindre, selon l'équation du premier ordre :

$$M_{AIRMOT(k)} = M_{AIRMOT(k-1)} + F_{col} * [M_{AIRPAP(k)} - M_{AIRMOT(k-1)}]$$

avec F_{col} : un facteur de filtrage traduisant la dynamique du collecteur ;

- la masse d'air (M_{AIRMOT}) sortant du collecteur, d'une part sur le couple (CMI^+) fourni par le moteur en fonction des rendements d'avance (μ_{Av}) et de richesse (μ_{Ri}) et du rendement de combustion de moteur $R(N_k, P_k)$:

$$CMI^+_{(k)} = R(N_k, P_k) * M_{AIRMOT(k)} * \mu_{Av(k)} * \mu_{Ri(k-2)}$$

et d'autre part, sur le couple projeté (CP) fourni par le moteur en fonction de consignes de rendement d'avance (μ_{Avcons}) et de richesse (μ_{Ricons}) et du rendement de combustion de moteur $R(N_k, P_k)$:

$$CP_{(k)} = R(N_k, P_k) * M_{AIRMOT(k)} * \mu_{Avcons(k)} * \mu_{Ricons(k)},$$

ces équations étant ensuite linéarisées par calcul de leur logarithme suivi d'un changement de variable.

- Procédé de contrôle du couple selon la revendication 3, caractérisé en ce que :

a) les variables d'état (X_k) du fonctionnement du moteur sont :

- les logarithmes de deux grandeurs homogènes à un couple, l'une (C_{AIRPAP}) proportionnelle à la masse d'air (M_{AIRPAP}) entrant dans le collecteur par le boîtier papillon et l'autre (C_{AIRMOT}) proportionnelle à la masse d'air (M_{AIRMOT}) sortant du collecteur;
- les erreurs des logarithmes du couple fourni par le moteur (elogCMI^+), du couple projeté (elogCP) et du rendement de la richesse ($\text{elog}\mu_{Ri}$) pour deux points morts hauts consécutifs, erreurs égales à la différence entre le logarithme des grandeurs mesurées et le logarithme de leurs valeurs de consigne respectives :

$$\text{elogCMI}^+ = \log \text{CMI}^+ - \log \text{CMI}_{\text{cons}}^+$$

$$\text{elogCP} = \log \text{CP} - \log \text{CP}_{\text{cons}}$$

$$\text{elog}\mu_{Ri} = \log \mu_{Ri} - \log \mu_{Ri\text{cons}};$$

- trois variables définies comme les intégrales en temps discret du couple fourni ($\Sigma \log \text{CMI}^+$), du couple projeté ($\Sigma \log \text{CP}$) et du rendement de richesse ($\Sigma \log \mu_{Ri}$):

$$\Sigma \log \text{CMI}^+_{(k+1)} = \Sigma \log \text{CMI}^+_{(k)} + \text{elogCMI}^+_{(k)}$$

$$\Sigma \log \text{CP}_{(k+1)} = \Sigma \log \text{CP}_{(k)} + \text{elogCP}_{(k)}$$

$$\Sigma \log \mu_{Ri(k+1)} = \Sigma \log \mu_{Ri(k)} + \text{elog}\mu_{Ri(k)}$$

- b) les variables de consigne sont les logarithmes de la consigne de couple fourni ($\log \text{CMI}^+_{\text{cons}}$) du couple projeté ($\log \text{CP}_{\text{cons}}$) et des rendements d'avance à l'allumage ($\log \mu_{Av\text{cons}}$) et de richesse ($\log \mu_{Ri\text{cons}}$); et
- c) les variables de commande (U_k) des actionneurs du moteur sont les logarithmes ($\log C_{AIRCMD}$) de la grandeur homogène à un couple et proportionnelle au débit d'air de commande de l'actionneur, et des rendements d'avance à l'allumage ($\log \mu_{Av}$) et de richesse ($\log \mu_{Ri}$).

5. Procédé de contrôle du couple selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le moteur fonctionne à richesse unique, avec un rendement de richesse égal à 1.

6. Dispositif de contrôle du couple d'un moteur à combustion interne, à allumage commandé, à injection pilotée par un calculateur électronique, disposant d'au moins trois actionneurs auxquels sont appliqués respectivement une commande d'air, une commande d'allumage et une commande de richesse du mélange mettant en oeuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le calculateur électronique (9) comprend :

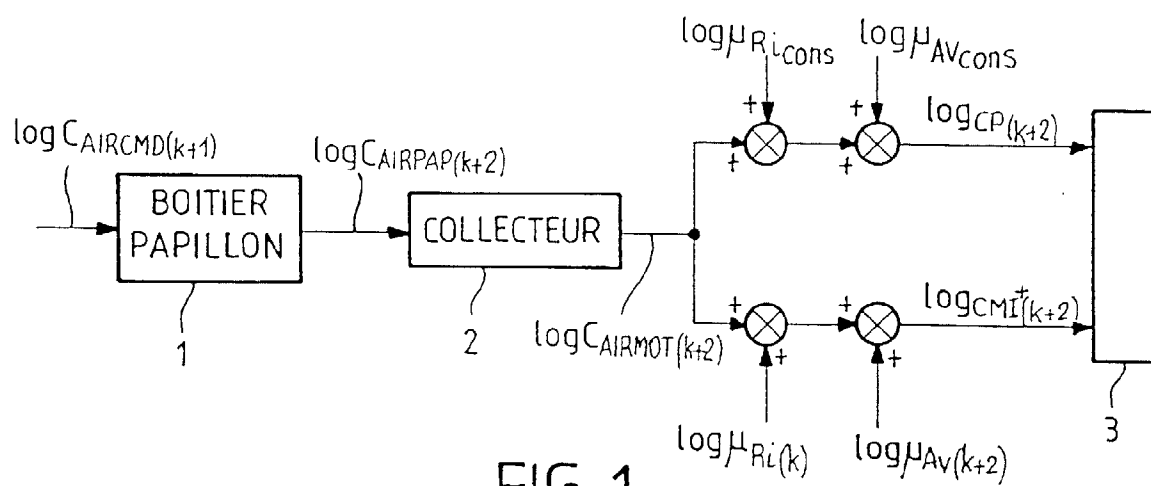
- des moyens (10) de calcul de la masse d'air (M_{AIRMOT}) sortant du collecteur;
- des moyens (11) de calcul de la richesse (Ri) et des moyens (12) de calcul du rendement de richesse (μ_{Ri}) du mélange à partir de ladite masse d'air (M_{AIRMOT}) et du temps d'injection (Ti);
- des modules (13) déterminant, à partir du régime moteur, de la pression collecteur, de l'ouverture de l'actuateur d'air, de l'avance (Av) et du temps d'injection (Ti), les valeurs du couple fourni (CMI^+), du couple projeté (CP), du couple (C_{AIRPAP}) défini à partir de la masse d'air entrant dans le collecteur et du couple (C_{AIRMOT}) défini à partir de la masse d'air sortant du collecteur, les consignes du couple fourni ($\text{CMI}^+_{\text{cons}}$) et du couple projeté (CP_{cons}), les consignes du rendement de richesse ($\mu_{Ri\text{cons}}$) et du rendement d'avance ($\mu_{Av\text{cons}}$);
- des moyens (14) de calcul du logarithme des valeurs calculées par les moyens (13);
- un régulateur linéaire quadratique intégral (15), recevant en entrée les logarithmes des couples calculés par les moyens (14) et délivrant le logarithme des commandes du rendement d'avance ($\log \mu_{Av}$), du débit d'air de l'actionneur ($\log C_{AIRCMD}$) et du rendement de richesse ($\log \mu_{Ri}$);
- des moyens (16) de calcul de l'exponentielle des valeurs délivrées par le régulateur (15);
- des moyens (17) d'écrtage des valeurs délivrées par les moyens (16), pour tenir compte des limitations liées

au fonctionnement des actionneurs et du moteur, délivrant le rendement d'avance (μ_{Av}), la commande d'air (C_{AIRCMD}) et le rendement de richesse (μ_{Ri});

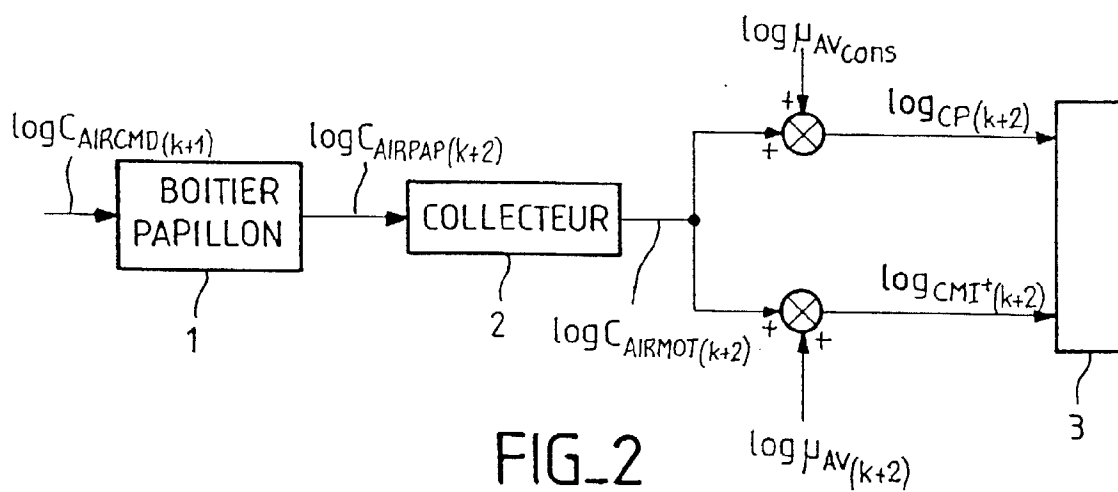
- des moyens (18) de calcul de la valeur de l'avance à l'allumage (Av) à partir du rendement d'avance (μ_{Av}), du régime moteur (N), de la pression collecteur (P) et de la richesse (Ri) éventuellement;
- des moyens (19) de calcul de la commande finale (C_{AIRCMD}) de l'actuateur d'air (5);
- des moyens (20) de calcul de la richesse (Ri) à partir de la commande de rendement de richesse (μ_{Ri}) ainsi que d'une table de rendement de couple en fonction de la richesse;
- des moyens (21) de calcul du temps d'injection (Ti) à partir de cet objectif de richesse et des conditions de fonctionnement du moteur, telles que la pression dans le collecteur ou le régime;
- des moyens (22) d'estimation, à partir du temps d'injection (Ti), de la richesse (Ri) dans chaque cylindre et le rendement de richesse associé.

7. Dispositif de contrôle du couple selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'actuateur d'air est un boîtier papillon comprenant un papillon mécanique (6) dont l'ouverture (S_p) est commandée directement par la pédale d'accélérateur du véhicule et une vanne (7) d'air additionnel dont l'ouverture (S_v) est commandée par le calculateur électronique (9).

8. Dispositif de contrôle du couple selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'actuateur d'air est un boîtier papillon comprenant un papillon motorisé (8) dont l'ouverture (S_{pm}) est commandée par le calculateur électronique (9).



FIG_1



FIG_2

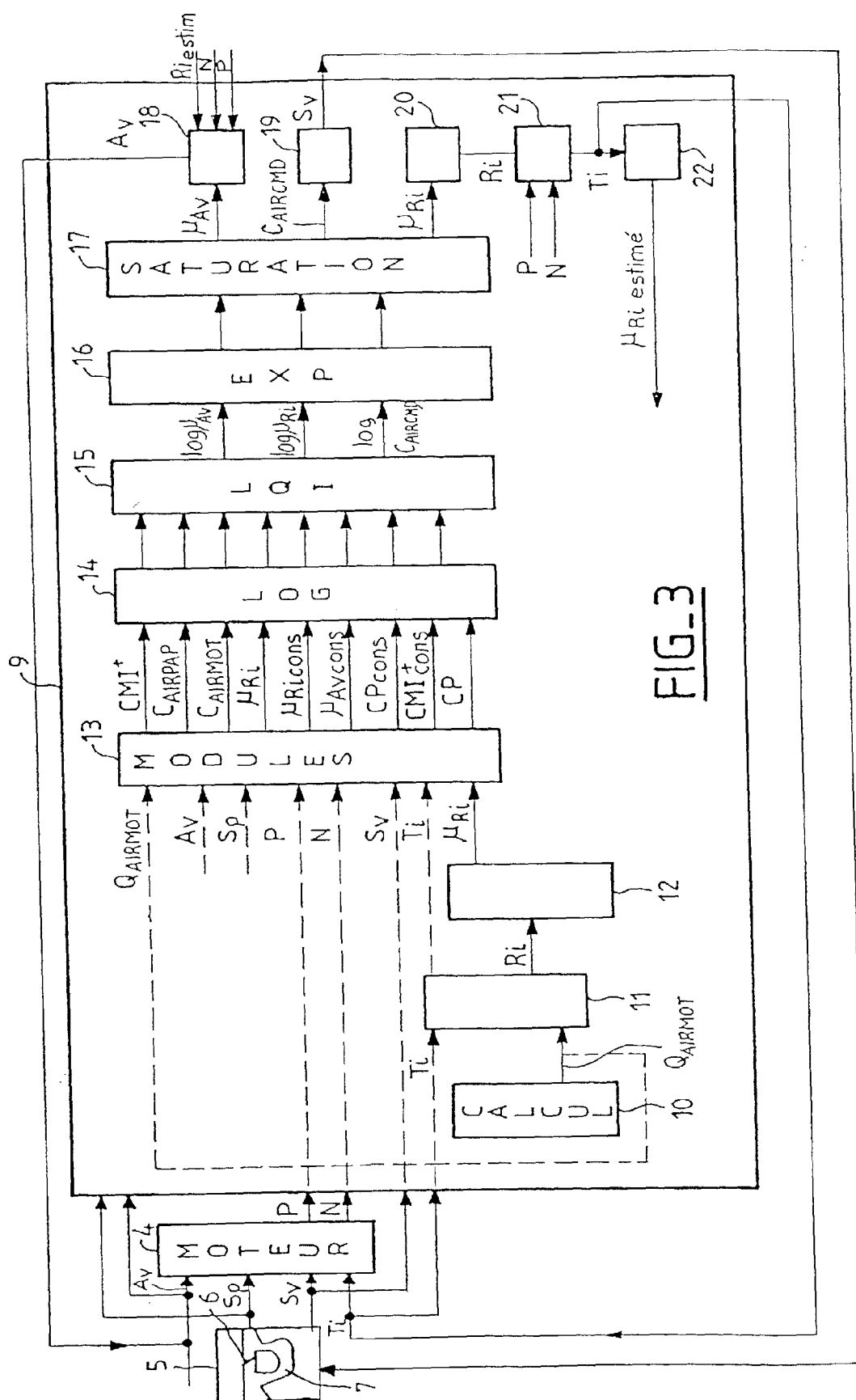
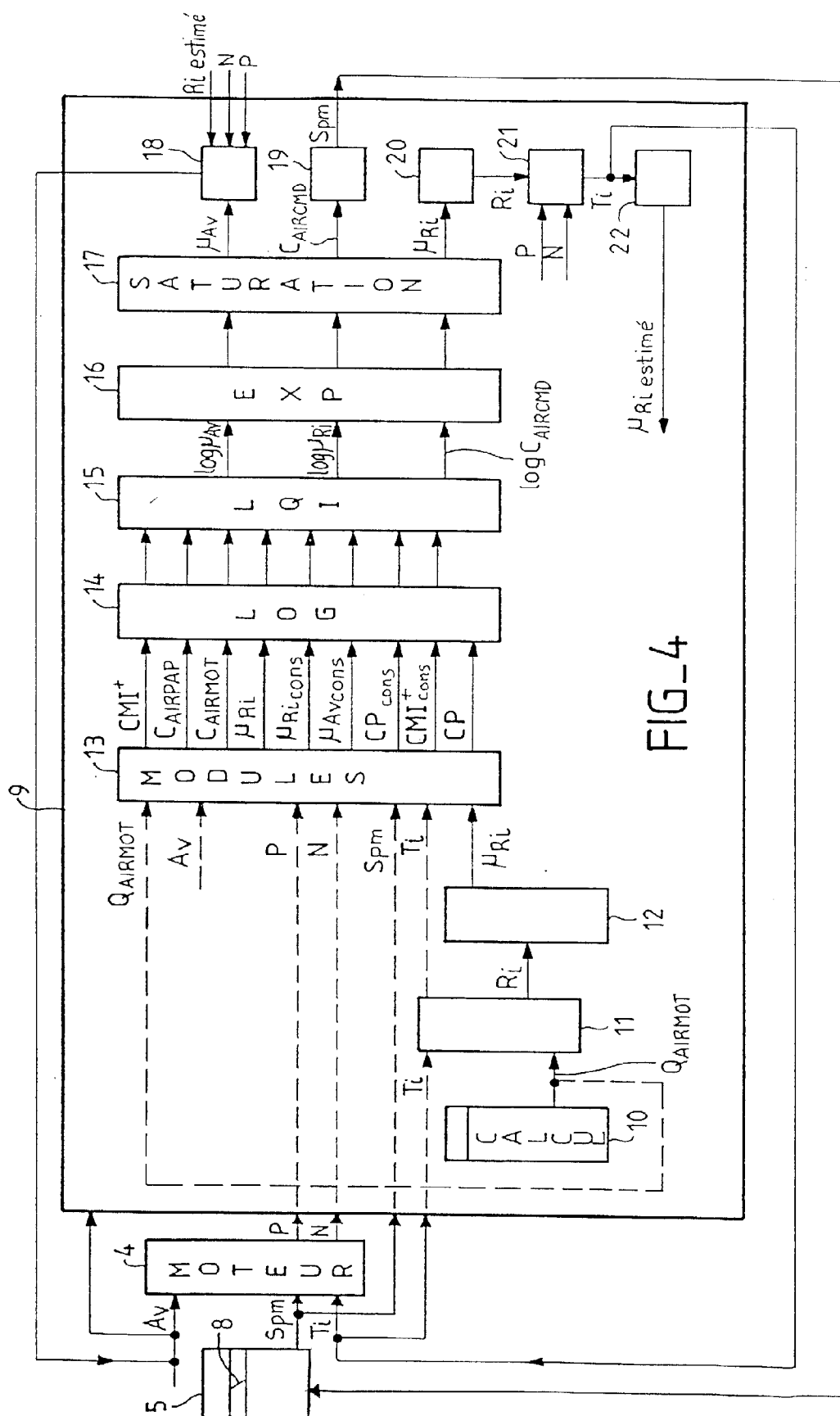
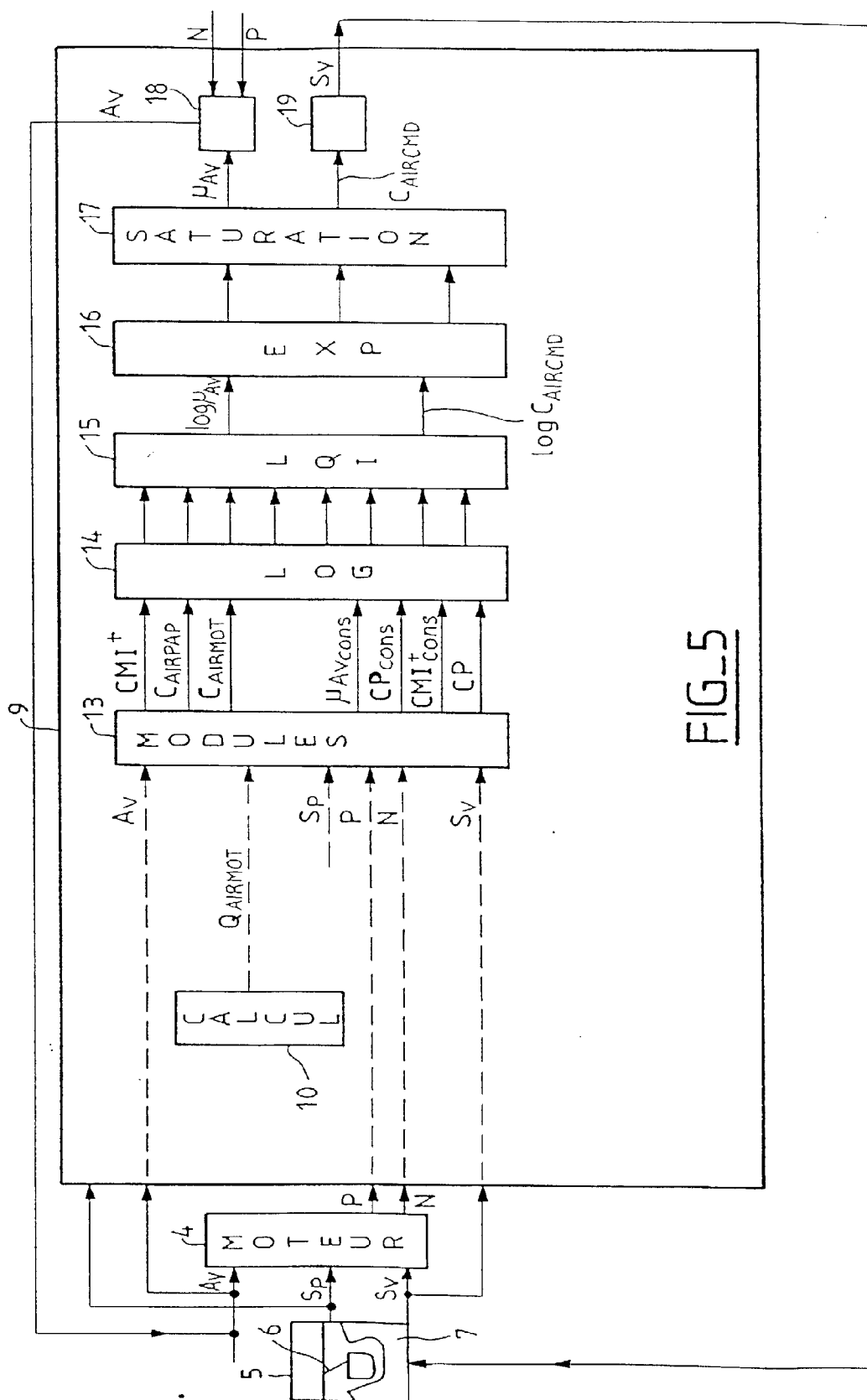


FIG-3



FIG_4



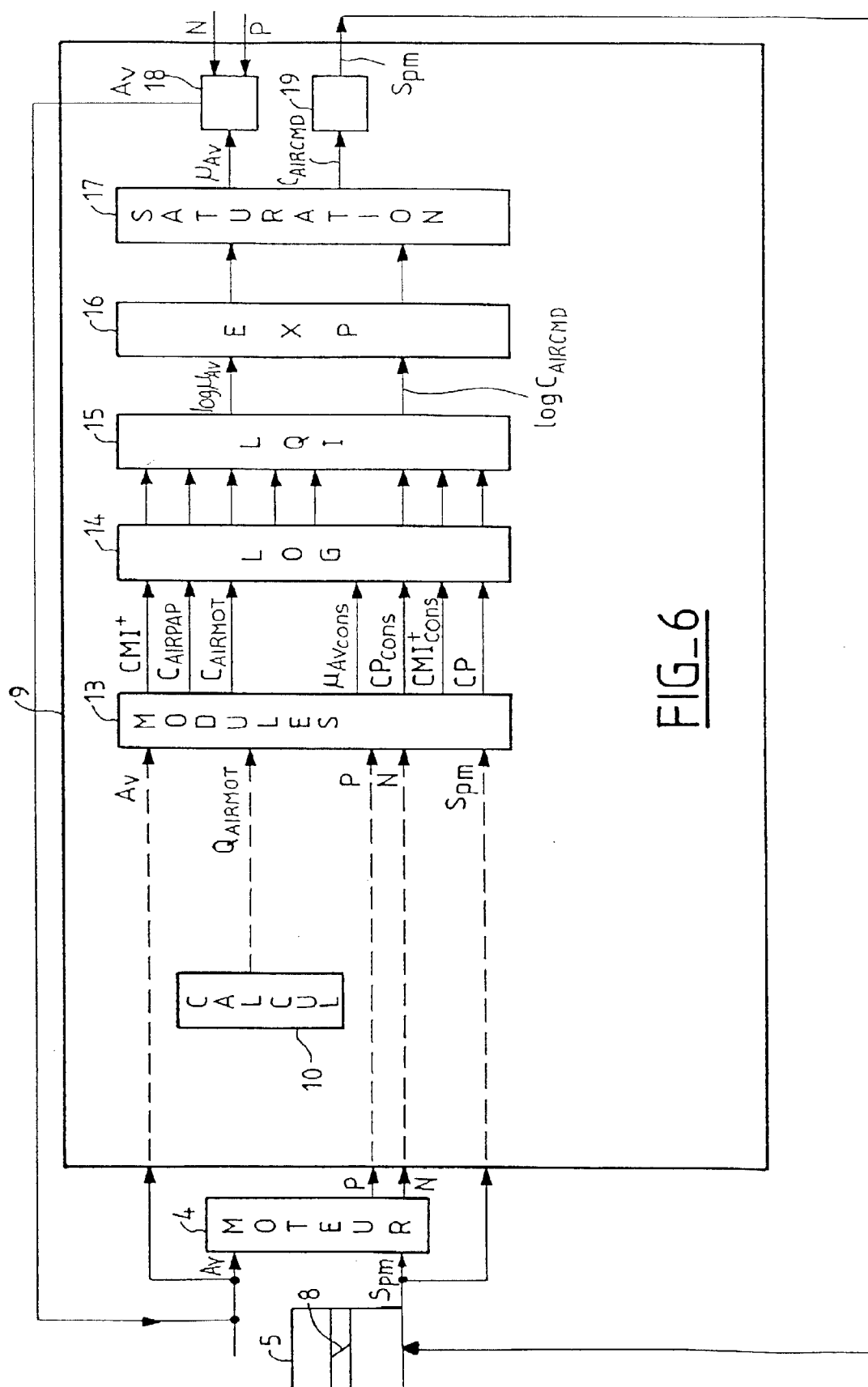


FIG-6



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 98 40 1507

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	E. KAMEI ET AL.: "APPLICATION OF REDUCED ORDER MODEL TO AUTOMOTIVE ENGINE CONTROL SYSTEM" PROCEEDING OF THE 1987 AMERICAN CONTROL CONFERENCE, vol. 3, 10 - 12 juin 1987, pages 1815-1820, XP000042674 MINNEAPOLIS (US) * le document en entier *	1,6,8	F02D41/14 F02D37/02
A	TSUTOMU TABE ET AL.: "ON THE APPLICATION OF MODERN CONTROL THEORY TO AUTOMOTIVE ENGINE CONTROL" I.E.E.E. TRANSACTION ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, vol. IE-34, no. 1, février 1987, pages 35-39, XP002058209 NEW YORK, USA * le document en entier *	1,6,8	
D,A	EP 0 185 552 A (NIPPON DENSO CO) 25 juin 1986 * le document en entier *	1,2,6,8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6) F02D
A	EP 0 337 366 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 18 octobre 1989 * page 3, ligne 21 - page 12, ligne 15 *	1,2,6	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 8 septembre 1998	Examinateur Moualed, R
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille document correspondant	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C02)