

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

①1 N° de publication :

2 634 823

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

88 10113

⑤1 Int Cl⁵ : F 02 D 41/30, 43/00.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 27 juillet 1988.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 5 du 2 février 1990.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société anonyme dite : BENDIX ELEC-
TRONICS S.A. — FR.

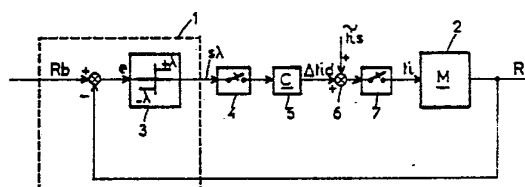
⑦2 Inventeur(s) : Mariano Sans ; François Marcel Charles
Roche.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet de Boisse.

⑤4 Procédé et dispositif de régulation de la richesse d'un mélange air-carburant d'alimentation d'un moteur à combustion interne.

⑤7 Le dispositif suivant l'invention comprend une sonde à oxygène placée dans le flux des gaz d'échappement du moteur 2 pour fournir un signal $s\lambda$ à comportement bistable représentatif de la richesse du mélange air-carburant dans le moteur. Dans la branche directe de la boucle on trouve un échantillonneur 4, un correcteur 5 fournissant un signal de correction Δtid d'un temps d'injection estimé tis , la somme ti de ces signaux étant échantillonnée en 7 avant de commander le temps d'ouverture d'un injecteur de carburant formant partie du moteur 2. Suivant l'invention le correcteur 5 fournit à l'instant d'échantillonnage une correction additive Δtid_n qui obéit à une loi récurrente prenant la forme d'une combinaison linéaire d'au moins une des valeurs Δtid_{n-k} des corrections effectuées aux instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs et des valeurs échantillonnées du signal $s\lambda$ à au moins un de ces instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs et à l'instant courant.



FR 2 634 823 - A1

D

La présente invention est relative à un procédé et un dispositif de régulation de la richesse en carburant d'un mélange air-carburant utilisé pour l'alimentation d'un moteur à combustion interne et, plus particulièrement, à un tel procédé et un tel dispositif fonctionnant en boucle fermée à partir d'un signal délivré par une sonde à oxygène placée dans les gaz d'échappement du moteur.

On connaît de tels procédés et de tels dispositifs qui établissent une régulation par modulation d'un temps (ou durée) d'ouverture d'injecteur de carburant à l'aide d'un terme multiplicatif, cette régulation étant ajustée de manière à créer une oscillation régulière et continue du rapport air/carburant autour d'une valeur nominale. Que les gaz d'échappement du moteur passent ou non dans un pot catalytique qui limite la pollution de l'environnement par ces gaz d'échappement, la modulation du rapport air-carburant est optimisée, éventuellement par rapport aux caractéristiques de ce pot, au moyen de deux types de correction, proportionnelle et intégrale, introduites dans le calcul du temps d'ouverture des injecteurs équipant le moteur à réguler.

Ces corrections sont généralement calculées au point mort haut du cylindre concerné du moteur. Il en résulte qu'on ne maîtrise pas correctement la fréquence des oscillations du rapport air-carburant car celle-ci dépend du régime du moteur. De même l'amplitude de ces oscillations ne peut être correctement contrôlée car elle dépend de l'amplitude des corrections calculées et appliquées et, du fait que les corrections sont calculées systématiquement au point mort haut, il n'est pas possible de tenir compte de la dynamique du système, ce qui provoque une perte dans les informations à traiter et donc une moindre précision des calculs utilisés pour le contrôle de l'amplitude des oscillations de la richesse du mélange.

La présente invention a pour but de fournir un

procédé, et de réaliser un dispositif, pour la régulation de la richesse d'un mélange air-carburant d'alimentation d'un moteur à combustion interne, fonctionnant en boucle fermée à partir d'un signal délivré par une sonde à oxygène placée dans les gaz d'échappement du moteur, qui permettent de maîtriser complètement la fréquence et l'amplitude des oscillations de la richesse, en rendant celles-ci indépendantes du régime du moteur.

La présente invention a aussi pour but de fournir un tel procédé et un tel dispositif, qui mettent en oeuvre une loi de régulation de richesse présentant un caractère récurrent, c'est-à-dire dépendant des états antérieurs des mesures de richesse et des valeurs des corrections précédentes du temps d'ouverture des injecteurs, de manière à établir une régulation à boucle véritablement fermée par opposition à la construction artificielle du signal représentatif du temps d'ouverture des injecteurs, à correction proportionnelle et correction intégrale, utilisée dans les procédés et dispositifs de régulation de richesse de la technique antérieure, mentionnés ci-dessus.

La présente invention a aussi pour but de fournir un tel procédé et un tel dispositif comprenant des moyens permettant de contrôler une dérive éventuelle du seuil de basculement de la sonde à oxygène utilisée.

La présente invention a encore pour but de fournir un tel procédé et un tel dispositif qui font appel au calcul d'un temps d'ouverture d'injecteur "de base", fonction linéaire de la pression d'admission du moteur, et muni de moyens pour corriger ce calcul à partir de la moyenne des corrections appliquées en boucle fermée grâce au signal fourni par la sonde à oxygène, en fonction de la confiance accordée aux mesures exploitées.

Une caractéristique d'auto-adaptivité peut ainsi être introduite dans le procédé et le dispositif suivant l'invention, de même qu'une capacité d'aide au diagnostic.

On atteint ces buts de l'invention, ainsi que d'autres qui apparaîtront dans la suite, avec un procédé

de régulation en boucle fermée de la richesse en carburant d'un mélange air-carburant pour l'alimentation d'un moteur à combustion interne, par commande d'un temps d'injection (t_i) de carburant à partir d'un signal ($s\lambda$) fourni par une sonde à oxygène à comportement bistable placée dans le courant des gaz d'échappement du moteur, ce signal étant représentatif du signe de l'écart entre la richesse R du mélange et une valeur de consigne R_c , procédé caractérisé en ce que :

10 a) on tire un signal \tilde{t}_i correspondant à un temps d'injection statique estimé à partir de mesures de paramètres représentatifs du point de fonctionnement instantané du moteur,

15 b) on échantillonne le signal $s\lambda$ fourni par la sonde et on traite le signal échantillonné dans un correcteur qui produit un signal échantillonné Δt_{id_n} représentatif d'une correction dynamique à appliquer au temps d'injection estimé \tilde{t}_i à l'instant d'échantillonnage n ,

20 c) on additionne le signal Δt_{id_n} et le signal \tilde{t}_i pour former un signal représentatif du temps d'injection t_i et on échantillonne ce signal en synchronisme avec l'échantillonnage du signal $s\lambda$, le signal de correction échantillonné Δt_{id_n} prenant la forme d'une combinaison

25 linéaire d'au moins l'une des valeurs $\Delta t_{id_{n-k}}$ des corrections effectuées aux instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs et des valeurs échantillonnées $s\lambda_{n-k}$ du signal fourni par la sonde à au moins un des instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs, et à

30 l'instant courant.
L'instant d'échantillonnage $(n-k)$ le plus lointain pris en compte dans cette combinaison linéaire définit l'ordre de la commande ainsi obtenue.

Suivant un premier mode de réalisation de l'invention, dit du premier ordre, la correction échantillonnée Δt_{id_n} est de la forme :

$$\Delta t_{id_n} = \Delta t_{id_{n-1}} + k(s\lambda_n - \eta s\lambda_{n-1})$$

où k et η sont des constantes ajustées pour assurer la stabilité de l'amplitude et de la fréquence des oscillations de la richesse du mélange dans un domaine de fonctionnement donné du moteur.

5 Suivant un deuxième mode de réalisation de l'invention, dit du deuxième ordre, la correction échantillonnée Δtid_n est de la forme :

$$\Delta tid_n = \alpha \Delta tid_{n-1} + \beta \Delta tid_{n-2} + g_0 s\lambda_n + g_1 s\lambda_{n-1} + g_2 s\lambda_{n-2}$$

10 où α , β , g_0 , g_1 , g_2 sont des constantes ajustées suivant les mêmes critères que pour le premier mode de réalisation.

Pour la mise en oeuvre de ce procédé, l'invention fournit un dispositif pour la régulation en boucle fermée
15 d'un moteur à combustion interne à l'aide d'un signal fourni par une sonde à oxygène à comportement bistable sensible à la richesse en oxygène des gaz d'échappement du moteur, caractérisé en ce qu'il comprend :

a) un échantillonneur alimenté par un signal ($s\lambda$)
20 fourni par la sonde,

b) un correcteur alimenté par le signal ($s\lambda$) échantillonné et délivrant un signal de correction (Δtid_n) échantillonné prenant la forme d'une combinaison linéaire d'au moins une des valeurs Δtid_{n-k} des corrections
25 effectuées aux instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs, et des valeurs échantillonnées $s\lambda_{n-k}$ du signal fourni par la sonde à au moins un des instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs, et à l'instant courant.

30 c) des moyens de calcul d'un temps d'injection statique estimé, délivrant un signal (\tilde{tis}) représentatif de celui-ci, un additionneur pour combiner les signaux (Δtid_n) et (\tilde{tis}) de manière à former un signal représentatif d'un temps d'injection (ti) effectif,

35 e) un deuxième échantillonneur pour échantillonner le signal représentatif du temps d'injection (ti) effectif, en synchronisme avec l'échantillonnage du

signal (s_λ), et pour délivrer le signal échantillonné à un organe de commande du temps d'ouverture d'un injecteur de carburant formant partie du moteur.

Suivant un premier mode de réalisation de l'invention, la fonction de transfert du correcteur utilisé est du premier ordre.

Suivant un deuxième mode de réalisation de l'invention, la fonction de transfert du correcteur utilisé est du deuxième ordre.

10 D'autres modes de réalisation peuvent être envisagés, utilisant des correcteurs dont la fonction est de transfert est d'ordre supérieur à 2.

Le dispositif suivant l'invention peut comprendre en outre un moyen pour corriger une dérive du seuil de 15 basculement de la sonde à oxygène ou pour régler la valeur du seuil de basculement d'un signal tiré du signal fourni par la sonde, de manière à faire varier la valeur du seuil effectivement pris en compte par le dispositif.

Au dessin annexé, donné seulement à titre d'exemple:

20 - la figure 1 est un schéma fonctionnel du dispositif de régulation suivant l'invention et,

- la figure 2 est un schéma fonctionnel d'une variante du dispositif de la figure 1, comprenant des moyens pour corriger une dérive éventuelle du seuil de 25 basculement d'une sonde à oxygène formant partie du dispositif.

On se réfère à la figure 1 du dessin où il apparaît que le dispositif de régulation de la richesse du mélange air-carburant d'alimentation d'un moteur à combustion 30 interne suivant l'invention est du type qui comprend une sonde à oxygène 1, couramment appelé "sonde λ ". Cette sonde est sensible à la concentration en oxygène des gaz d'échappement d'un moteur 2 et fournit un signal s_λ à comportement bistable représentatif du signe de la 35 différence entre la richesse R du mélange, telle qu'on l'estime à partir de la concentration en oxygène de gaz d'échappement, et la richesse Rb de basculement de la

sonde. Ainsi le signal $s\lambda$ présente-t-il deux états $+\lambda$ et $-\lambda$ respectivement représentatifs d'une richesse R inférieure ou supérieure à la richesse de basculement R_b recherchée pour assurer une combustion contrôlée du
5 mélange, propre à assurer par exemple que la composition des gaz d'échappement respecte des normes relatives aux émissions en hydrocarbures et en monoxyde de carbone, avec ou sans l'assistance de catalyseurs, comme il est bien connu dans la technique.

10 Le comportement bistable du signal $s\lambda$ est schématisé à la figure 1 par un relais non-linéaire 3, alimenté par un signal (e) représentatif de l'écart de richesse ($R_b - R$).

Le dispositif de la figure 1 comprend en outre un
15 échantillonneur 4 recevant à son entrée le signal $s\lambda$ délivré par la sonde 1 et fournissant un signal échantillonné à un correcteur 5 dont le rôle sera explicité dans la suite. Un additionneur 6 reçoit :

- d'une part un signal représentatif d'un temps
20 d'injection statique (\tilde{t}_{is}) estimé, calculé par exemple à partir d'une cartographie dans un système pression-vitesse (pression d'air à l'admission du moteur, régime du moteur) et de corrections éventuelles prenant en compte la température de l'air, celle du liquide de refroidissement
25 du moteur, etc...

- d'autre part un signal représentatif d'une correction dynamique d'injection (Δt_{id}) élaborée par le correcteur à partir du signal $s\lambda$ échantillonné.

La somme de ces deux grandeurs est traitée dans un
30 deuxième échantillonneur 7 et le signal résultant échantillonné, représentatif du temps d'ouverture d'injecteur effectif t_i , ou temps d'injection, commande la durée d'ouverture d'un injecteur de carburant formant partie du moteur 2.

35 Suivant la présente invention, les deux échantillonneurs 4 et 7 fonctionnent de manière synchrone avec la même période d'échantillonnage T_e , indépendante de la

vitesse de rotation du moteur, ou régime, ce qui permet de rendre indépendantes de ce régime les oscillations du dispositif de régulation suivant l'invention. On s'assure ainsi une totale maîtrise de ces oscillations.

5 Une modélisation du dispositif de régulation de la figure 1 permet, à partir du choix de valeur e_0 de l'amplitude et f_0 de la fréquence de l'oscillation de l'écart de richesse $e = R_b - R$, de calculer les paramètres du système. Pour ce faire, on utilise un modèle dynamique
10 fréquentiel pour reproduire le comportement bistable de la sonde à oxygène et on identifie l'équation caractéristique en boucle fermée du modèle à la dynamique souhaitée, qui est fonction de l'amplitude et de la fréquence désirée pour l'oscillation en richesse. Comme on l'a vu plus haut,
15 grâce à l'échantillonnage utilisé, la régulation ainsi définie est indépendante du régime du moteur.

Ainsi, en utilisant la méthode du 1er harmonique, si l'on définit par :

$$S(e) = 4.\lambda / \pi.e$$

20 le "gain équilibrant" du relais non linéaire qui modélise la sonde à oxygène 1, l'équation caractéristique $D_{s,r}$ de la boucle fermée d'un modèle du dispositif de régulation de la figure 1 s'écrit :

$$D_{s,r} = 1 + S(e).C(p).M(p)$$

25 avec

p = opérateur de Laplace,

$C(p)$ = modèle de Laplace du correcteur 5,

$M(p)$ = modèle de Laplace du moteur 2.

Si on écrit $M(Z) = \mathcal{Z}[B_0.M(p)]$ la transformée en Z
30 de $B_0.M$ où

$B_0(p) = (1 - e^{-T_0 \cdot p})/p$ = bloqueur d'ordre zéro modélisant les échantillonneurs 4 et 7, et :

$Z^{-1} = e^{-T_0 \cdot p}$ étant l'opérateur retard, l'équation en

Z de $D_{s,r}$ s'écrit alors :

35
$$D_{s,r} = 1 + S(e).C(Z).M(Z)$$

Les oscillations stables seront obtenues pour les solutions e_0 et Z_0 de l'équation $D_{s,r} = 0$.

A échantillonnage constant de période T_e établi par les échantillonneurs 4 et 7, le modèle $M(Z)$ étant supposé connu, et à partir du choix de e_0 et de f_0 on tire :

$$Z_0 = e^{j \cdot T_e \cdot 2\pi \cdot f_0},$$

5 racine du polynome caractéristique :

$$1 + S(e_0).C(Z).M(Z) = 0$$

On réglera, à partir de la valeur Z_0 trouvée, les coefficients de l'expression en Z , $C(Z)$ du modèle de Laplace $C(p)$ choisi pour le correcteur 5.

10. Ainsi, suivant un premier mode de réalisation de l'invention qui fait appel à des modèles du premier ordre, on choisit pour modéliser le moteur 2 la fonction de transfert :

$$M(p) = G/(1 + \tau p)$$

15 où G et τ sont des constantes.

L'expression en Z de ce modèle est

$$M(Z) = G(1-a)/(Z-a),$$

$$\text{où } a = e^{-T_e/\tau}$$

Pour le correcteur $C(Z)$ on choisit alors un modèle du 1er
20 ordre de la forme :

$$C(Z) = k (Z - \eta)/(Z - 1),$$

où k et η sont des constantes, le terme intégral $1/(Z-1)$ étant introduit dans cette expression pour intégrer les perturbations et assurer une erreur moyenne nulle en

25 régime permanent.

Avec ces modèles $M(Z)$ et $C(Z)$ et en écrivant que pour des valeurs e_0 et Z_0 :

$$D_{z,f}(e_0, f_0) = 0,$$

$$\text{on a: } e_c + 4\lambda/\pi.G(1-a) k (Z_0 - \eta)/(Z_0 - a)(Z_0 - 1) = 0$$

30 Cette expression, qui lie les paramètres k et η permet, à partir du choix de l'un deux, de calculer l'autre et donc d'ajuster les coefficients du modèle $C(Z)$ choisi pour le correcteur 5.

On démontre alors que la correction d'injection échantillonnée Δtid_n qui s'ajoute au temps d'injection estimé \tilde{t}_{is} pour définir le temps d'ouverture d'injecteur $t_i = \tilde{t}_{is} + \Delta tid$ s'exprime par la relation :

$$\Delta \text{tid}_n = \Delta \text{tid}_{n-1} + k (s\lambda_n - \eta s\lambda_{n-1}) \quad (1)$$

Ainsi, avec une modélisation du 1er ordre du moteur 2 et du correcteur 5, il apparaît que le procédé de régulation suivant l'invention établit une correction additive du temps d'injection t_i , par une valeur récurrente Δtid_n qui se déduit de la valeur Δtid_{n-1} de cette correction à l'instant d'échantillonnage immédiatement antérieur par l'addition d'une fonction linéaire de la différence des valeurs du signal $s\lambda$ fourni par la sonde aux instants d'échantillonnage n et $n-1$.

Suivant un deuxième mode de réalisation de l'invention faisant appel à des modèles du deuxième ordre, avec :

$$M(Z) = G(\alpha'Z + \beta') / (Z^2 - \gamma'Z + \delta')$$

$$\text{et } C(Z) = (g_0Z^2 + g_1Z + g_2) / (Z^2 - \alpha Z - \beta)$$

où α' , β' , γ' , δ' et g_0 , g_1 , g_2 , α , β sont des constantes, on démontre que la correction d'injection échantillonnée Δtid_n prend la forme :

$$\Delta \text{tid}_n = \alpha \Delta \text{tid}_{n-1} + \beta \Delta \text{tid}_{n-2} + g_0 s\lambda_n + g_1 s\lambda_{n-1} + g_2 s\lambda_{n-2} \quad (2)$$

La correction prend alors la forme d'une combinaison linéaire des valeurs de la correction Δtid et du signal $s\lambda$ aux deux instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs ainsi que de la valeur du signal $s\lambda$ à l'instant d'échantillonnage courant. Une telle correction suit ainsi plus étroitement les évolutions des signaux pris en compte et assure donc une correction des perturbations plus rapide que celle obtenue avec une modélisation du 1er ordre.

On notera à ce propos que la somme $\alpha + \beta$ des coefficients des termes Δtid_{n-1} et Δtid_{n-2} satisfait à la relation $\alpha + \beta = 1$. Ceci reflète la présence dans le modèle $C(Z)$ du terme intégral $1/(Z-1)$ qui assure précisément l'intégration des perturbations.

Pratiquement la mise en oeuvre de l'invention revient à prévoir des moyens de calcul du terme t_{is} et d'une loi récurrente telle que référencée (1) ou (2) ci-dessus.

Bien qu'une mise en oeuvre analogique de ces moyens

Bien qu'une mise en oeuvre analogique de ces moyens soit possible, on préfère utiliser des calculateurs numériques pour ce faire, des calculateurs de ce type étant couramment utilisés aujourd'hui dans les dispositifs électroniques de commande de l'injection du carburant dans un moteur à combustion interne. Une programmation adéquate des moyens de calcul numériques incorporés à un tel dispositif permet alors le calcul du terme \dot{t}_s à partir d'une cartographie pression/vitesse et de la prise en compte d'autres paramètres, tels que la température de l'air ou du liquide de refroidissement du moteur, comme on l'a vu plus haut. La loi récurrente permettant d'atteindre Δt_{id} est elle-même programmée, un programme de ce type étant connu sous le nom de correcteur numérique.

Ainsi, conformément aux objectifs fixés, la présente invention permet-elle de fournir un procédé, et de réaliser un dispositif, pour la régulation par correction additive de la richesse d'un mélange air-carburant d'alimentation d'un moteur à combustion interne, présentant des caractéristiques améliorées en ce qui concerne la dynamique et la stabilité de la régulation, par une prise en compte de plusieurs états successifs du système et non de son état à un instant donné seulement.

L'échantillonnage constant mis en oeuvre dans la présente invention permet aussi d'assurer un meilleur contrôle des oscillations, en permettant de fixer leur amplitude et leur fréquence indépendamment du régime du moteur.

On a représenté à la figure 2 une variante du dispositif de régulation de la figure 1 qui permet de corriger une dérive du signal s fourni par la sonde, signal essentiel au bon fonctionnement du dispositif suivant l'invention. A la figure 2, des organes identiques ou similaires à des organes du dispositif de la figure 1 sont repérés par le même nombre.

On observe en effet que, dans le temps, la valeur de

la richesse du mélange qui provoque le basculement du signal $s\lambda$ peut varier, en affectant ainsi le réglage du temps d'injection qui commande le fonctionnement des injecteurs du moteur.

5 En référence à la figure 2 il apparaît que si :

Rb est la richesse de basculement de la sonde,

Rc la richesse de consigne désirée,

On observe couramment, avec le temps, que Rb descend en dessous de la valeur Rc, ce qui donne alors une dérive

10 e^* de l'écart de richesse :

$$e^* = - Rb + Rc,$$

qui affecte le signal $s\lambda$.

La présente invention a donc aussi pour but de prévoir des moyens de correction de cette éventuelle
15 dérive e^* entre la valeur de basculement réelle et la valeur de référence ou de consigne Rc.

La présente invention a encore pour but d'autoriser, par l'utilisation des mêmes moyens, un réglage de la valeur de consigne Rc, à une valeur différente de 1.
20 (valeur correspondant à la stoechiométrie), pour assurer par exemple un enrichissement du mélange, en régulation, lors d'une commande d'accélération du moteur. Rc sera alors réglé à une valeur supérieure à 1.

A l'opposé, un réglage de Rc à une valeur inférieure
25 à 1 permet d'adapter le dispositif de régulation au réglage d'un mélange "pauvre", pour satisfaire à des normes anti-pollution par exemple.

Pour ce faire, suivant l'invention, on ajoute dans la boucle directe, entre la sortie de la sonde 1 et
30 l'échantillonneur 4, un moyen 8 qui retarde un front du signal $s\lambda$, de manière à former un signal $s\lambda^*$ équivalent à celui que produirait un relais non-linéaire 3 qui présenterait de l'hystérésis.

Un retard δ est ainsi appliqué au front montant ou
35 descendant du signal rectangulaire $s\lambda$ pour établir un décalage du seuil dans le sens d'une augmentation ou d'une diminution, respectivement, du seuil de basculement.

L'introduction de ce retard dissymétrise le signal $s\lambda$ vers une information de richesse moyenne inférieure ou supérieure, et la boucle fermée du dispositif de régulation assure une stabilisation de la richesse vers une
5 valeur de référence supérieure ou inférieure, respectivement.

Le retard δ est ajusté par comparaison de la richesse réelle R à la richesse de consigne recherchée. On déplace ainsi le seuil de basculement du signal $s\lambda$
10 corrigé, soit pour corriger une dérive de la sonde, soit pour modifier volontairement ce seuil pour les raisons indiquées ci-dessus.

Le dispositif de régulation en boucle fermée peut être mis hors service dans certaines situations, par
15 exemple en période de préchauffage ou lorsqu'une panne provisoire ou permanente de la sonde à oxygène a été détectée.

Dans tous les autres cas le dispositif est en service pour assurer divers fonctionnement tels que :

20 - un fonctionnement en régulation à $R_c = 1$ en régime stabilisé ou en zone de dépollution,

- un fonctionnement en poursuite avec $R_c \neq 1$, hors des zones de dépollution et en cas de régimes transitoires (accélérations, décélérations, etc...)

25 Dans ce cas la valeur de consigne R_c à utiliser pourra être fixée par une cartographie dans un système de référence du type pression d'admission/vitesse-moteur, par exemple, cette cartographie étant contenue dans une mémoire appropriée de tout type connu.

30 Ainsi, grâce à l'invention peut-on contrôler en continu, et en boucle fermée, le seuil de basculement de la sonde et établir une régulation autour de ce seuil, aussi bien en régime stabilisé qu'en régime transitoire (fonctionnement du moteur assurant le respect de normes
35 antipollution, ou à pleine charge, en accélération par exemple).

On a vu ci-dessus que le temps d'injection effectif

qui correspond au temps d'ouverture d'un injecteur est de la forme :

$$t_i = \tilde{t}_{is} + \Delta t_{id}$$

où \tilde{t}_{is} représente une valeur de base, ou temps d'injection statique estimé, l'estimation étant exécutée à partir de valeurs cartographiques, par exemple, auxquelles on applique éventuellement diverses corrections de température, d'altitude, etc...

Suivant la présente invention, on se propose d'améliorer l'évaluation du temps d'injection estimé de base \tilde{t}_{is} à partir du calcul d'une moyenne des corrections Δt_{id} antérieures introduites par l'utilisation d'une boucle fermée incorporant une sonde à oxygène, en faisant intervenir une fonction "confiance" attachée aux mesures réalisées et des zones de validation des corrections. Une telle procédure permet de donner au dispositif de régulation suivant l'invention un caractère auto-adaptatif.

Le calcul du temps d'injection estimé \tilde{t}_{is} est basé, suivant l'invention, sur l'expression :

$$\tilde{t}_{is} = R \cdot \alpha_0 \cdot (P_r + p_0) = R \cdot g_0, \text{ avec}$$

R, richesse du mélange

P_r , pression d'admission au collecteur du moteur,

α_0 , p_0 , constantes,

$$g_0 = \alpha_0 \cdot (P_r + p_0)$$

La sonde à oxygène permet d'introduire une correction périodique Δt_{id} telle que :

$$t_i = \tilde{t}_{is} + \Delta t_{id}$$

Sur un intervalle de temps suffisamment long, en régime stabilisé caractérisé par de faibles gradients de la vitesse N du moteur et de la pression d'admission P_r , avec un fonctionnement sans panne de la sonde et des conditions normales de fonctionnement, on mesure la pression moyenne P_r et la correction moyenne associée Δt_{id} . Ces mesures permettent d'intégrer la composante Δt_{id} dans le calcul de base de la fonction :

$$g_0 = \alpha_0 \cdot (P_r + p_0)$$

en réactualisant les coefficients α_0 et p_0 . A partir de g_0 , on atteint $\tilde{t}is$.

Suivant l'invention, on utilise la méthode des moindres carrés récursifs pondérés par une fonction de confiance, cette méthode de calcul visant à minimiser un critère C tel que :

$$C = \sum_n \mu_n^2 (t_{i_n} - \tilde{t}is_n)^2 = \sum_n \mu_n^2 (\overline{\Delta tid_n})^2$$

Le paramètre μ_n représente la confiance accordée à la mesure $\overline{\Delta tid_n}$. Sa valeur est faible ou forte suivant que l'on souhaite une faible ou forte prise en compte de la mesure. La pondération ainsi établie peut être liée aux diverses zones de fonctionnement du moteur, de manière à avoir une signification physique directement exploitable. Par exemple on accordera une plus grande confiance aux mesures $\overline{\Delta tid_n}$ réalisées aux pressions d'admission de valeurs moyennes de manière à éliminer, ou du moins à réduire, l'influence des mesures réalisées lorsque le moteur fonctionne dans des conditions extrêmes, à fort ou bas régime, qui peuvent être dues à des circonstances exceptionnelles.

On peut aussi privilégier les mesures courantes par rapport aux mesures anciennes de manière à obtenir une correction autoadaptative plus rigoureuse et simplifiée du temps d'injection par la procédure décrite ci-dessus. Celle-ci permet aussi de mettre en évidence des dérives éventuelles du fonctionnement du système de régulation, significatives d'un défaut de fonctionnement. Ainsi la constatation de dérives nombreuses dans des zones de mesures de faible confiance peut-elle être utilisée en tant qu'aide pour diagnostiquer des défauts de fonctionnement.

Bien entendu, on pourra utiliser des corrections cartographiques dans des systèmes autres que le système pression d'admission/vitesse moteur décrit ci-dessus, par exemple dans le système débit d'air admis/vitesse moteur, ou dans un autre système faisant appel à toute autre combinaison de mesures physiques accessibles sur le

2634823

15

moteur, sans sortir du cadre de la présente invention.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de régulation en boucle fermée de la richesse en carburant d'un mélange air-carburant pour l'alimentation d'un moteur à combustion interne, par commande d'un temps d'injection (t_i) de carburant à partir d'un signal s_λ fourni par une sonde à oxygène à comportement bistable placée dans le courant des gaz d'échappement du moteur, ce signal étant représentatif du signe de l'écart entre la richesse R du mélange et une valeur de consigne R_c , procédé caractérisé en ce que :

a) on tire un signal \tilde{t}_{is} correspondant à un temps d'injection statique estimé à partir de mesures de paramètres représentatifs du point de fonctionnement instantané du moteur,

b) on échantillonne le signal s_λ fourni par la sonde et on traite le signal échantillonné dans un correcteur qui produit un signal échantillonné (Δt_{id_n}) représentatif d'une correction à appliquer au temps d'injection estimé \tilde{t}_{is} à l'instant d'échantillonnage n ,

c) on additionne le signal Δt_{id_n} et le signal \tilde{t}_{is} pour former un signal représentatif du temps d'injection (t_i) et on échantillonne ce signal en synchronisme avec l'échantillonnage du signal s_λ , le signal de correction échantillonné Δt_{id_n} prenant la forme d'une combinaison linéaire d'au moins une des valeurs $\Delta t_{id_{n-k}}$ des corrections effectuées aux instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs et des valeurs échantillonnées du signal fourni par la sonde à au moins un des instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs, et à l'instant courant.

2. Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que la correction échantillonnée Δt_{id_n} du temps d'ouverture prend la forme :

$$\Delta t_{id_n} = \Delta t_{id_{n-1}} + k(s_\lambda_n - \eta s_\lambda_{n-1})$$

où k et η sont des constantes ajustées pour assurer la stabilité de l'amplitude et de la fréquence des oscillations de la richesse du mélange dans un domaine de fonctionnement donné du moteur, s_λ_n et s_λ_{n-1} sont deux

valeurs du signal $s\lambda$ aux instants d'échantillonnage n et $n-1$.

3. Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que la correction échantillonnée Δtid_n du temps d'ouverture prend la forme :

$$\Delta tid_n = \alpha \Delta tid_{n-1} + \beta \Delta tid_{n-2} + g_0 s\lambda_n + g_1 s\lambda_{n-1} + g_2 s\lambda_{n-2}$$

où α , β , g_0 , g_1 et g_2 sont des constantes ajustées pour assurer la stabilité de l'amplitude et de la fréquence des oscillations de la richesse du mélange, dans un domaine de fonctionnement donné du moteur, $s\lambda_n$, $s\lambda_{n-1}$, $s\lambda_{n-2}$ sont des valeurs du signal $s\lambda$ aux instants d'échantillonnage n , $n-1$ et $n-2$.

4. Procédé conforme à la revendication 3, caractérisé en ce que les coefficients α et β satisfont à la relation $\alpha + \beta = 1$.

5. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on corrige une éventuelle dérive du seuil de basculement de la sonde à oxygène à comportement bistable.

6. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on règle le seuil de basculement d'un signal corrigé $s\lambda^*$ tiré du signal $s\lambda$ fourni par la sonde à oxygène à comportement bistable, pour établir une régulation continue en boucle fermée du moteur, soit en régime stabilisé, soit en régime transitoire.

7. Procédé conforme à la revendication 6, caractérisé en ce qu'on règle le seuil de basculement du signal corrigé $s\lambda^*$ à l'aide d'une valeur de la richesse correspondante du mélange tirée d'une cartographie définissant la valeur de cette richesse en fonction des diverses zones de fonctionnement du moteur.

8. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on corrige le calcul du temps d'injection estimé \tilde{t}_{is} à partir de la moyenne des corrections successives Δtid_n en boucle

fermée.

9. Procédé conforme à la revendication 8, caractérisé en ce qu'on utilise, pour la correction du temps d'injection estimé \tilde{t}_{is} , la méthode des moindres carrés récurrents.

10. Procédé conforme à l'une quelconque des revendications 8 et 9, caractérisé en ce qu'on pondère les mesures des corrections moyennes Δt_{id_n} prises en compte dans le calcul des moyennes par une fonction confiance liée aux diverses zones de fonctionnement du moteur.

11. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à la revendication 1, pour la régulation en boucle fermée d'un moteur à combustion interne à l'aide d'un signal fourni par une sonde à oxygène à comportement bistable sensible à la richesse en oxygène des gaz d'échappement du moteur, caractérisé en ce qu'il comprend :

(a) un échantillonneur (4) alimenté par un signal s fourni par la sonde,

(b) un correcteur (5) alimenté par le signal $s\lambda$ échantillonné et délivrant un signal de correction (Δt_{id}) échantillonné prenant la forme d'une combinaison linéaire d'au moins une des valeurs ($\Delta t_{id_{n-k}}$) des corrections effectuées aux instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs et des valeurs échantillonnées $s\lambda_{n-k}$ du signal fourni par la sonde à au moins un des instants d'échantillonnage immédiatement antérieurs, et à l'instant courant.

(c) des moyens de calcul d'un temps d'injection statique estimé, délivrant un signal (\tilde{t}_{is}) représentatif de celui-ci,

(d) un additionneur (6) pour combiner les signaux (Δt_{id}) et (\tilde{t}_{is}) de manière à former un signal représentatif d'un temps d'injection (t_i) effectif,

(e) un deuxième échantillonneur (7) pour échantillonner le signal représentatif du temps d'injection effectif (t_i), en synchronisme avec l'échantillonnage du signal ($s\lambda$), et pour délivrer le signal échantillonné à

un organe de commande du temps d'ouverture d'un injecteur de carburant formant partie du moteur.

12. Dispositif conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que le correcteur est du premier ordre et délivre un signal de correction échantillonné Δtid_n de la forme :

$$\Delta tid_n = \Delta tid_{n-1} + k(s\lambda_n - \eta s\lambda_{n-1})$$

où k et η sont des constantes ajustées pour assurer la stabilité de l'amplitude et de la fréquence des oscillations de la richesse du mélange dans un domaine de fonctionnement donné du moteur,

$s\lambda_n$ et $s\lambda_{n-1}$ sont deux valeurs du signal $s\lambda$ aux instants d'échantillonnage n et $n-1$.

13. Dispositif conforme à la revendication 11, caractérisé en ce que le correcteur est du deuxième ordre et délivre un signal de correction échantillonné Δti_n de la forme :

$$\Delta tid_n = \alpha \Delta tid_{n-1} + \beta \Delta tid_{n-2} + g_0 s\lambda_n + g_1 s\lambda_{n-1} + g_2 s\lambda_{n-2}$$

où α , β , g_0 , g_1 , g_2 sont des constantes ajustées pour assurer la stabilité de l'amplitude et de la fréquence des oscillations de la richesse du mélange, dans un domaine de fonctionnement donné du moteur,

$s\lambda_n$, $s\lambda_{n-1}$, $s\lambda_{n-2}$ sont des valeurs du signal $s\lambda$ aux instants d'échantillonnage n , $n-1$, $n-2$.

14. Dispositif conforme à la revendication 13, caractérisé en ce que les coefficients α et β sont liés par la relation :

$$\alpha + \beta = 1$$

15. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 11 à 14, caractérisé en ce que le correcteur est un correcteur numérique.

16. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 11 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen (8) pour corriger une dérive du seuil de basculement de la sonde à oxygène (1).

17. Dispositif conforme à l'une quelconque des

revendications 11 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend un moyen (8) pour régler le seuil de basculement d'un signal ajusté s^{λ} tiré du signal s^{λ} fourni par la sonde, de manière à établir une régulation continue en boucle fermée du moteur, soit en régime stabilisé soit en régime transitoire.

18. Dispositif conforme à la revendication 17, caractérisé en ce qu'il comprend une mémoire contenant une distribution cartographique des richesses correspondant aux différents seuils de basculement réglés par le moyen (8).

19. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 11 à 18, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour corriger le temps d'injection estimé \tilde{t}_{is} à partir de la moyenne des corrections successives Δt_{id_n} .

1.1

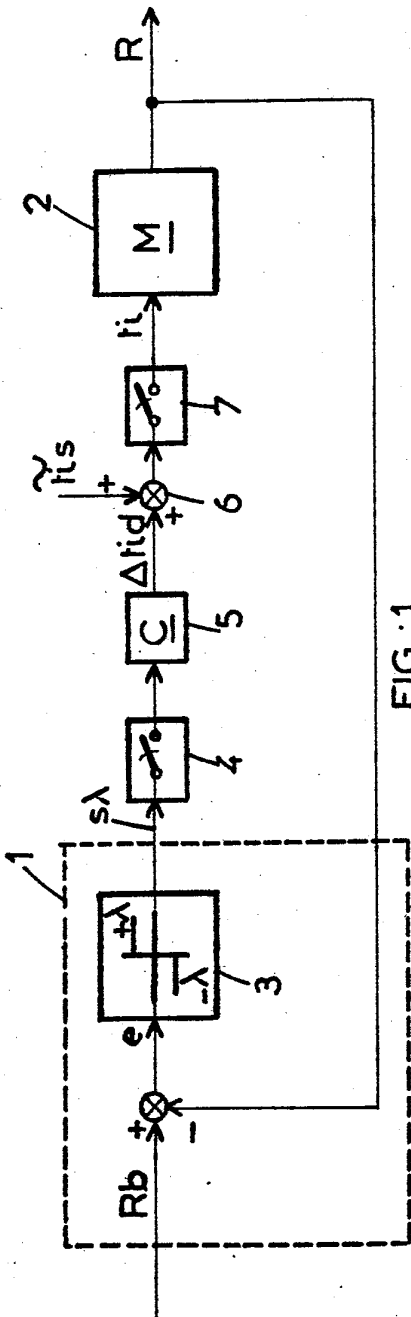


FIG.:1

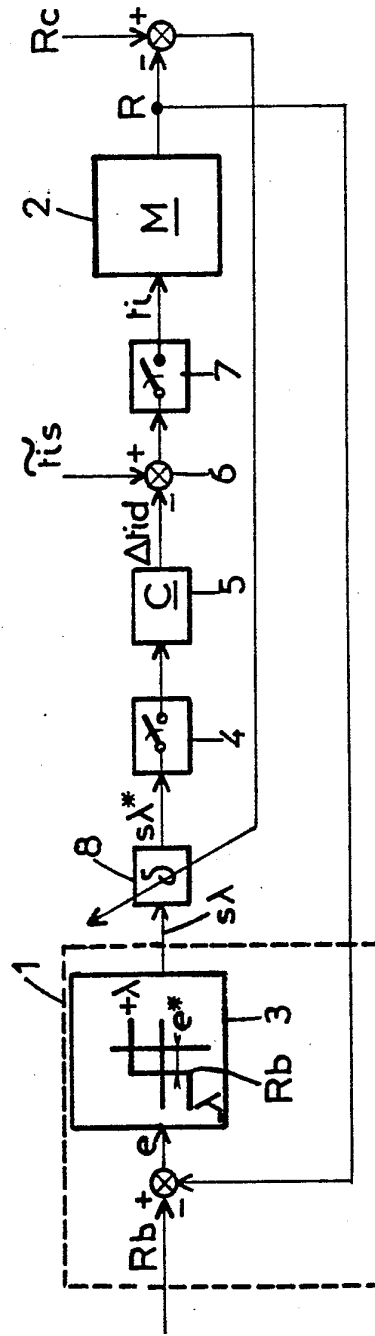


FIG.:2