



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
23.10.2002 Bulletin 2002/43

(51) Int Cl.7: **F01L 9/04**

(21) Numéro de dépôt: **02290723.2**

(22) Date de dépôt: **21.03.2002**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **17.04.2001 FR 0105184**

(71) Demandeur: **Peugeot Citroen Automobiles SA**
92200 Neuilly sur Seine (FR)

(72) Inventeur: **Sedda, Emmanuel M.**
78700 Conflans Sainte Honorine (FR)

(74) Mandataire: **Grynwald, Albert**
Cabinet Grynwald,
127, rue du Faubourg Poissonnière
75009 Paris (FR)

(54) **Dispositif d'actionnement à électroaimant notamment pour une soupape de moteur à combustion interne**

(57) L'invention est relative à un dispositif d'actionnement à électro-aimant et élément mobile dans lequel l'élément mobile se déplace en fonction de l'intensité du courant dans la bobine de l'électro-aimant.

Ce dispositif comporte un circuit de régulation à rétroaction à l'aide d'au moins un signal représentatif de la position de l'élément mobile, avec un moyen (54) pour linéariser la dépendance entre, d'une part, un signal

d'entrée (γ) représentant un paramètre tel que l'accélération, différent de la position, de la course de l'élément mobile et, d'autre part, le signal représentatif de la position.

De préférence, le moyen de linéarisation effectue la linéarisation sur toute la course de l'élément mobile.

L'invention s'applique notamment à la commande de l'ouverture et la fermeture d'une soupape de moteur à combustion interne.

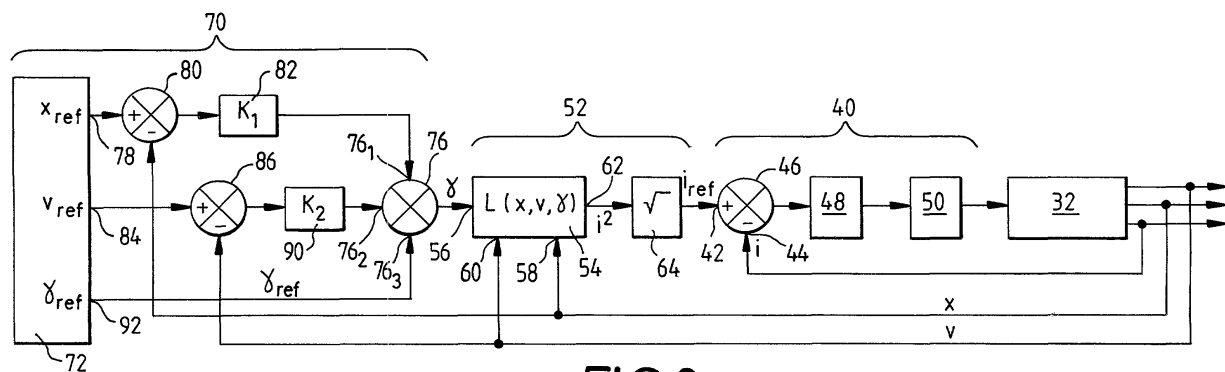


FIG.3

Description

[0001] L'invention est relative à un dispositif d'actionnement de soupape de moteur à combustion interne ainsi qu'à un moteur comprenant un tel dispositif.

[0002] Dans un moteur à combustion interne, les soupapes constituent des éléments essentiels qui doivent s'ouvrir et se fermer à des moments prédéterminés pour un fonctionnement correct du moteur. Dans un moteur classique, les soupapes sont actionnées grâce à des liaisons mécaniques relativement complexes avec le reste du moteur. Dans la période récente, des moteurs à soupapes commandées électroniquement ont été développés, cette commande permettant de choisir à volonté les moments d'ouverture et de fermeture.

[0003] Pour permettre une telle commande des soupapes, on prévoit un dispositif d'actionnement comprenant, d'une part, un électro-aimant présentant une bobine 10 (figure 1) alimentée par un circuit électronique de commande et un circuit magnétique 12 dont le champ dépend de l'intensité du courant dans la bobine 10, et, d'autre part, un plateau mobile 14 solidaire de la soupape. En général on prévoit (figure 2) deux électro-aimants 16 et 18 de part et d'autre du plateau mobile 14 associé à des ressorts de rappel 20 et 22. L'électro-aimant 16 commande la fermeture de la soupape 24 alors que l'électro-aimant 18 commande son ouverture.

[0004] Pour assurer une étanchéité parfaite de la soupape en position fermée, compte-tenu des dispersions mécaniques inévitables lors de fabrication en série, ainsi que des dilatations dues aux variations de température, on prévoit un jeu de distribution 30 qui provoque, au moment de la fermeture de la soupape, une séparation mécanique entre la soupape et l'actionneur 14.

[0005] Un problème important à résoudre avec un tel dispositif d'actionnement est celui des chocs du plateau mobile 14 contre les circuits magnétiques des électro-aimants 16 et 18 et celui des chocs de la soupape 24 contre son siège 26. Les bruits provoqués par ces chocs sont particulièrement désagréables.

[0006] Les dispositifs de commande connus jusqu'à présent entraînent des vitesses supérieures à 0,1 mètre par seconde lors de l'impact du plateau mobile contre le circuit magnétique correspondant. Ces vitesses d'impact entraînent des bruits désagréables.

[0007] L'invention remédie à ces inconvénients. Elle permet d'atteindre, en fin de course du plateau mobile, des vitesses sensiblement inférieures à 0,1 mètre par seconde.

[0008] Elle résulte de la constatation que les dispositifs d'actionnement de soupape commandés par électro-aimant comportent, en général, un asservissement du type en boucle ouverte dans lequel on fait diminuer le courant de commande dans la bobine de l'électro-aimant à l'approche de la fin de course, mais que cette commande en boucle ouverte est insuffisante pour permettre d'atteindre une vitesse quasiment nulle en fin de course. L'invention résulte aussi de la constatation qu'un asservissement en boucle fermée dans lequel on prévoit une boucle de rétroaction de la sortie vers l'entrée, le paramètre de sortie étant par exemple la position du plateau mobile, ne peut pas fonctionner et que cette impossibilité de fonctionnement d'une boucle de rétroaction provient d'un défaut de linéarité dans la dépendance de l'action provoquée par les électro-aimants à l'égard du courant et de la position du plateau mobile.

[0009] L'invention prévoit donc un dispositif d'actionnement de soupape, qui comprend un électro-aimant agissant sur un élément mobile, et un circuit de régulation à rétroaction à l'aide d'au moins un signal représentatif de la position de l'élément mobile, avec un moyen pour linéariser la dépendance entre, d'une part, un signal d'entrée représentant un paramètre, différent de la position, de la course de l'élément mobile et, d'autre part, un signal représentatif de la position.

[0010] Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, le signal d'entrée est l'accélération de l'élément mobile (ou de la soupape) et les signaux de sortie sont la position et la vitesse, ces trois signaux étant utilisés pour définir l'intensité du courant de commande de la bobine de l'électroaimant. En effet, le carré de l'intensité du courant dans la bobine peut s'exprimer comme une fonction linéaire de la position, de la vitesse et de l'accélération, et comme la vitesse est l'intégrale de l'accélération, et la position est l'intégrale de la vitesse, on obtient bien un système de rétroaction à comportement linéaire à l'égard du signal d'entrée constitué par l'accélération.

[0011] De préférence, les signaux de sortie en position et en vitesse sont utilisés, d'une part, pour effectuer la linéarisation par bouclage et, d'autre part, pour fournir un signal d'erreur par rapport à des signaux de consigne.

[0012] On a constaté que l'utilisation des signaux de position et de vitesse pour constituer les signaux d'erreur permettait une convergence efficace vers zéro de ces erreurs.

[0013] Dans un mode de réalisation, les consignes, ou valeurs de référence, sont obtenues à partir d'un générateur qui délivre un signal de position en fonction du temps. Dans ce cas, les consignes de vitesse et d'accélération peuvent être obtenues par dérivations de la consigne de position en fonction du temps. Une fonction particulièrement simple pour la position est une fonction polynomiale du cinquième degré. La fonction de consigne de vitesse est alors un polynôme du quatrième degré et la fonction de consigne d'accélération est un polynôme du troisième degré en fonction du temps.

[0014] Un polynôme du cinquième degré est défini à partir de six coefficients, à savoir une constante et les cinq coefficients des termes en t , t^2 , t^3 , t^4 et t^5 . Ces coefficients sont déterminés à partir des trois valeurs initiales de position,

de vitesse et d'accélération de l'élément mobile et à partir des trois valeurs finales correspondantes.

[0015] L'invention concerne ainsi, de façon générale, un dispositif d'actionnement à électro-aimant et élément mobile dans lequel l'élément mobile se déplace en fonction de l'intensité du courant dans la bobine de l'électro-aimant, qui comporte un circuit de régulation à rétroaction à l'aide d'au moins un signal représentatif de la position de l'élément mobile, avec un moyen pour linéariser la dépendance entre, d'une part, un signal d'entrée (γ) représentant un paramètre, différent de la position, de la course de l'élément mobile et, d'autre part, le signal représentatif de la position.

[0016] De préférence, ledit moyen effectue la linéarisation sur toute la course de l'élément mobile.

[0017] Dans une réalisation, le paramètre d'entrée est l'accélération et, pour la rétroaction, on prévoit un signal de retour comprenant, en plus du signal représentatif de la position, un signal représentatif de la vitesse de l'élément mobile. Dans ce cas, pour obtenir un signal de mesure de vitesse, on peut prévoir un moyen pour effectuer la dérivée par rapport au temps d'un signal de mesure de position.

[0018] Selon une réalisation, le moyen de linéarisation fournit un signal proportionnel au carré de l'intensité du courant de consigne dans la bobine de l'électro-aimant et le dispositif comporte un moyen pour extraire la racine carrée du signal de sortie.

[0019] Dans un mode de réalisation, le dispositif comporte un générateur de consigne de trajectoire de l'élément mobile qui détermine une consigne d'accélération de cet élément en fonction du temps. Dans ce cas, le générateur de consigne de trajectoire peut déterminer aussi une consigne de position et/ou de vitesse de l'élément mobile en fonction du temps. Le générateur de consigne de trajectoire peut aussi fournir la valeur de consigne sous forme d'un polynôme en fonction du temps. Dans ce dernier cas, le polynôme est de préférence d'ordre 5 pour la consigne de position.

[0020] Lorsque le générateur de consigne de trajectoire détermine aussi une consigne de position et/ou de vitesse de l'élément mobile en fonction du temps, on peut prévoir des moyens pour que le signal appliqué à l'entrée du moyen de linéarisation soit le signal d'accélération γ tel que :

$$\gamma = \gamma_{réf} + K_1 e + K_2 \bar{e},$$

avec :

$$e = x_{réf} - x,$$

et

$$\bar{e} = v_{réf} - v,$$

[0021] les valeurs $x_{réf}$, $v_{réf}$, et $\gamma_{réf}$ étant les valeurs de consigne fournies par le générateur de consigne de trajectoire et les valeurs x et v étant obtenues par rétroaction à partir de la mesure, ou estimation, de position de l'élément mobile.

[0022] Dans une réalisation, le dispositif comprend un moyen pour engendrer un excès temporaire de courant pour surmonter un jeu, tel qu'un jeu de distribution d'une soupape.

[0023] Dans un mode de réalisation, le dispositif comprend un moyen pour moduler par largeur d'impulsion le courant fourni à la bobine de l'électro-aimant.

[0024] Le dispositif peut comporter deux électro-aimants, l'un pour le déplacement de l'élément mobile dans un sens et l'autre pour son déplacement dans le sens opposé.

[0025] L'invention concerne aussi l'application d'un dispositif du type défini ci-dessus à la commande de l'ouverture et de la fermeture d'une soupape de moteur à combustion interne.

[0026] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certains de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés sur lesquels :

les figures 1 et 2, déjà décrites, sont des schémas montrant, de façon en soi connue, un ensemble à électro-aimants et ressorts pour la commande de déplacement d'une soupape de moteur à combustion interne, la figure 3 est un schéma d'un dispositif d'actionnement conforme à l'invention, et les figures 4, 5 et 6 sont des diagrammes illustrant le fonctionnement du dispositif représenté sur la figure 3.

[0027] Le dispositif d'asservissement représenté sur la figure 3 comprend, pour commander le dispositif représenté sur la figure 2 et symbolisé par un bloc 32 sur la figure 3, en premier lieu, un circuit de régulation de courant 40 qui comporte une entrée 42 sur laquelle est appliqué un courant de référence $i_{réf}$ et une entrée 44 sur laquelle est appliqué

le courant i circulant dans l'électro-aimant commandé. A partir de ces deux signaux d'entrée $i_{\text{réf}}$ et i , on forme, à l'aide d'un soustracteur 46, un signal d'erreur constitué par la différence entre ces deux signaux et ce signal d'erreur est appliqué à un élément correcteur 48 délivrant le signal de commande à l'électro-aimant correspondant de l'ensemble 32 par l'intermédiaire d'un convertisseur de puissance 50 qui, dans l'exemple, est du type à modulation de largeur d'impulsion.

[0028] En second lieu, le dispositif représenté sur la figure 3 comporte des moyens de linéarisation 52 qui permettent, comme expliqué plus loin, d'obtenir une linéarisation exacte du comportement mécanique de l'ensemble 32 dans tout le domaine de variation de la position (course) du plateau mobile 14, c'est-à-dire entre les positions extrêmes de ce plateau correspondant aux positions ouverte et fermée de la soupape.

[0029] A cet effet, pour produire le courant $i_{\text{réf}}$ à l'entrée 42 de la partie 40 de régulation de courant, on prévoit un organe 54 de linéarisation à l'entrée 56 duquel est appliqué un signal représentant l'accélération γ du plateau mobile et qui comprend aussi deux entrées, respectivement 58 et 60, recevant des signaux de mesure de la position x et de la vitesse v de ce plateau 14. Comme décrit plus loin, cet organe 54 effectue une combinaison linéaire des paramètres γ , x et v et fournit sur sa sortie 62 un signal représentant le carré i^2 de l'intensité du courant à appliquer sur l'entrée 42 de la partie 40 du dispositif. Ainsi, entre la sortie 62 de l'organe 54 de linéarisation et l'entrée 42 de la partie 40, on prévoit un organe 64 d'extraction de racine carrée.

[0030] Enfin, une troisième partie 70 produit le signal γ appliqué sur l'entrée 56 de la partie 52 de linéarisation, à partir d'un organe 72 générateur de signaux de consignes de position $x_{\text{réf}}$, de vitesse $v_{\text{réf}}$ et d'accélération $\gamma_{\text{réf}}$, ces signaux de consigne variant en fonction du temps t .

[0031] Le signal γ tient également compte des signaux de mesure x et v afin de délivrer à un additionneur de sortie 76 de la partie 70 des signaux proportionnels aux erreurs de position et de vitesse. Ainsi, le signal $x_{\text{réf}}$, délivré sur une sortie 78 du générateur 72, est appliqué sur l'entrée + (plus) d'un soustracteur 80 dont l'entrée - (moins) reçoit le signal de mesure x et dont la sortie est reliée à la première entrée 76₁ de l'additionneur 76 par l'intermédiaire d'un multiplicateur 82 par un coefficient K_1 .

[0032] De même, une seconde sortie 84 du générateur 72 applique sur l'entrée + d'un soustracteur 86 le signal $v_{\text{réf}}$ et la sortie - du soustracteur 86 reçoit le signal de mesure v . La sortie du soustracteur 86 est reliée à une seconde entrée 76₂ de l'additionneur 76 par l'intermédiaire d'un multiplicateur 90 par un coefficient K_2 . L'additionneur 76 comporte une troisième entrée 76₃ sur laquelle est appliqué le signal de sortie $\gamma_{\text{réf}}$ fourni par une troisième sortie 92 du générateur 72.

[0033] Les diverses parties et modes de fonctionnement du dispositif représenté sur la figure 3 vont maintenant être expliquées en détail.

[0034] L'ensemble à électro-aimants, ressorts et soupape 24 représenté sur la figure 2 constitue un système électromécanique comprenant, d'une part, une partie électrique et, d'autre part, une partie mécanique.

[0035] L'équation d'état de la partie électrique peut s'écrire :

$$\frac{di}{dt} = -\alpha i f(x) + \beta u f(x) + \frac{1}{f(x)} \frac{df(x)}{dt} v_i$$

[0036] Dans cette formule i est l'intensité du courant circulant dans la bobine de l'électro-aimant considéré, u est la tension appliquée aux bornes de la bobine, x est la position du plateau mobile 14, v sa vitesse, et $f(x)$ est une fonction non linéaire de la position x . α et β sont des constantes qui dépendent de paramètres magnétiques et électriques de l'électro-aimant.

[0037] Le courant i est utilisé pour créer une force magnétique F_{mag} qui est proportionnelle au carré de l'intensité i du courant circulant dans la bobine de l'électro-aimant et qui est inversement proportionnelle au carré de l'entrefer se trouvant entre le plateau mobile et la surface de contact de l'électro-aimant considéré venant en contact avec ce plateau.

[0038] Les équations mécaniques du système peuvent donc s'écrire :

$$\frac{dx}{dt} = v$$

$$m \frac{dv}{dt} = -Kx - C_v v + F_{\text{mag}}$$

[0039] Dans la seconde équation, m représente la masse des éléments déplaçables, c'est-à-dire le plateau mobile, la soupape et les tiges de connexion, k est la raideur des ressorts intervenant dans le déplacement et C_v est un coefficient de frottement visqueux.

[0040] F_{mag} , comme indiqué ci-dessus, représente la force exercée par l'électro-aimant considéré sur le plateau mobile 14. Celle-ci peut s'exprimer par la formule suivante :

$$F_{\text{mag}} = g(x)i^2$$

[0041] Dans cette formule, $g(x)$ est une fonction non linéaire de la position x et de paramètres électriques et magnétiques de l'électro-aimant.

[0042] Ainsi, le modèle (ou équation) d'état électrique et mécanique du système s'écrit :

$$\frac{di}{dt} = -\alpha i f(x) + \beta u f(x) + \frac{1}{f(x)} \frac{df(x)}{dt} v i$$

$$\frac{dx}{dt} = v \quad (E)$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{1}{m} Kx - \frac{1}{m} C_v v + \frac{1}{m} g(x) i^2 \quad (F)$$

[0043] Ainsi, l'état de ce système est représenté par trois variables : le courant i , la position x et la vitesse v .

[0044] Ces trois paramètres sont liés par des équations non linéaires. L'asservissement est donc difficile à réaliser.

[0045] Pour cet asservissement, on contrôle le courant i afin d'asservir la position x et la vitesse v de la partie mobile. C'est pourquoi on fournit sur l'entrée 42 du soustracteur 46 un courant $i_{\text{réf}}$ et on applique sur l'entrée 44 l'intensité i du courant mesuré dans l'électro-aimant du système 32.

[0046] Étant donné que pour une position x donnée, la réponse du courant i à la tension u obéit à des équations linéaires du premier ordre, la réalisation du correcteur 48 ne pose pas de problème particulier. On utilise donc un correcteur simple de type proportionnel ou intégral. Dans ces conditions, le courant i est pratiquement identique au courant $i_{\text{réf}}$.

[0047] Par contre, l'asservissement de la partie mécanique pose un problème plus difficile à résoudre en raison de la non linéarité des équations (E) et (F).

[0048] C'est pourquoi on prévoit l'organe de linéarisation 54. Son signal de sortie est le courant i^2 qui, en raison de l'équation (F) ci-dessus satisfait à la relation suivante :

$$i^2 = \frac{m}{g(x)} \left[\frac{1}{m} Kx + \frac{1}{m} C_v v + \gamma \right] = L(x, v, \gamma) \quad (G)$$

[0049] On voit ainsi que le courant i^2 est une fonction non linéaire de l'entrée γ et des termes de bouclage, ou rétroaction, x et v , appliqués sur les entrées 58 et 60 de l'organe 54.

[0050] Ainsi, si l'on considère l'ensemble des deux parties 52 et 40, on voit qu'à l'entrée on applique un signal d'accélération γ et qu'on effectue sur l'organe 54 un bouclage, à partir de la sortie, de la position x et de la vitesse v . Le comportement de l'ensemble est linéaire car il existe une relation linéaire entre γ , x et v .

[0051] En effet, si on remplace le terme i^2 de l'équation (F) mécanique par son expression suivant l'équation (G), on obtient :

$$\frac{dx}{dt} = v$$

$$\frac{dv}{dt} = \gamma$$

[0052] Les variables x et v correspondent à des mesures réelles de la position et de la vitesse ou à des estimations. Par exemple, on peut prévoir un capteur de position du plateau mobile 14 pour déterminer la position x et une dérivation, notamment une dérivation filtrée, pour déterminer la vitesse v . En variante, la position x et la vitesse v sont obtenues à partir d'une estimation utilisant une mesure du courant i .

[0053] Le bouclage effectué sur les entrées 58 et 60 de l'organe 54 permet la linéarisation mais non l'asservissement en position et en vitesse du plateau mobile 14. C'est la partie 70 du dispositif qui permet cet asservissement. Le montage permet d'obtenir une accélération γ , appliquée sur l'entrée 56 de l'organe 54, obéissant à la relation suivante :

EP 1 251 245 A1

$$\gamma = \gamma_{\text{réf}} + K_1 e + K_2 \bar{e} \quad (\text{H})$$

[0054] Dans cette formule :

$$e = x_{\text{réf}} - x$$

$$\bar{e} = v_{\text{réf}} - v$$

[0055] Les valeurs $x_{\text{réf}}$, $v_{\text{réf}}$, $\gamma_{\text{réf}}$ sont les consignes, respectivement de position, de vitesse et d'accélération, de l'asservissement, ces consignes étant fournies par le générateur 70.

[0056] La formule (H) ci-dessus peut encore s'écrire :

$$\ddot{e} + K_2 \bar{e} + K_1 e = 0$$

[0057] Dans cette formule :

$$\ddot{e} = \gamma_{\text{réf}} - \gamma$$

[0058] Les valeurs de K_1 et K_2 seront choisies pour assurer une convergence vers zéro des erreurs de position et de vitesse.

[0059] Les valeurs $x_{\text{réf}}$, $v_{\text{réf}}$ et $\gamma_{\text{réf}}$ sont produites par le générateur 72 en fonction du temps. Elles définissent donc des trajectoires du plateau mobile 14. Dans l'exemple, ces trajectoires sont de type polynomial, c'est-à-dire que les valeurs de référence varient en fonction du temps selon une relation polynomiale qui, dans cet exemple, est d'ordre 5 pour la position, à savoir :

$$x_{\text{réf}} = x_{\text{réf}}(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5$$

$$v_{\text{réf}} = v_{\text{réf}}(t) = a_1 + 2a_2 t + 3a_3 t^2 + 4a_4 t^3 + 5a_5 t^4$$

$$\gamma_{\text{réf}} = \gamma_{\text{réf}}(t) = 2a_2 + 6a_3 t + 12a_4 t^2 + 20a_5 t^3$$

[0060] Les coefficients a_0 à a_5 sont déterminés si les positions initiales et finales des trajectoires sont connues, c'est-à-dire si le vecteur initial : $\{x_{\text{réf}}(0) ; v_{\text{réf}}(0) ; \gamma_{\text{réf}}(0)\}$, et le vecteur final, $\{x_{\text{réf}}(T) ; v_{\text{réf}}(T) ; \gamma_{\text{réf}}(T)\}$ sont connus.

[0061] La figure 4 est un diagramme dans lequel le temps, en millisecondes, est porté en abscisses et le courant, en ampère, est porté en ordonnées. Le diagramme 100 représente l'évolution du courant dans une bobine d'électro-aimant lors d'une phase de fermeture de soupape. On observe que cette courbe 100 présente une première partie 102 de montée rapide de l'intensité du courant et une seconde partie 104 au cours de laquelle le courant diminue pour atteindre quasiment la valeur zéro à la fermeture.

[0062] Il est à noter qu'on observe vers la fin de la course une légère remontée 106 de l'intensité. Celle-ci correspond à l'effort nécessaire pour vaincre un jeu de distribution de l'ordre de 0,1 mm. A cet effet, on prévoit un moyen (non montré) pour ajouter un terme supplémentaire à l'accélération dans la formule (H) ci-dessus. En variante, les coefficients K_1 et K_2 dépendent du temps et tiennent compte, le moment venu, de l'excès d'effort qu'il faut fournir pour vaincre le jeu de distribution.

[0063] La figure 5 est un diagramme dans lequel le temps, en millisecondes, a été indiqué en abscisses et la position x , en millimètres a été indiquée en ordonnées. La position 0 correspond à la mi-course.

[0064] Dans cet exemple, l'asservissement est mis en route à partir de la position 0. La courbe de variation de la position est du type quasi sinusoïdal.

[0065] La figure 6 est un diagramme montrant l'évolution de la vitesse, en mètres/seconde, portée en ordonnées, du plateau mobile en fonction du temps, en millisecondes, en abscisses. A proximité de la fin de course, on observe que la vitesse d'impact du plateau mobile est de l'ordre de 0,05 m/s, soit nettement inférieure aux valeurs de 0,1 m/s

obtenues avec les dispositifs classiques.

[0066] L'invention s'applique non seulement à l'actionnement d'une soupape de moteur à combustion interne mais, de façon plus générale, à un actionneur électromagnétique dans lequel un plateau ou élément mobile entre en contact contre un électro-aimant.

5

Revendications

1. Dispositif d'actionnement à électro-aimant et élément mobile dans lequel l'élément mobile se déplace en fonction de l'intensité du courant dans la bobine de l'électro-aimant, **caractérisé en ce qu'il** comporte un circuit de régulation à rétroaction à l'aide d'au moins un signal représentatif de la position de l'élément mobile, avec un moyen (54) pour linéariser la dépendance entre, d'une part, un signal d'entrée (γ) représentant un paramètre, différent de la position, de la course de l'élément mobile (14) et, d'autre part, le signal représentatif de la position.
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit moyen effectue la linéarisation sur toute la course de l'élément mobile.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le paramètre d'entrée est l'accélération et **en ce que** pour la rétroaction on prévoit un signal de retour comprenant, en plus du signal représentant la position, un signal représentant la vitesse de l'élément mobile.
4. Dispositif selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'il** comporte, pour obtenir un signal de mesure de vitesse, un moyen pour effectuer la dérivée par rapport au temps d'un signal de mesure de position.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisé en ce que** le moyen de linéarisation fournit un signal proportionnel au carré de l'intensité du courant de consigne dans la bobine de l'électro-aimant et **en ce que** le dispositif comporte un moyen (64) pour extraire la racine carrée du signal de sortie.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'il** comporte un générateur (72) de consigne de trajectoire de l'élément mobile qui détermine une consigne d'accélération de cet élément en fonction du temps.
7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le générateur de consigne de trajectoire détermine aussi une consigne de position et/ou de vitesse de l'élément mobile en fonction du temps.
8. Dispositif selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** le générateur de consigne de trajectoire fournit la valeur de consigne sous forme d'un polynôme en fonction du temps.
9. Dispositif selon les revendications 7 et 8, **caractérisé en ce que** le polynôme est d'ordre 5 pour la consigne de position.
10. Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens (82, 86, 80, 90, 76) pour que le signal appliqué à l'entrée du moyen de linéarisation (54) soit le signal d'accélération γ tel que :

45

$$\gamma = \gamma_{\text{réf}} + K_1 e + K_2 \bar{e}, \text{ avec :}$$

50

$$e = x_{\text{réf}} - x, \text{ et}$$

$$\bar{e} = v_{\text{réf}} - v,$$

55

les valeurs $x_{\text{réf}}$, $v_{\text{réf}}$ et $\gamma_{\text{réf}}$ étant les valeurs de consigne fournies par le générateur de consigne de trajectoire (72) et les valeurs x et v étant obtenues par rétroaction à partir de la mesure, ou estimation, de position de l'élément mobile.

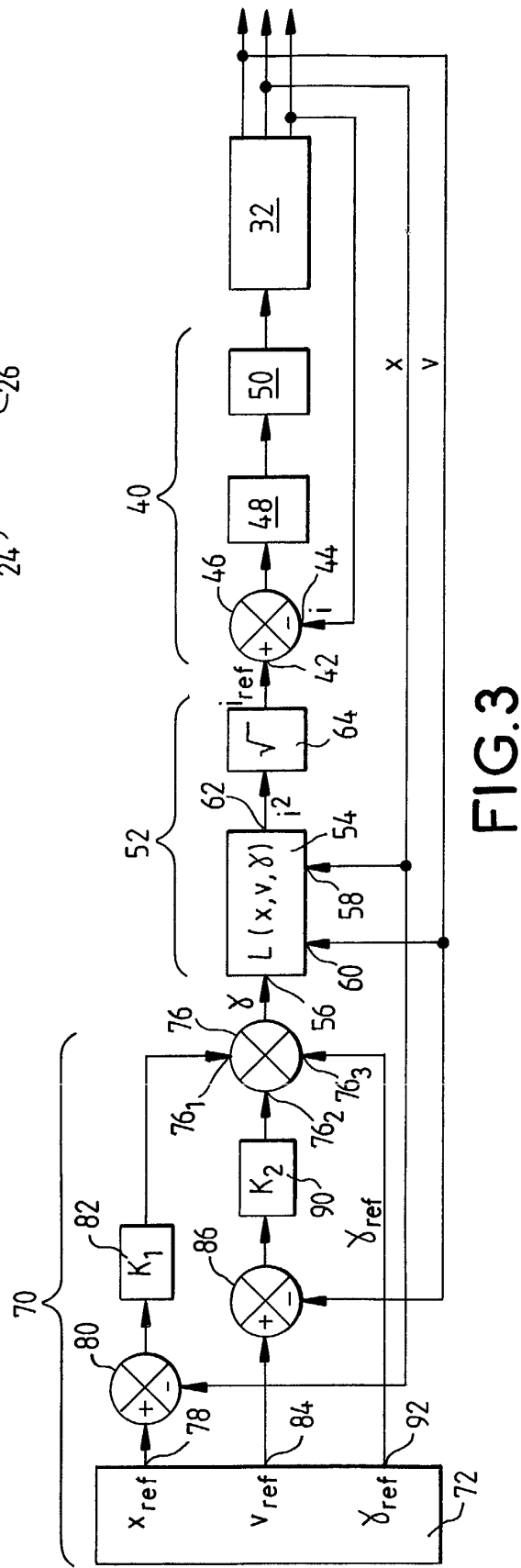
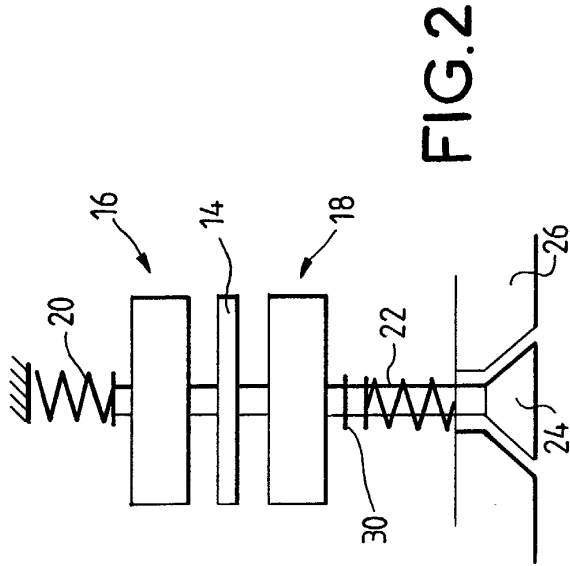
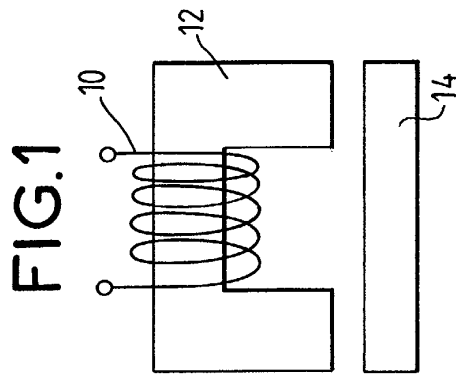
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'il** comprend un moyen

pour engendrer un excès temporaire de courant pour surmonter un jeu, tel qu'un jeu de distribution d'une soupape.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'il** comprend un moyen (48) pour moduler par largeur d'impulsion le courant fourni à la bobine de l'électro-aimant.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisé en ce qu'il** comporte deux électro-aimants, l'un pour le déplacement de l'élément mobile dans un sens et l'autre pour son déplacement dans le sens opposé.

14. Application du dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes à la commande de l'ouverture et de la fermeture d'une soupape de moteur à combustion interne.



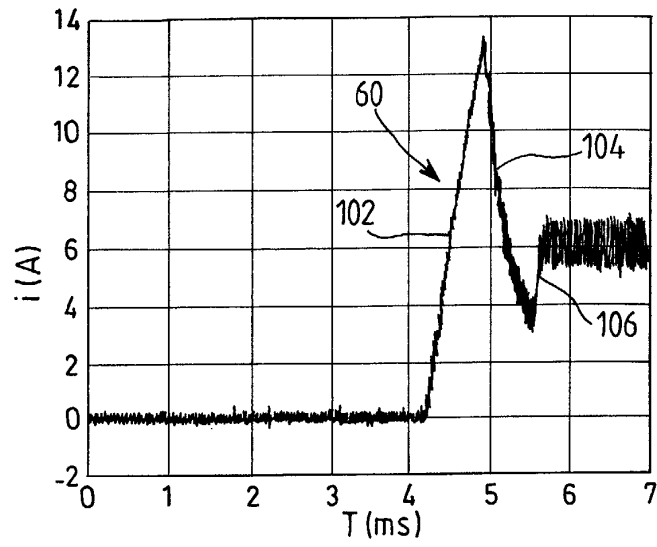


FIG.4

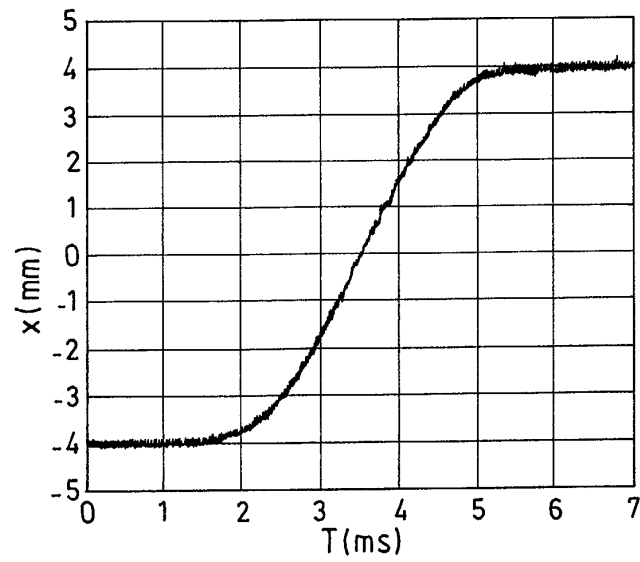


FIG.5

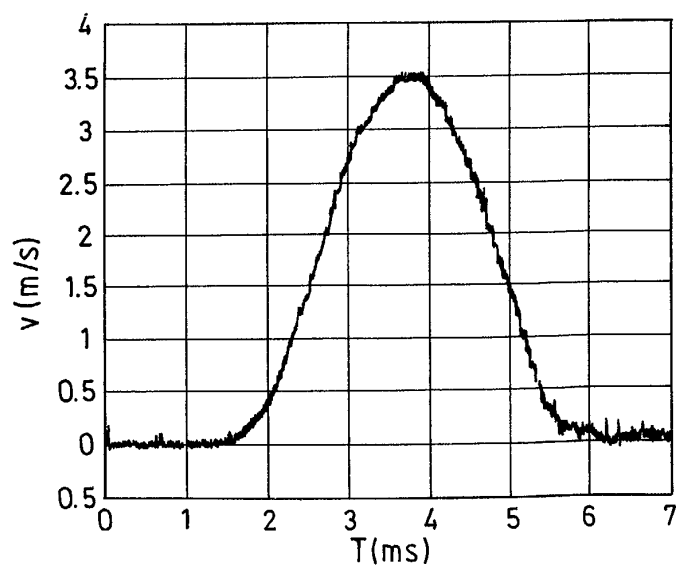


FIG.6



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 02 29 0723

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
X	US 6 111 741 A (KATHER LUTZ ET AL) 29 août 2000 (2000-08-29) * colonne 4, ligne 22-28; figures 7,8 * * colonne 7, ligne 44-64 *	1,2, 11-14	F01L9/04
A	WO 00 45403 A (BERGSTROM GARY E) 3 août 2000 (2000-08-03) * page 7, ligne 22-24; revendications 1,3; figure 1 *	1,12	
A	DE 198 34 548 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 3 février 2000 (2000-02-03) * abrégé * * colonne 2, ligne 38-64; figure 1 *	1,3,14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
			F01L H01F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 29 août 2002	Examineur Durville, G
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)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 02 29 0723

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

29-08-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6111741	A	29-08-2000	DE 29703587 U1	25-06-1998
			DE 19880216 D2	01-04-1999
			WO 9838656 A1	03-09-1998
			JP 2000509917 T	02-08-2000
WO 0045403	A	03-08-2000	US 6249418 B1	19-06-2001
			AU 2623200 A	18-08-2000
			EP 1155425 A1	21-11-2001
			WO 0045403 A1	03-08-2000
DE 19834548	A	03-02-2000	DE 19834548 A1	03-02-2000

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No. 12/82