



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
12.04.2000 Bulletin 2000/15

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

(21) Numéro de dépôt: **99400877.9**

(22) Date de dépôt: **09.04.1999**

(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: **06.10.1998 FR 9812489**
15.10.1998 FR 9812940

(71) Demandeur: **SAGEM S.A.**
75016 Paris (FR)

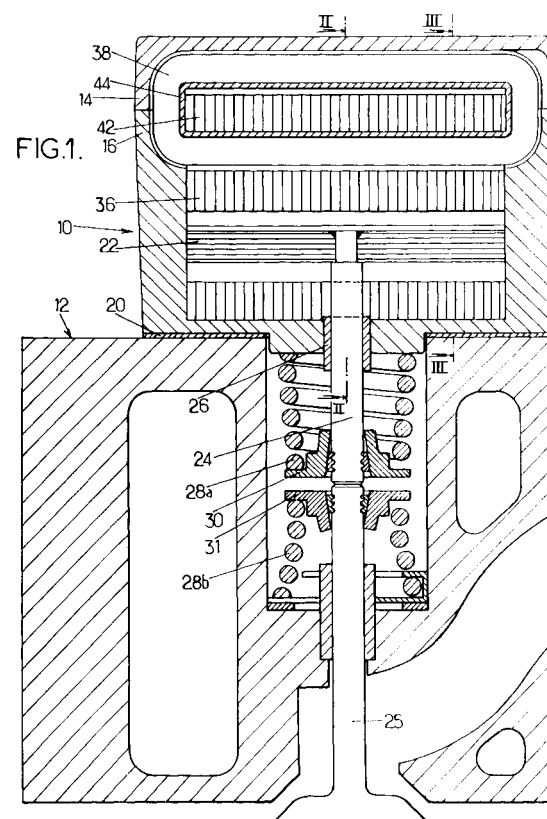
(72) Inventeurs:
• **Porcher, Yves**
95130 Le Plessis-Bouchard (FR)

• **Fiaccabrino, Calogero**
95000 Cergy (FR)
• **Donce, Lucien**
95420 Magny en Vexin (FR)
• **Lanoe, Thierry**
95520 Osny (FR)

(74) Mandataire: **Fort, Jacques**
CABINET PLASSERAUD
84, rue d'Amsterdam
75440 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **Actionneur électromagnétique de soupape**

(57) L'actionneur électromagnétique a une palette (22) en matériau ferromagnétique fixée à la queue de soupape, des ressorts prévus pour maintenir au repos la soupape dans une position médiane entre des positions d'ouverture complète et de fermeture et une bobine unique (38) montée sur un circuit ferromagnétique. Ce circuit présente, en combinaison avec la palette, deux cheminements stables de flux magnétiques correspondant l'un et l'autre à une valeur faible d'entrefer.



Description

[0001] L'invention concerne les actionneurs électromagnétiques destinés à déplacer en translation une soupape pour l'amener alternativement dans une position d'ouverture et une position de fermeture. Elle trouve une application particulièrement importante dans la commande des soupapes d'un moteur à combustion interne, à allumage par étincelles ou par compression.

[0002] A l'heure actuelle, les soupapes de la plupart des moteurs à combustion interne sont actionnées par un arbre à cames entraîné par le moteur. Les vitesses d'ouverture et de fermeture des soupapes commandée par l'arbre à cames sont faibles lorsque le moteur est à bas régime, notamment au démarrage, ce qui est défavorable au remplissage des chambres de combustion.

[0003] On a également déjà proposé (US-A-4 614 170) des actionneurs électromagnétiques permettant de réduire les inconvénients ci-dessus, ayant une palette en matériau ferromagnétique fixée à la queue de soupape, des moyens de rappel élastiques prévus pour maintenir au repos la soupape dans une position médiane entre les position d'ouverture complète et de fermeture, et des moyens électromagnétiques permettant d'amener alternativement les soupapes dans les deux positions. Les moyens électromagnétiques décrits dans le document US-A-4 614 170 ont un premier électro-aimant à noyau ferromagnétique placé d'un côté de la palette et dont l'excitation attire la palette dans un sens tendant à fermer la soupape et un second électro-aimant, placé de l'autre côté de la palette, dont l'excitation tend à amener la soupape dans la position de pleine ouverture.

[0004] L'ensemble soupape-ressort constitue un système oscillant excité par alimentations périodiques alternées des électro-aimants. L'électro-aimant agissant sur la palette dans le sens de l'ouverture de la soupape commence à être alimenté alors que la palette approche d'un emplacement où elle vient se coller sur le noyau de l'électro-aimant.

[0005] L'invention vise notamment à fournir un actionneur électromagnétique répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, en particulier du fait qu'il a un encombrement et une connectique réduits.

[0006] Pour cela, les moyens électromagnétiques comprennent une bobine unique montée sur un circuit ferromagnétique de constitution telle qu'il présente, en combinaison avec la palette, deux cheminements stables de flux magnétique correspondant l'un et l'autre à une valeur faible (généralement nulle) d'entrefer.

[0007] L'une des configurations correspond à l'ouverture complète et l'autre à la fermeture.

[0008] Dans son état initial, en position médiane, la palette présentera en général un déséquilibre de position ou de circuit magnétique qui fait que le sens dans lequel elle sera attirée à la première mise sous tension de la bobine est prédéterminé. Ce déséquilibre peut être

délibérément provoqué. Lorsque par exemple les moyens élastiques de rappel sont constitués de deux ressorts placés chacun d'un côté de la palette, ces deux ressorts peuvent être tels qu'ils donnent à la palette au repos une position dans laquelle la force résultant de l'alimentation de la bobine s'exerce dans un sens déterminé et qu'ils présentent la même énergie potentielle de compression dans les positions de fermeture et de pleine ouverture.

[0009] Une façon avantageuse de déséquilibrer les forces magnétiques exercées vers le haut et le bas est de dissymétriser les flux dans la partie centrale en jouant sur un profil d'encoche de tôle et/ou sur un profil de palette.

[0010] Pour assurer une dissymétrie, la palette peut comporter un bossage axial. Une autre façon de créer une dissymétrie consiste à donner aux pôles du circuit ferromagnétique et à la palette une forme telle que les surfaces en contact pour les deux cheminements stables soient différentes.

[0011] L'actionneur, ayant une seule bobine, est plus compact que les actionneurs antérieurs. Son circuit électrique et sa commande sont plus simples et moins coûteux.

[0012] Les caractéristiques ci-dessus ainsi que d'autres, avantageusement utilisables en liaison avec les précédentes mais pouvant l'être indépendamment, apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de réalisation, donnés à titre d'exemples non limitatifs.

[0013] La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1 montre un actionneur de soupape selon un mode de réalisation, en coupe suivant un plan passant par l'axe de la soupape ;
- les figures 2 et 3 sont des coupes partielles de la partie électromagnétique suivant les lignes II-II et III-III ;
- les figures 4 et 5 montrent des variantes des figures 1 à 3 ;
- la figure 6 montre schématiquement l'évolution des oscillations de la palette lors du lancement du dispositif.

[0014] L'actionneur 10 montré en figures 1 à 3 est constitué d'un ensemble destiné à être monté sur la culasse 12 d'un moteur. Il comporte un boîtier constitué de plusieurs pièces 14 et 16 empilées et assemblées par des moyens non représentés, tels que des vis. Ces pièces sont en matériau non ferromagnétique, par exemple en alliage léger. Le boîtier peut être fixé sur la culasse 12 par l'intermédiaire d'une cale 20 également en matériau non ferromagnétique.

[0015] L'actionneur comporte une palette 22 en matériau ferromagnétique, avantageusement feuilleté pour réduire les pertes, fixée sur une tige 24 d'entraînement de la soupape 25. En général, plusieurs soupapes sont

montées côte-à-côte et on ne dispose que d'une largeur faible pour chaque actionneur dans la direction perpendiculaire à celui de la figure 1. Cela conduit à donner à la palette une forme rectangulaire. La palette ne peut pas tourner dans la pièce 16. La tige 24 peut être fixée à la palette par soudure et guidée par une autre bague 26 fixée à un prolongement annulaire de la pièce 16.

[0016] Dans le mode de réalisation illustré, la queue de la soupape 25 est séparée de la tige 24. Elle est guidée par une bague fixée à la culasse et peut tourner dans celle-ci.

[0017] Deux ressorts de rappel 28a et 28b sont prévus pour maintenir la soupape au repos dans une position sensiblement médiane entre la position de fermeture et la position de pleine ouverture. Un des ressorts 28a est comprimé entre un plateau 30 fixé à la tige 24 et le prolongement de la pièce 16. L'autre ressort 28b est comprimé entre un plateau 31 fixé à la queue de soupape et le fond du puits de soupape ménagé dans la culasse. Le jeu de distribution entre la tige levée et la soupape fermée garantit l'étanchéité. L'actionneur peut tout aussi bien être utilisé avec un ressort unique travaillant en traction/compression et complété d'un amortisseur élastique assurant l'étanchéité à la fermeture de la soupape, comme indiqué dans le brevet français No. 98 11 670. La tige peut être alors d'une seule pièce avec la soupape.

[0018] Le boîtier contient un noyau en matériau ferromagnétique 36, avantageusement feuilleté, délimitant un circuit ferromagnétique avec la palette, et une bobine 38 placée dans le noyau. Le noyau représenté peut être en deux parties complémentaires, en appui l'une contre l'autre dans un plan 40 (figure 2) ou d'un seul tenant. Les tôles constitutives de chaque moitié du noyau sont en forme de E (figures 2 et 3). Les branches supérieures 42 s'engagent dans la bobine 36 qu'elles supportent par l'intermédiaire d'un mandrin 44. Les deux autres branches de chaque moitié délimitent un volume de débattement de la palette. L'appui de la palette contre le fond 46 du volume définit la position de pleine ouverture de la soupape. Le plafond 48 du volume est à un emplacement par rapport au siège de soupape tel que l'entrefer soit pratiquement nul lorsque la soupape est fermée. Une encoche médiane 49, correspondant à la position de repos de la palette 22, peut être prévue dans la chambre, de longueur légèrement supérieure à l'épaisseur de la palette. En-dessus et en-dessous de l'encoche, la paroi du volume ne laisse que le jeu nécessaire au débattement. Le noyau peut aussi bien être d'une seule pièce et bobiné sur machine automatique, ce qui évite la présence d'un entrefer et garantit la précision des encoches 49.

[0019] Dans la variante de réalisation montrée en figure 4, la palette 22, avantageusement feuilletée ou en matériau à forte résistivité électrique, présente des bords biseautés parallèlement aux pôles du noyau 36 (figure 4). Dans cette disposition, l'armature n'est pas saturée magnétiquement dans sa plage de fonctionne-

ment et le flux se referme en passant principalement par l'armature, grâce à la forme des pièces polaires du noyau. Dans une autre variante encore, avantageuse du fait qu'elle impose le sens initial de déplacement de la palette 22 à partir de sa position de repos est imposée, la dissymétrie du circuit de flux supérieur par rapport au circuit de flux inférieur est accentuée par des inclinaisons différentes des surfaces polaires supérieures 80 et inférieures 82 du noyau, chaque surface de la palette en regard d'un pôle étant parallèle à lui.

[0020] Dans une autre variante encore de réalisation, montrée en figure 5, la palette 84 présente un bossage central en forme de barrette qui augmente la dissymétrie du circuit magnétique. Lorsque la palette 22 est dans la position de repos où elle est montrée en figure 5 et qu'un flux magnétique est généré par la bobine 38, ce flux se referme en cheminant par le bossage 84, comme indiqué par la flèche f, ce qui réduit la longueur des entrefers. Lorsque la palette se colle contre le noyau, en position extrême haute, ce bossage se trouve court-circuité et n'affaiblit pas les forces de collage. Cette disposition réduit notablement la réluctance en position de repos et accroît la facilité de lancement du dispositif.

[0021] L'ensemble constitué par la palette, la soupape et le ressort constitue un système oscillant ayant une fréquence propre. Au cours d'une phase initiale de fonctionnement, l'équipage mobile constitué par la soupape et la palette est alternativement attiré vers le haut et vers le bas, par application à la bobine d'impulsions électriques à une fréquence proche de la fréquence propre du système. La bobine 38 est initialement alimentée pendant une durée correspondant à une fraction de la période propre, ce qui provoque un déplacement de faible amplitude de la palette. Si le système présente une dissymétrie qui peut être provoquée :

- par une forme dissymétrique des encoches 49,
- par une dissymétrie de la palette, et/ou
- par la présence d'un bossage (figure 5),

le sens de déplacement initial de la palette se trouve déterminé.

[0022] Le courant qui parcourt la bobine 38 peut être piloté en observant la position de la palette 22 à l'aide d'un capteur de position intégré dans le dispositif. Les impulsions de courant dans la bobine sont fournies à des instants tels que, au moment de l'application de la force, la vitesse de la palette ait le même sens que la force appliquée. La force initiale étant d'un signe donné, par suite de la dissymétrie, il suffit d'appliquer une impulsion une seule fois par période.

[0023] La figure 6 montre schématiquement une phase du lancement du dispositif. Initialement, la palette est dans une position correspondant à la ligne L, pour laquelle les forces exercées par les ressorts 28a et 28b s'équilibrent. Cette position est décalée par rapport à la position L' pour laquelle la force électromagnétique exercée sur la palette 22 par le champ créé par la bobine

38 est nulle. La première impulsion de courant dans la bobine 38 provoque une élongation de la palette, qui revient ensuite avec sa période propre jusqu'à une position qui généralement sera encore au-dessus de celle indiquée par la ligne L'. Progressivement, l'amplitude des oscillations augmente. Le suivi du signal de position permet de connaître à chaque instant la dernière durée T qui sépare deux passages à zéro successifs. D'un instant de passage à zéro et de la durée T on peut déduire l'instant t_A auquel un extremum A est atteint. A partir de l'instant suivant de passage à zéro (croisement de la ligne L), donné par le capteur, on peut déduire un instant optimum d'application de la tension pour faire croître le courant. La durée d'application sera par exemple celle donnée par αT sur la figure 6. A l'issue de cette période, la tension de commande est inversée pour faire décroître le courant. Le retard à l'application de la tension, ainsi que l'instant d'inversion, sont choisis en fonction de la capacité du courant à varier rapidement dans la bobine. Dans la pratique, on pourra souvent appliquer instantanément la tension après passage de l'extremum A. L'inversion de la tension après l'intervalle de temps αT permet au courant de décroître avant d'arriver à l'extremum B où la vitesse s'inverse. Le courant doit être revenu à zéro à cet instant pour éviter de freiner l'équipage mobile.

[0024] Le processus est poursuivi jusqu'à ce que l'amplitude du mouvement soit tel que la palette vient se coller contre la culasse. A partir de ce moment, et en régime permanent, il suffira d'alimenter la bobine à pleine puissance uniquement pendant le temps nécessaire pour ramener l'équipage mobile dans sa position extrême puis sous un courant de maintien plus faible, jusqu'à ce qu'on provoque le déplacement de l'équipage mobile dans l'autre sens.

[0025] Sur la figure 2, le capteur 52 est relié à un calculateur 50 qui commande l'alimentation de la bobine 38 par un amplificateur 54. Ce capteur 52 peut être porté par le boîtier 16 et faire saillie vers le bas, de façon à détecter le rapprochement du plateau 30, constitué à cet effet en matériau magnétique. A partir du signal de sortie du capteur 52, le calculateur 50, qui peut être le calculateur de contrôle moteur, détermine la position atteinte par l'équipage mobile.

[0026] Le capteur 52 permet également, par la variation du signal qu'il fournit, de déterminer l'instant auquel l'amplitude de l'oscillation de l'équipage mobile l'amène dans sa position extrême.

[0027] A partir de là, la commande peut être effectuée par des moyens du genre décrit dans la demande de brevet FR 98 12940 de la demanderesse.

[0028] De façon plus générale, le lancement peut être effectué en un temps minimal grâce à l'association de la mesure de position et d'un algorithme de mise en mouvement de la palette qui commande le courant dans la bobine de façon à ne jamais générer des forces magnétiques de freinage.

[0029] L'invention est susceptible de nombreuses va-

riantes de réalisation. Les ressorts 28a et 28b peuvent être placés par exemple l'un dans l'autre pour réduire l'encombrement du boîtier. Chaque bobine peut être constituée d'un nombre N d'enroulements supérieur à 1 (deux ou trois par exemple) alimentés en parallèle ce qui divise par N la résistance et augmente le courant total maximum et ce qui divise par N l'inductance. L'inertie électrique est diminuée. La dynamique du système moteur est améliorée. La coupure d'un fil d'enroulement ne met pas hors service le dispositif. La dynamique est améliorée : on peut faire varier de façon plus rapide le champ magnétique, du fait que le rapport inductance/résistance est inchangé alors que la résistance de chaque enroulement est une fraction de la résistance d'une bobine unique : la valeur maximale du courant est plus élevée et, l'inductance étant plus faible, la dynamique est plus rapide.

20 Revendications

1. Actionneur électromagnétique de soupape ayant une palette (22) en matériau ferromagnétique d'entraînement de la queue de soupape, des moyens de rappel élastiques (28a, 28b) prévus pour maintenir au repos la soupape dans une position médiane entre des positions d'ouverture complète et de fermeture et des moyens électromagnétiques permettant d'amener alternativement les soupapes dans les deux positions,

caractérisé en ce que les moyens électromagnétiques comprennent une bobine unique (38) montée sur un circuit ferromagnétique de constitution telle qu'il présente, en combinaison avec la palette, deux cheminements stables de flux magnétique correspondant l'un et l'autre à une valeur faible ou nulle d'entrefer et correspondant l'un à l'ouverture complète et l'autre à la fermeture.

2. Actionneur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit ferromagnétique est tel que les valeurs faibles d'entrefer sont sensiblement nulles.

3. Actionneur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le circuit ferromagnétique est constitué par un noyau (36) feuilleté en deux moitiés en appui l'une contre l'autre, présentant des encoches (49) à mi-course.

4. Actionneur selon la revendication 3, caractérisé en ce que les tôles constitutives de chaque moitié de culasse sont en forme de E ayant une branche supérieure qui s'engage dans la bobine (36) et dont les branches inférieures délimitent un volume de débattement de la palette.

5. Actionneur selon la revendication 4, caractérisé en ce que le volume présente un chambrage médian

correspondant à la position de repos de la palette.

6. Actionneur selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant un capteur (52) de position de l'équipage constitué par la palette et la soupape. 5
7. Actionneur selon l'une quelconque des revendications différentes, caractérisé en ce que les moyens de rappel élastiques sont prévus pour donner à la palette une position dissymétrique dans le circuit ferromagnétique. 10
8. Actionneur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la palette (22) porte un bossage axial (84) de création d'une dissymétrie du circuit ferromagnétique. 15
9. Actionneur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le circuit ferromagnétique et la palette ont une constitution telle que les surfaces en contact soient différentes pour les deux cheminements stables de flux magnétique. 20
25
10. Actionneur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les circuits ferro-magnétiques présentent des encoches (49) médianes décalées dans le sens de l'ouverture ou de la fermeture pour rendre les circuits ferro-magnétiques asymétriques et définir un sens de déplacement initial de la palette. 30
11. Actionneur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le circuit ferromagnétique est constitué par un noyau monobloc, présentant des encoches (49) à mi-course. 35
12. Actionneur selon l'une quelconque des revendications 10 à 11, caractérisé en ce que la bobine est constituée d'un nombre N supérieur à 1 d'enroulements en parallèle. 40
45
50
55

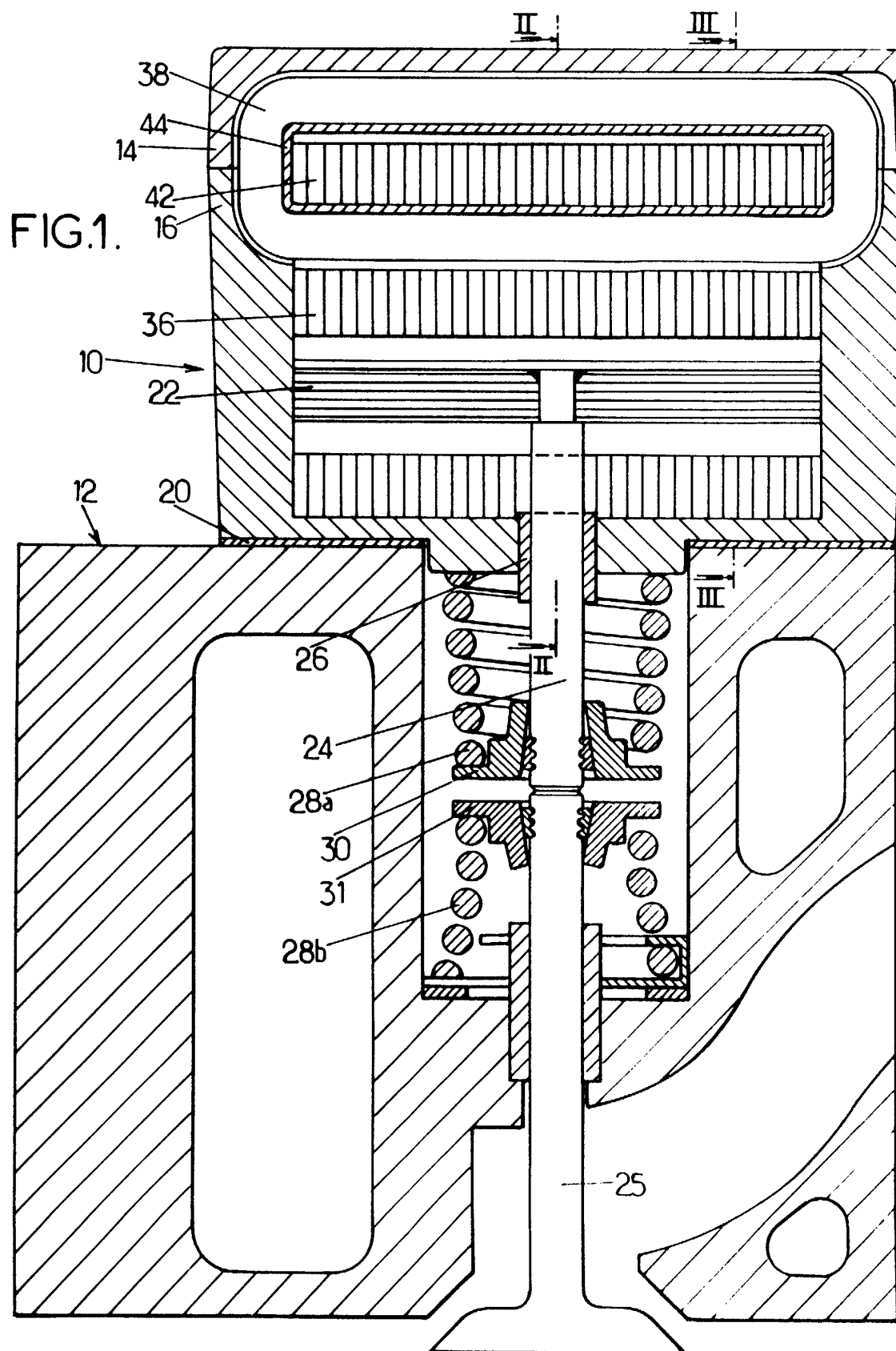


FIG.3.

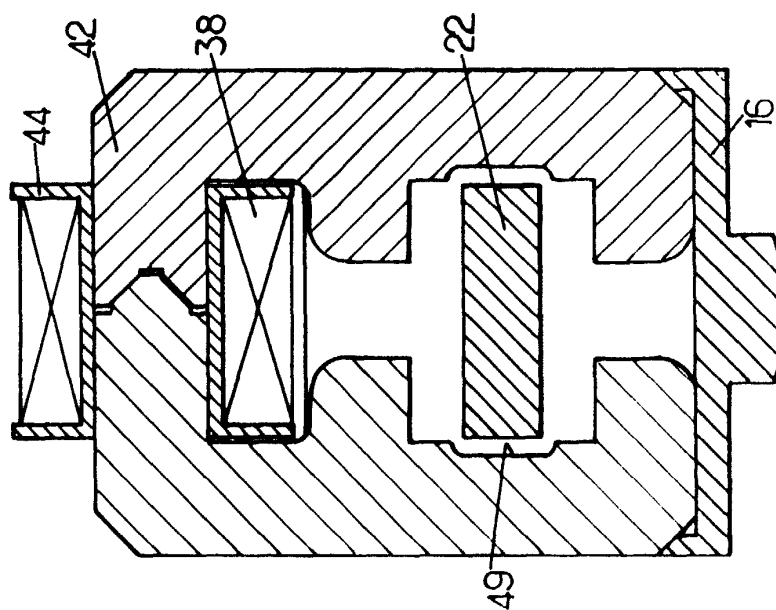
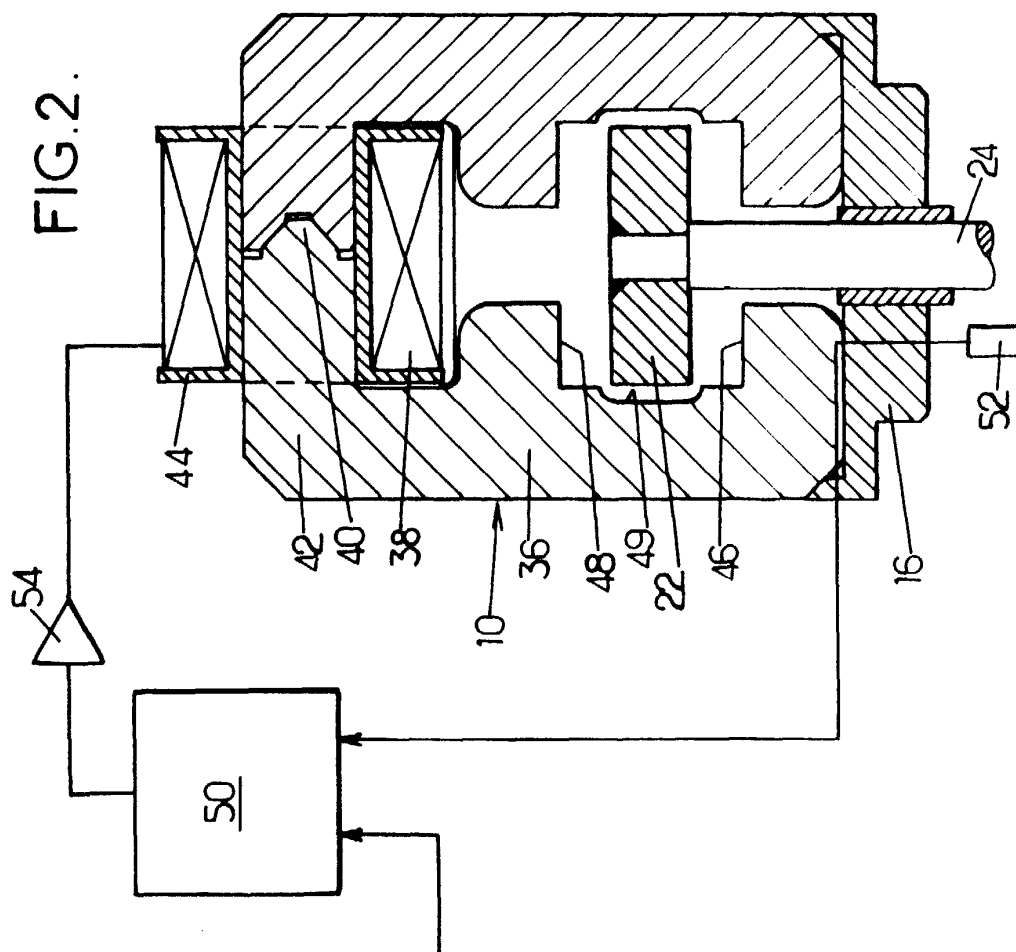
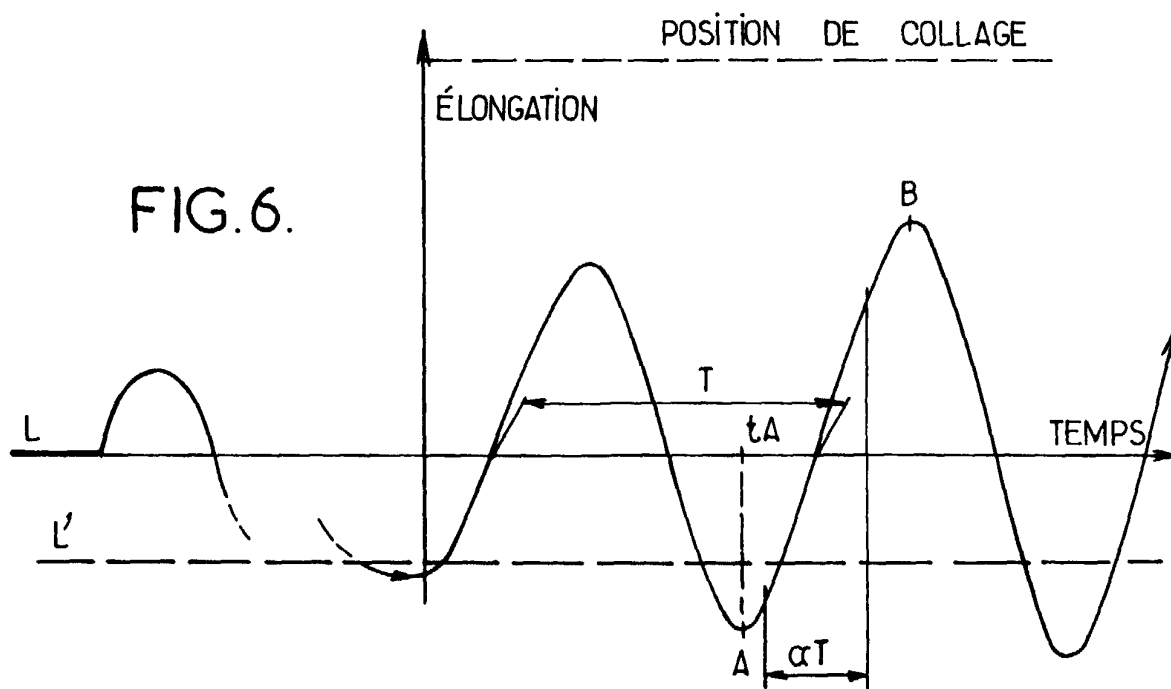
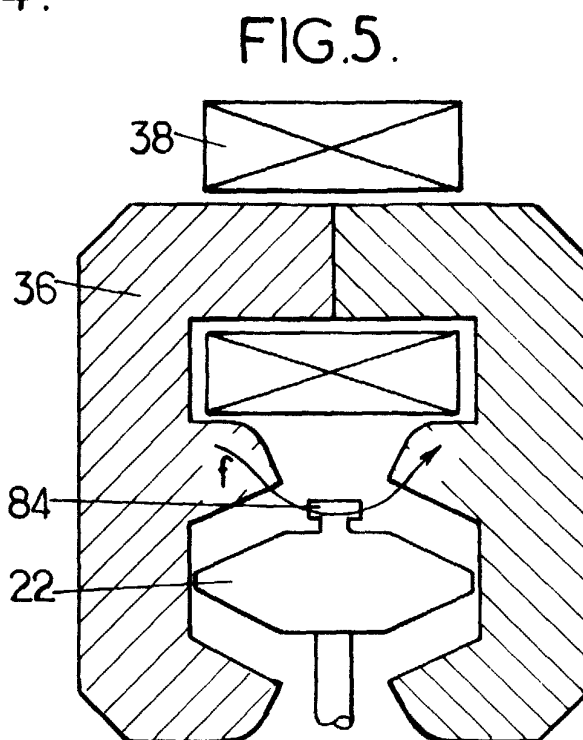
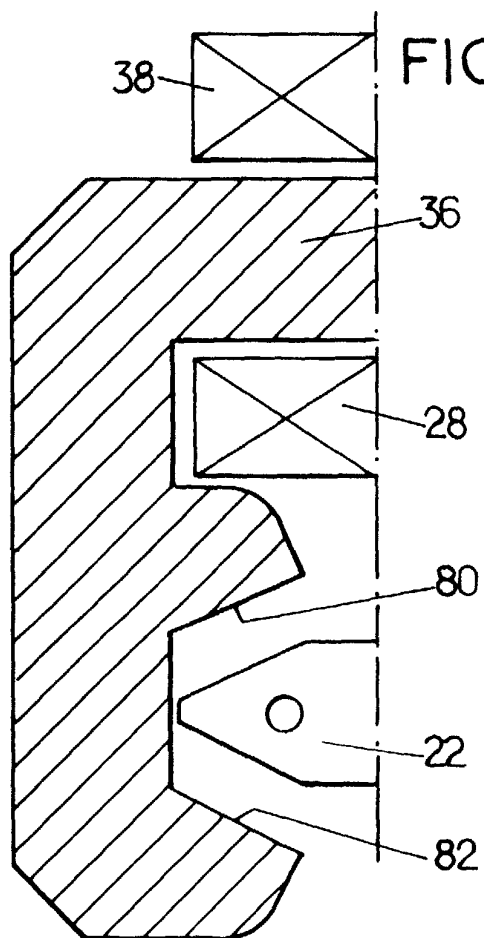


FIG.2.







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 0877

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.7)
A	DE 197 18 038 C (DAIMLER BENZ AG) 7 mai 1998 (1998-05-07) * colonne 2, ligne 29-62 * * figures * ---	1	F01L9/04
A	DE 195 18 056 A (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 21 novembre 1996 (1996-11-21) * colonne 5, ligne 1-13 * * figure 1 * ---	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 098, no. 012, 31 octobre 1998 (1998-10-31) & JP 10 196328 A (YAMADA SATOSHI), 28 juillet 1998 (1998-07-28) * abrégé * ---	1	
A	DE 197 12 064 A (BRAUNEWELL) 1 octobre 1998 (1998-10-01) * colonne 2, ligne 33-52; figure 4 * -----	8	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			F01L H01F
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		28 décembre 1999	Klinger, T
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
<p>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</p>			
<p>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</p>			

EPO FORM 1503 03/82 (PdC02)

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

EP 99 40 0877

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.

28-12-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19718038 C	07-05-1998	AUCUN	
DE 19518056 A	21-11-1996	US 5818680 A	06-10-1998
JP 10196328 A	28-07-1998	AUCUN	
DE 19712064 A	01-10-1998	WO 9842958 A	01-10-1998
		WO 9842959 A	01-10-1998

EPO FORM P0460

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