



## Description

**[0001]** L'invention a trait à la commande des soupapes dans les moteurs à combustion interne.

**[0002]** Elle concerne un dispositif de rappel d'une soupape ainsi qu'un moteur à combustion interne équipé d'un tel dispositif.

**[0003]** Rappelons que l'ouverture et la fermeture des soupapes d'admission et d'évacuation des moteurs à combustion interne est commandée par un arbre à cames couplé en rotation à l'arbre moteur.

**[0004]** Afin d'assurer une ouverture et une fermeture de la soupape au moment choisi, il est indispensable que celle-ci soit maintenue en contact avec la came correspondante de l'arbre à cames.

**[0005]** C'est la raison pour laquelle les moteurs sont équipés de dispositifs de rappel qui comportent, pour chaque soupape, un ressort qui sollicite celle-ci en permanence dans la direction de sa fermeture (c'est-à-dire en direction de la came correspondante).

**[0006]** La plupart de ces dispositifs de rappel comprennent des ressorts mécaniques qui, lorsque le régime moteur est modéré, maintiennent constamment la soupape en appui sur la came correspondante.

**[0007]** Toutefois, les ressorts mécaniques ont pour principal inconvénient d'entrer en résonance lorsque le régime moteur est suffisamment élevé, ce phénomène, connu sous le terme "d'affolement des soupapes", ayant pour conséquence que le mouvement de translation de la soupape se trouve dissocié du mouvement de rotation de l'arbre à cames.

**[0008]** Il en résulte une perte notoire de puissance.

**[0009]** Diverses solutions ont été proposées pour remédier à ce problème.

**[0010]** Il est ainsi connu d'équiper chaque soupape de plusieurs ressorts de rappel de raideurs différentes, afin d'augmenter la fréquence de résonance du système élastique ainsi constitué.

**[0011]** Cette solution convient aux moteurs de grande série, dont les régimes de fonctionnement sont relativement modérés (c'est-à-dire que leur régime maximal ne dépasse généralement pas les 8000 tours par minute).

**[0012]** Cette solution trouve cependant ses limites dans les moteurs de motos et de voitures de course, dont le régime maximal dépasse souvent les 15000 tours par minute.

**[0013]** De fait, on a déjà constaté dans ce type de moteur l'apparition du phénomène d'affolement des soupapes, même lorsque celles-ci sont équipées de dispositifs de rappel à ressorts multiples.

**[0014]** Afin de remédier à ce problème, il a été proposé de remplacer, dans certains moteurs à régime élevé, les ressorts mécaniques par des ressorts pneumatiques, moins susceptibles d'entrer en résonance à régime moteur élevé.

**[0015]** Ainsi, un système de rappel pneumatique de soupapes pour moteurs à combustion interne est connu du document FR-2 529 616, publié il y a déjà quelque

temps.

**[0016]** Le système proposé comporte un piston solidaire d'une tige de soupape et coulissant dans un cylindre, le piston, la tige de soupape et le cylindre formant une chambre étanche qui renferme un fluide compressible se trouvant à une pression minimale de tarage prédéterminé correspondant à la position de fermeture complète de la soupape.

**[0017]** Si ce système a déjà pu donner satisfaction, il ne permet toutefois pas un contrôle de la force de rappel à laquelle est soumise la soupape.

**[0018]** Le document US-5 233 950 prévoit quant à lui d'équiper le dispositif de rappel de moyens pour réguler la pression pneumatique régnant dans le cylindre dans lequel coulisse la soupape.

**[0019]** Si le système de commande de soupape ainsi proposé constitue une avancée par rapport au système du document FR-2 529 616, la structure mise en oeuvre pour assurer la régulation de pression est toutefois relativement complexe, tandis que sa réactivité, insuffisante, se révèle pénalisante lors de brusques variations de régime moteur.

**[0020]** L'invention vise notamment à remédier aux inconvénients précités, en proposant un dispositif de rappel permettant une régulation précise de la force de rappel à laquelle est soumise la soupape et qui, tout en présentant une réactivité accrue (autrement dit un temps de réponse réduit, notamment lors de brusques variations de régime moteur), permette de réduire encore le risque d'affolement des soupapes.

**[0021]** A cet effet, l'invention propose un dispositif de rappel d'une soupape d'un moteur à combustion interne comportant :

- un piston solidaire de ladite soupape, monté coulissant dans un cylindre,
- une alimentation en fluide sous pression raccordée audit cylindre par un canal d'alimentation, et
- un clapet de surpression, raccordé audit cylindre par un canal d'évacuation, et agencé pour limiter la pression régnant dans le cylindre à une pression maximale prédéterminée,

ce dispositif comportant en outre des moyens pour réguler la pression maximale en fonction de la pression d'alimentation suivant une loi de type affine.

**[0022]** Il est ainsi possible de faire varier de manière linéaire la raideur du ressort pneumatique constitué par le fluide sous pression contenu dans le cylindre, en fonction de paramètres prédéterminés, tel que le régime moteur.

**[0023]** Il en résulte une meilleure régulation de la force de rappel à laquelle est soumise la soupape, ce qui réduit le risque d'affolement.

**[0024]** La pression maximale est par exemple fonction de la pression d'alimentation suivant une loi du type :

$$P_M = \lambda P_A + P_2$$

où :

$P_M$  est la pression maximale,  
 $\lambda$  est une constante,  
 $P_A$  est la pression d'alimentation, et  
 $P_2$  est une constante.

**[0025]** Suivant un mode préféré de réalisation, le clapet de surpression est muni d'un ressort de rappel, auquel cas la constante  $P_2$  est la pression de tarage du dit clapet de surpression, fournie par ledit ressort de rappel.

**[0026]** Afin de réaliser la loi de pression présentée ci-dessus, le clapet de surpression est par exemple raccordé à l'alimentation par un canal de dérivation.

**[0027]** Par ailleurs, il peut être prévu un clapet anti-retour placé sur le canal d'alimentation, le canal de dérivation étant relié à l'alimentation en amont de ce clapet anti-retour.

**[0028]** L'alimentation peut être commandée pour réguler la pression d'alimentation en fonction d'un ou plusieurs paramètres déterminés, tel que le régime moteur.

**[0029]** Ainsi, l'alimentation est de préférence commandée pour augmenter la pression d'alimentation lorsque croît le régime moteur.

**[0030]** Suivant un autre objet, l'invention propose un moteur à combustion interne équipé d'un dispositif de rappel tel que présenté ci-dessus.

**[0031]** D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront à la lumière de la description faite ci-après en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- les figures 1 à 6 sont des vues schématiques du dispositif de rappel d'une soupape, illustrant de manière successive un cycle complet d'ouverture/fermeture de la soupape ;
- la figure 7 est un diagramme illustrant les variations de la pression  $P$  à l'intérieur du cylindre, en fonction du déplacement  $h$  du piston, au cours d'un cycle complet d'ouverture/fermeture de la soupape ;
- les figures 8 et 9 sont des diagrammes analogues à celui de la figure 7, illustrant des cycles d'ouverture/fermeture de la soupape, avec régulation de la pression d'alimentation.

**[0032]** Sur la figure 1 est représenté un dispositif de rappel 1 d'une soupape 2 d'un moteur à combustion interne dont on a seulement représenté la tubulure 3 d'admission (ou d'échappement) dont la soupape 2 commande l'ouverture et la fermeture.

**[0033]** Comme cela est visible sur la figure 1, la soupape 2 comporte une tige 4 qui se termine, à l'une de ses extrémités, par une tête 5 apte à venir en appui contre un siège 6 qui forme l'embouchure de la tubulure d'admission 3.

**[0034]** La tige 4 se termine, à son extrémité opposée, par une queue 7 conformée en un suiveur de came qui est maintenu en appui par un ressort pneumatique 8 (décrit ci-dessous) contre une came 9 d'un arbre à cames dont la rotation commande l'ouverture et la fermeture de la soupape 2.

**[0035]** La soupape 2 est munie d'un piston 10 qui, solidaire de la tige de soupape 4, est monté coulissant dans un cylindre 11.

**[0036]** Le dispositif 1 comporte également une alimentation 12 en fluide sous pression, raccordée fluidiquement au cylindre 11 par un canal d'alimentation 13 sur lequel est placé un clapet anti-retour 14.

**[0037]** Le dispositif 1 comporte en outre un clapet de surpression 15 relié fluidiquement, d'une part au cylindre 11 par un canal d'évacuation 16 et, d'autre part, à l'alimentation 12 par un canal de dérivation 17 qui, comme cela est visible sur les figures 1 à 6, se raccorde à l'alimentation 12 en amont du clapet anti-retour 14.

**[0038]** Le clapet de surpression 15 comporte un cylindre 18 dans lequel coulisse un piston 19 dont est solidaire une soupape 20. Le piston 19 divise le cylindre 18 en deux chambres isolées de manière étanche, à savoir une chambre dite de surpression 21, dans laquelle débouche le canal de dérivation 17, et une chambre de détente 22 dans laquelle débouche le canal d'évacuation 16 et un canal de mise à l'air libre 23 grâce auquel la pression régnant dans la chambre de détente 22 est constamment égale à la pression atmosphérique.

**[0039]** Le piston 19 est monté mobile entre une position dite de fermeture, illustrée sur la figure 1, dans laquelle la soupape 20 obture le canal d'évacuation 16, et une position dite d'ouverture, illustrée sur la figure 3, dans laquelle la soupape 20 est écartée du canal d'évacuation 16 qu'elle met ainsi en communication avec la chambre de détente 22.

**[0040]** L'on note  $S_p$  la superficie de la surface du piston 19 tournée du côté de la chambre de surpression 21, et  $S_s$  la superficie de la surface de la soupape 20 tournée du côté du côté du canal d'évacuation 16.

**[0041]** Comme cela apparaît sur les figures 1 à 6, le clapet de surpression 15 est équipé d'un ressort de rappel 24 qui sollicite en permanence le piston 19 vers sa position de fermeture.

**[0042]** Suivant un mode de réalisation illustré sur les figures 1 à 6, l'alimentation 12 comporte un régulateur de pression relié, par un canal 26, à une source de fluide sous pression (non représentée), ce régulateur étant agencé pour faire varier la pression dans le canal d'alimentation 13 en fonction d'un ou plusieurs paramètres déterminés tels que le régime moteur, lequel est caractérisé par la vitesse de rotation - notée  $V_R$  - de l'arbre moteur.

**[0043]** L'on note :

$P_A$  la pression d'alimentation, qui règne dans le canal d'alimentation 13 en amont du clapet anti-retour 14 et dans le canal de dérivation 17 ;

$P_1$  la pression de tarage du clapet anti-retour 14 ;  
 $P_2$  la pression de tarage du clapet de surpression 15, résultant de la force de rappel exercée sur le piston par le ressort 24 ;  
 $P$  la pression qui règne dans le cylindre 11, dans le canal d'alimentation 13 en aval du clapet anti-retour 14 et dans le canal d'évacuation 16 ;  
 $P_m$  la valeur minimale de la pression  $P$ , cette valeur minimale vérifiant la relation suivante :

$$P_A = P_m + P_1 ;$$

$\lambda$  le rapport (constant) des superficies  $S_P$  et  $S_S$  :

$$\lambda = \frac{S_P}{S_S} ;$$

$P_M$  la valeur maximale de la pression  $P$ . Cette valeur correspond à la pression qui règne dans la chambre de surpression 21, et vérifie par conséquent la relation suivante :

$$P_M = \lambda P_A + P_2 ;$$

et enfin  $P_0$  la pression atmosphérique.

**[0044]** Le clapet de surpression 15 est agencé pour limiter la pression  $P$  régnant dans le cylindre 11 à la pression maximale  $P_M$  : en effet, lorsque la pression  $P$  atteint ou dépasse cette pression maximale  $P_M$ , le fluide du canal d'évacuation 16, en provenance du cylindre 11, exerce sur la soupape 20 une pression qui compense la pression  $P_M$  régnant dans la chambre de surpression 21, ce qui tend à déplacer le piston 19, initialement dans sa position de fermeture, vers sa position d'ouverture, mettant ainsi le canal d'évacuation 16 en communication avec la chambre de détente 22.

**[0045]** On décrit ci-après le fonctionnement du dispositif 1.

**[0046]** Sur la figure 1, la soupape est représentée à son point mort haut (PMH voir figure 7) où, plaquée contre le siège 6, elle obture la tubulure d'admission 3.

**[0047]** Dans cette position, la somme  $P + P_1$  des pressions régnant à l'intérieur du cylindre 11 et de tarage du clapet anti-retour 14 est inférieure ou égale à la pression d'alimentation  $P_A$ , ce qui provoque l'ouverture du clapet anti-retour 14 jusqu'à l'équilibrage des pressions, qui se produit lorsque  $P = P_m$ .

**[0048]** Lorsque cet équilibrage se produit, le clapet anti-retour 14 se referme (figure 2), ce qui correspond au point A sur le diagramme de la figure 7.

**[0049]** La rotation de la came 9 (figure 3) provoque alors le déplacement de la soupape 2 en direction de sa position d'ouverture, ce qui comprime le fluide contenu dans le cylindre 11.

**[0050]** Il se produit une augmentation de la pression  $P$  jusqu'à ce que la valeur de celle-ci atteigne la pression maximale  $P_M$ , ce qui correspond au point B du diagramme de la figure 7.

**[0051]** A cet instant, il se produit un équilibrage des pressions dans le clapet de surpression 15 : le piston 19 est repoussé vers sa position d'ouverture, le canal d'évacuation 16 étant ainsi mis en communication avec la chambre de détente 22. La pression  $P$  est ainsi maintenue égale à la pression maximale  $P_M$ .

**[0052]** Cette situation, qui correspond à la ligne joignant les points B et C sur le diagramme de la figure 7, perdure tant que le mouvement de la came 9 tend à comprimer le fluide qui se trouve dans le cylindre 11 (figure 4).

**[0053]** Lorsque la soupape 2 atteint son point mort bas (PMB), le fluide présent dans le cylindre 11 ne tend plus à être comprimé, de sorte que la pression  $P_M$  qui règne dans la chambre de surpression 21 est suffisante pour repousser le piston 19 vers sa position de fermeture, la soupape 20 obturant ainsi à nouveau le canal d'évacuation 16 (figure 5), ce qui correspond au point C sur le diagramme de la figure 7.

**[0054]** La rotation de la came 9 permet alors à la soupape 2, sous l'effet du ressort pneumatique 8 constitué par le fluide sous pression présent dans le cylindre 11, qui maintient le suiveur de came 7 en contact permanent avec la came 9, de remonter vers sa position de fermeture, comme cela est représenté sur la figure 6. Il se produit alors une détente du fluide présent dans le cylindre 11, ce qui correspond à la ligne joignant les points C et D sur le diagramme de la figure 7.

**[0055]** Cette détente se poursuit jusqu'à ce que la pression  $P$  du fluide présent dans le cylindre 11 atteigne sa valeur minimale  $P_m$  (point D sur le diagramme de la figure 7), ce qui provoque l'ouverture du clapet anti-retour 14 (figure 6).

**[0056]** Cette situation (correspondant à la ligne joignant les points D et A sur le diagramme de la figure 7) perdure tant que la soupape 2 n'a pas atteint à nouveau son point mort haut, la pression  $P$  du fluide présent dans le cylindre 11 étant ainsi maintenue constante et égale à la valeur minimale  $P_m$  malgré le mouvement de la soupape 2 qui, suivant la came 9, tend à détendre le fluide.

**[0057]** Dès lors que la soupape 2 atteint son point mort haut (figure 1), le cycle qui vient d'être décrit recommence.

**[0058]** On comprend que la présence des clapets anti-retour 14 et de surpression 15 permet de borner entre deux valeurs extrêmes (correspondant, respectivement, à la pression minimale  $P_m$  et à la pression maximale  $P_M$ , la force de rappel exercée sur la soupape 2 par le ressort pneumatique 8 constitué par le fluide présent dans le cylindre 11.

**[0059]** Afin d'optimiser le mouvement de la soupape (et notamment d'éviter son affolement), on souhaite faire varier la raideur du ressort pneumatique 8 en fonction d'un ou plusieurs paramètres déterminés.

**[0060]** En pratique, on souhaite faire varier cette raideur en fonction du régime moteur, et, plus précisément, on souhaite augmenter la raideur du ressort pneumatique 8 lorsque croît la vitesse de rotation  $V_R$  de l'arbre moteur, ce qui permet d'augmenter la réactivité de la soupape et de repousser sa limite d'affolement.

**[0061]** Sur la figure 8, on a représenté un diagramme illustrant la pression  $P$  du fluide contenu dans le cylindre 11 en fonction du déplacement  $h$  du piston 10, illustrant trois cycles successifs d'ouverture/fermeture de la soupape 2, entre lesquels on a commandé, d'abord une augmentation de la pression d'alimentation  $P_A$  consécutive à l'augmentation du régime moteur, puis une diminution de la pression d'alimentation  $P_A$  consécutive à une baisse du régime moteur.

**[0062]** Au départ (point A), la pression  $P$  est égale à la pression minimale  $P_{m1}$  correspondant à la pression d'alimentation  $P_A$  initiale. A cette pression d'alimentation  $P_A$  initiale correspond également une pression maximale  $P_{M1}$ , qui règne dans la chambre de surpression 21.

**[0063]** La phase d'ouverture de la soupape 2 est telle que décrite précédemment (entre les points A et B, courbe en traits pleins), le clapet de surpression 15 intervenant (entre les points B et C) lorsque la pression  $P$  atteint la pression maximale  $P_{M1}$ .

**[0064]** On commande (arbitrairement) une augmentation du régime moteur dans la phase de fermeture de la soupape 2, correspondant à la détente du fluide (entre les points C et D du diagramme de la figure 8) : le régulateur 25 commande alors l'augmentation de la pression d'alimentation  $P_A$ .

**[0065]** Il en résulte une augmentation de la pression minimale qui s'établit à une nouvelle valeur - notée  $P_{m2}$  -, tandis que la pression maximale s'établit simultanément, par l'intermédiaire du canal de dérivation 17, à une nouvelle valeur - notée  $P_{M2}$  -, ces nouvelles valeurs  $P_{m2}$  et  $P_{M2}$  étant respectivement supérieures aux valeurs précédentes  $P_{m1}$  et  $P_{M1}$ .

**[0066]** Lorsque la pression  $P$  atteint la pression minimale  $P_{m2}$ , le clapet anti-retour 14 entre en action, la pression  $P$  restant alors constante et égale à la valeur  $P_{m2}$  jusqu'à ce que la soupape atteigne à nouveau son point mort haut (point A' sur le diagramme de la figure 8).

**[0067]** Le ressort pneumatique 8 se trouve ainsi modifié par rapport au cycle précédent, sa raideur étant supérieure.

**[0068]** La phase d'ouverture de la soupape est telle que décrite précédemment (points B' et C', courbe en pointillés). Au cours de la phase de fermeture de la soupape 2 (entre les points C' et D'), on commande (arbitrairement) une baisse du régime moteur : le régulateur 25 commande alors une diminution de la pression d'alimentation  $P_A$ , la pression minimale s'établissant alors à une nouvelle valeur  $P_{m3}$  tandis que la pression maximale, qui règne dans la chambre de surpression 21 s'établit à une nouvelle valeur  $P_{M3}$ , ces nouvelles valeurs  $P_{m3}$  et  $P_{M3}$  étant, respectivement, inférieures aux valeurs

initiales  $P_{m1}$  et  $P_{M1}$ .

**[0069]** Lorsque la pression  $P$  atteint, au cours de la détente, la valeur  $P_{m3}$  (point D'), le clapet de surpression 14 entre en action pour maintenir constante à cette valeur la pression  $P$  (entre les points D' et A''), tant que la soupape 2 n'a pas atteint son point mort haut (point A'').

**[0070]** La phase d'ouverture de la soupape 2 se répète alors comme précédemment (entre les points A'' et B'', puis entre les points B'' et C'', courbe en trait mixte), le ressort pneumatique 8 présentant toutefois une raideur inférieure à la raideur qu'il présentait durant les deux cycles précédents ;

**[0071]** Au cours de la détente (entre les points C'' et D''), on suppose qu'il se produit à nouveau une augmentation du régime moteur, lequel retrouve sa valeur initiale.

**[0072]** Le régulateur 25 commande alors une augmentation de la pression d'alimentation  $P_A$ , les pressions minimale et maximale retrouvant alors leurs valeurs initiales respectives  $P_{m1}$  et  $P_{M1}$ .

**[0073]** Lorsque la pression  $P$  atteint la valeur minimale  $P_{m1}$  (point D''), le clapet 14 entre alors en action pour maintenir constante à cette valeur la pression  $P$  (entre les points D'' et A).

**[0074]** La figure 9 illustre un cycle d'ouverture/fermeture de la soupape 2, au cours duquel se produisent successivement :

- pendant la phase d'ouverture, une baisse du régime moteur avant que la pression  $P$  n'ait atteint la pression maximale initiale  $P_{M1}$  mais après qu'elle a dépassé la nouvelle valeur  $P_{M2}$  résultant de la régulation de la pression d'alimentation  $P_A$ , et
- au cours de la détente, une augmentation subite du régime moteur avant que la pression  $P$  n'ait atteint la valeur minimale  $P_{m2}$  correspondant à cette régulation, mais après que la pression  $P$  soit passée sous la valeur  $P_{m3}$  issue de la nouvelle régulation de la pression d'alimentation  $P_A$ .

**[0075]** Au départ (point A), la pression minimale se trouve à une valeur  $P_{m1}$ , la soupape 2 étant à son point mort haut.

**[0076]** La rotation de la came 9 provoque, comme décrit précédemment, la compression du fluide présent dans le cylindre 11. Toutefois, il se produit, à un instant donné (point B<sub>1</sub> sur le diagramme de la figure 9) où la pression  $P$  n'a pas encore atteint la valeur maximale  $P_{M1}$ , une brusque baisse de régime moteur ayant pour conséquence la commande, par le régulateur 25, de la diminution de la pression d'alimentation  $P_A$ , les pressions minimales et maximales s'établissant alors à des valeurs  $P_{m2}$  et  $P_{M2}$  inférieures, respectivement, aux valeurs initiales  $P_{m1}$  et  $P_{M1}$ .

**[0077]** La surpression provoque immédiatement l'ouverture du clapet 15, la pression  $P$  chutant jusqu'à atteindre la nouvelle valeur de la pression maximale  $P_{M2}$  (point B<sub>2</sub>).

**[0078]** Il est à noter que, sur le diagramme de la figure 9, on n'a pas pris en compte l'inertie du système, de sorte que le segment reliant les points B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub> apparaît à la fois rectiligne et vertical.

**[0079]** La suite du cycle est (momentanément) telle que décrit précédemment. La pression P est maintenue constante et égale à la valeur P<sub>M2</sub> jusqu'au point mort bas (point C) où se produit la fermeture du clapet de surpression 15, le cycle entamant alors sa phase d'ouverture de la soupape 2.

**[0080]** Au cours de la détente, il se produit, avant que la pression P n'ait atteint la valeur minimale courante P<sub>m2</sub> (point D<sub>1</sub>), une brusque remontée du régime moteur que le régulateur 25 répercute par une augmentation de la pression d'alimentation, la pression minimale s'établissant alors à une nouvelle valeur P<sub>m3</sub> supérieure dans l'exemple décrit, aux valeurs précédentes P<sub>m1</sub> et P<sub>m2</sub>.

**[0081]** Le clapet anti-retour 14 entre alors en action, la pression P remontant alors brusquement jusqu'à la nouvelle valeur minimale P<sub>m3</sub> (point D<sub>2</sub>), valeur qu'elle conserve jusqu'au point mort haut (point A').

**[0082]** De même que précédemment, on a négligé l'inertie du système, de sorte que le segment qui relie sur le diagramme de la figure 9 les points D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> apparaît à la fois rectiligne et vertical.

**[0083]** Comme nous venons de le voir, le dispositif de rappel 1 permet de réguler, non seulement la pression minimale P<sub>m</sub> requise dans le cylindre 11, mais également la pression maximale P<sub>M</sub>, en fonction de la pression d'alimentation P<sub>A</sub>.

**[0084]** Cette régulation répond à une loi de type affine, ce qui permet de réguler de manière précise la raideur du ressort pneumatique 8 en fonction notamment, comme présenté ci-dessus, du régime moteur.

**[0085]** Comme nous l'avons vu, cette régulation s'opère de manière simple et rapide, puisque le clapet de surpression 15 est directement raccordé à l'alimentation 12.

**[0086]** La structure décrite ci-dessus (en particulier la présence du canal de dérivation 17 et du ressort de rappel 24) permet d'établir de manière simple la loi de pression affine  $P_M = \lambda P_A + P_2$  à laquelle obéit la pression maximale P<sub>M</sub>.

**[0087]** Simultanément, la pression minimale P<sub>m</sub> obéit également à une loi de type affine, puisqu'elle vérifie la relation  $P_m = P_A - P_1$ , ce qui résulte de la présence sur le canal d'alimentation 13 du clapet anti retour 14.

**[0088]** On peut ainsi commander une variation linéaire de la raideur du ressort pneumatique 8 en fonction (comme nous l'avons vu) du régime moteur, de telle sorte que cette raideur soit à la fois suffisamment élevée (ce qui résulte de la régulation de la pression minimale P<sub>m</sub>) pour éviter l'affolement des soupapes, mais suffisamment mesurée pour éviter une usure prématurée des pièces en contact, à savoir la queue de soupape 7 et la came 9 correspondante.

## Revendications

1. Dispositif de rappel (1) d'une soupape (2) d'un moteur à combustion interne, comportant :

- un piston (10) solidaire de ladite soupape (2), monté coulissant dans un cylindre (11),
- une alimentation (12) en fluide sous pression raccordée audit cylindre par un canal d'alimentation (13), et
- un clapet de surpression (15) raccordé audit cylindre (11) par un canal d'évacuation (16), agencé pour limiter la pression (P) régnant dans le cylindre (11) à une pression maximale (P<sub>M</sub>) prédéterminée,

ce dispositif étant **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens (25, 17, 24) pour réguler la pression maximale (P<sub>M</sub>) en fonction de la pression d'alimentation suivant une loi de type affine.

2. Dispositif (1) selon la revendication 1, dans lequel la pression maximale (P<sub>M</sub>) est fonction de la pression d'alimentation suivant une loi du type :

$$P_M = \lambda P_A + P_2$$

où :

P<sub>M</sub> est la pression maximale,  
 λ est une constante,  
 P<sub>A</sub> est la pression d'alimentation, et  
 P<sub>2</sub> est une constante.

3. Dispositif (1) selon la revendication 2, dans lequel, le clapet de surpression (15) étant muni d'un ressort de rappel (24), la constante P<sub>2</sub> est la pression de tarage dudit clapet de surpression (15), fournie par ledit ressort de rappel (24).
4. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le clapet de surpression (15) est raccordé à l'alimentation (12) par un canal de dérivation (17).
5. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 4, qui comporte un clapet anti-retour (14) placé sur le canal d'alimentation (13).
6. Dispositif (1) selon les revendications 4 et 5, prises conjointement, dans lequel le canal de dérivation (17) est relié à l'alimentation (12) en amont du clapet anti-retour (14).
7. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'alimentation (12) est commandée pour réguler la pression d'alimentation (P<sub>A</sub>) en fonction

d'un ou plusieurs paramètres déterminés.

8. Dispositif (1) selon la revendication 7, dans lequel l'alimentation (12) est commandée pour réguler la pression d'alimentation ( $P_A$ ) en fonction du régime moteur ( $V_R$ ). 5
9. Dispositif (1) selon la revendication 8, dans lequel l'alimentation (12) est commandée pour augmenter la pression alimentation ( $P_A$ ) lorsque croît le régime moteur ( $V_R$ ). 10
10. Moteur à combustion interne équipé d'un dispositif de rappel (1) selon l'une des revendications 1 à 9. 15

20

25

30

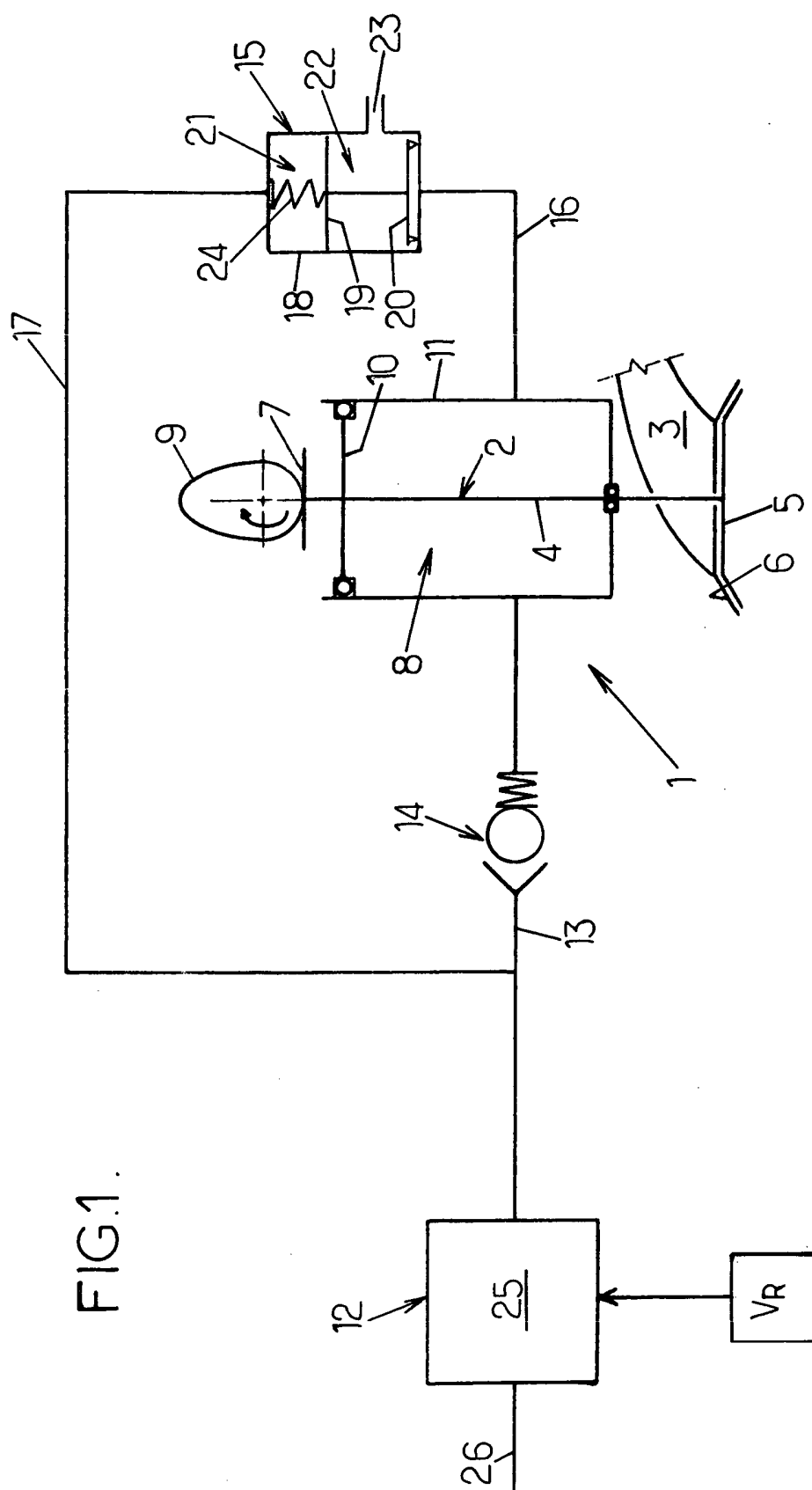
35

40

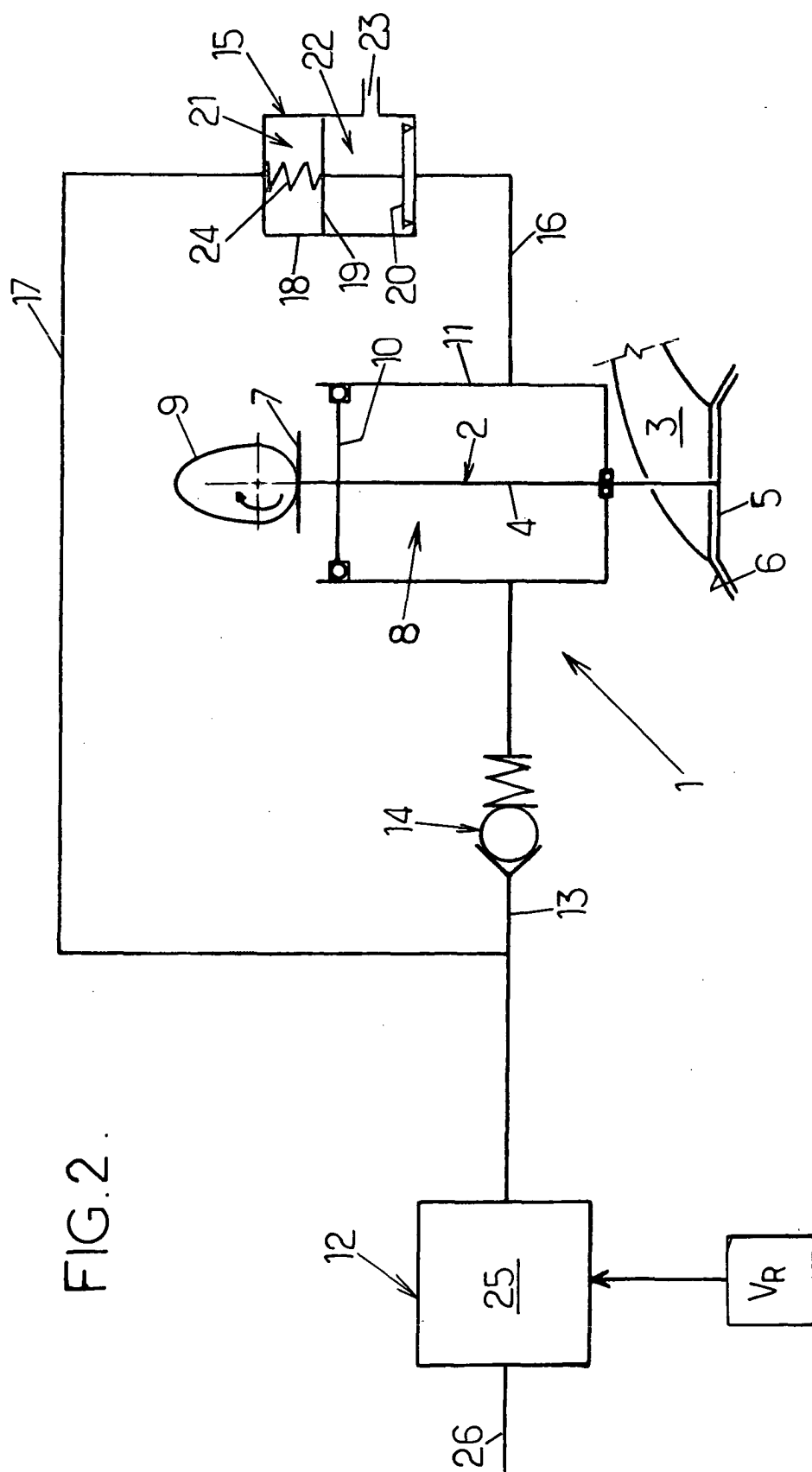
45

50

55







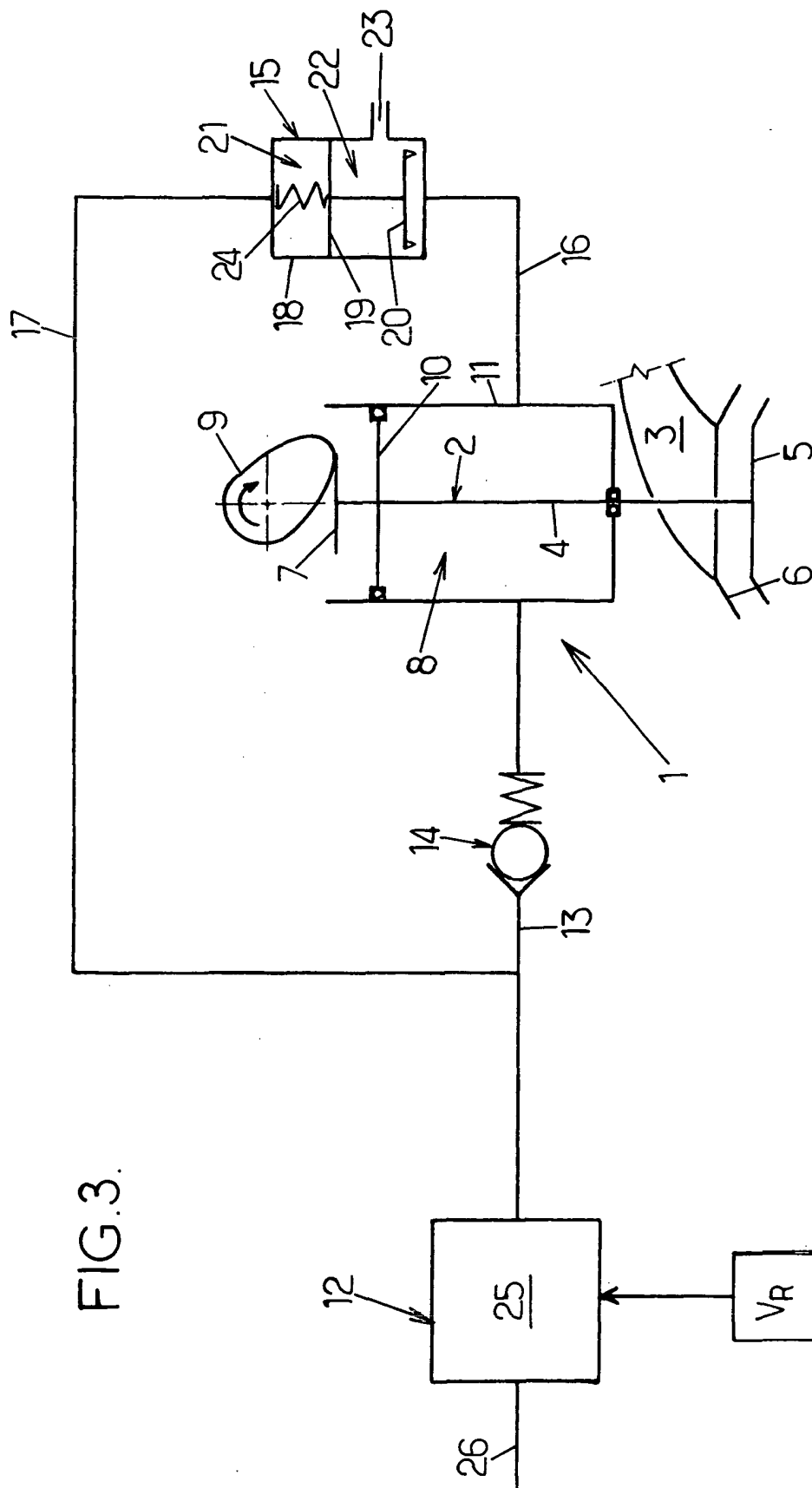


FIG. 3.

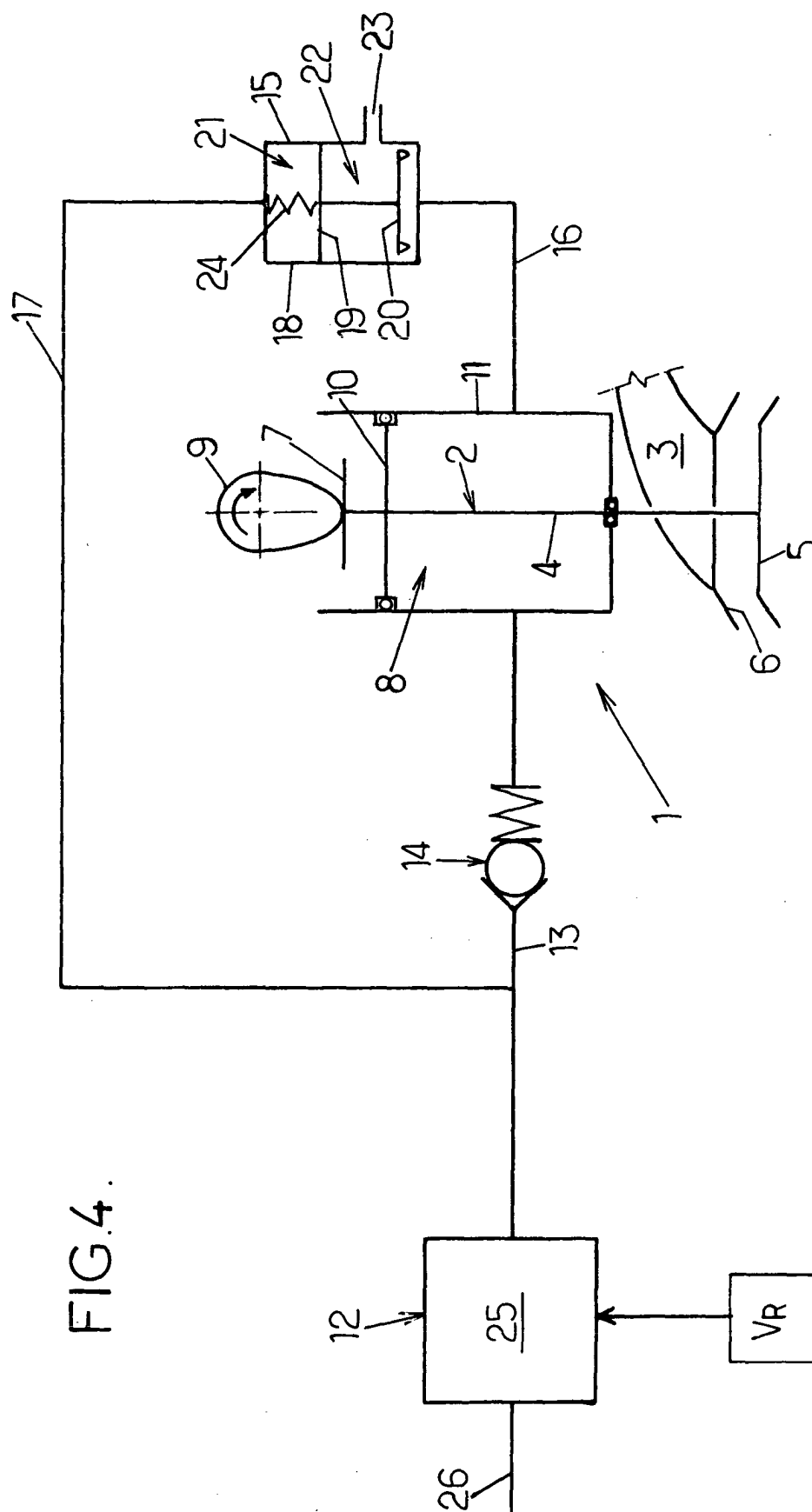
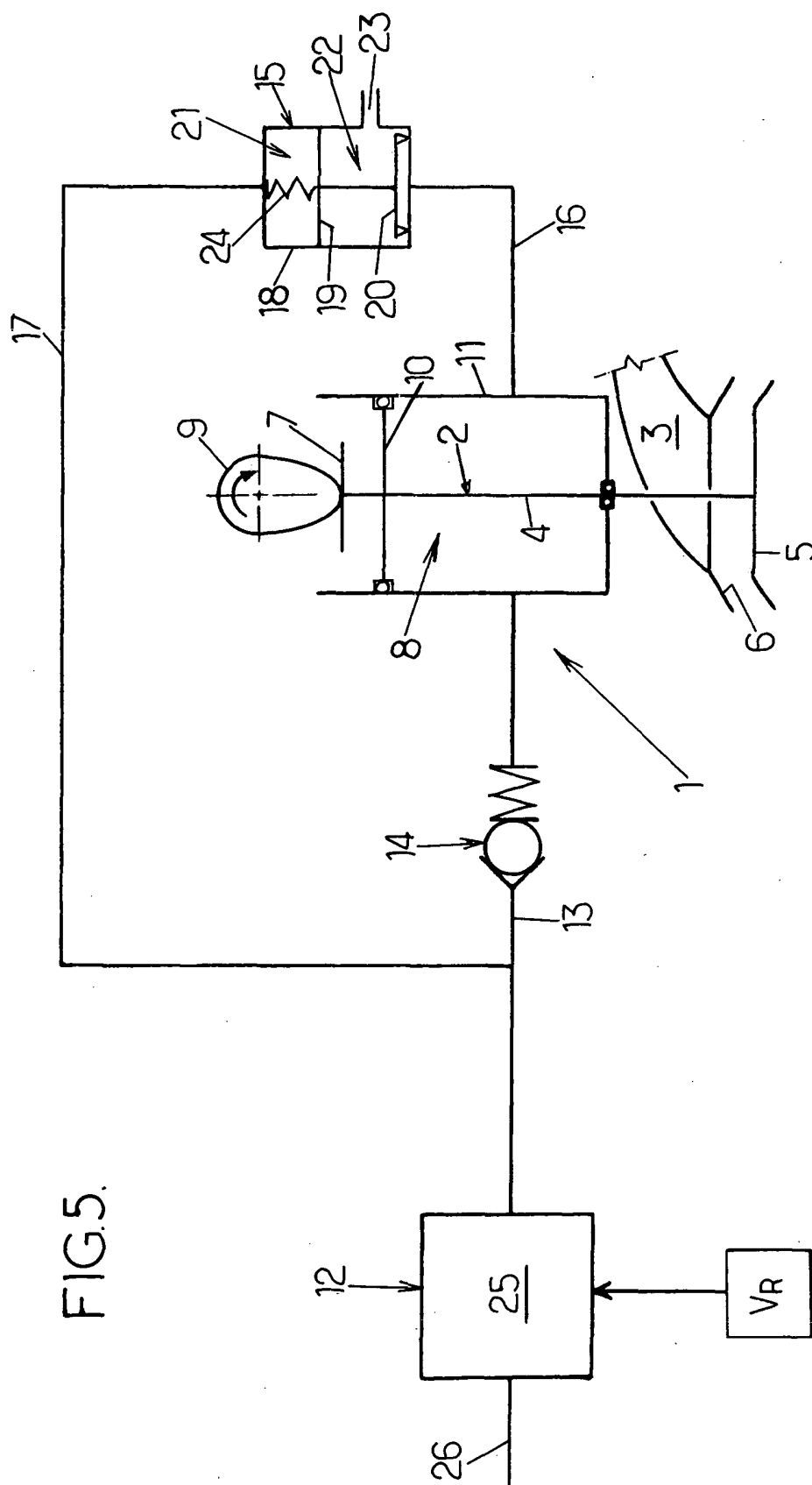
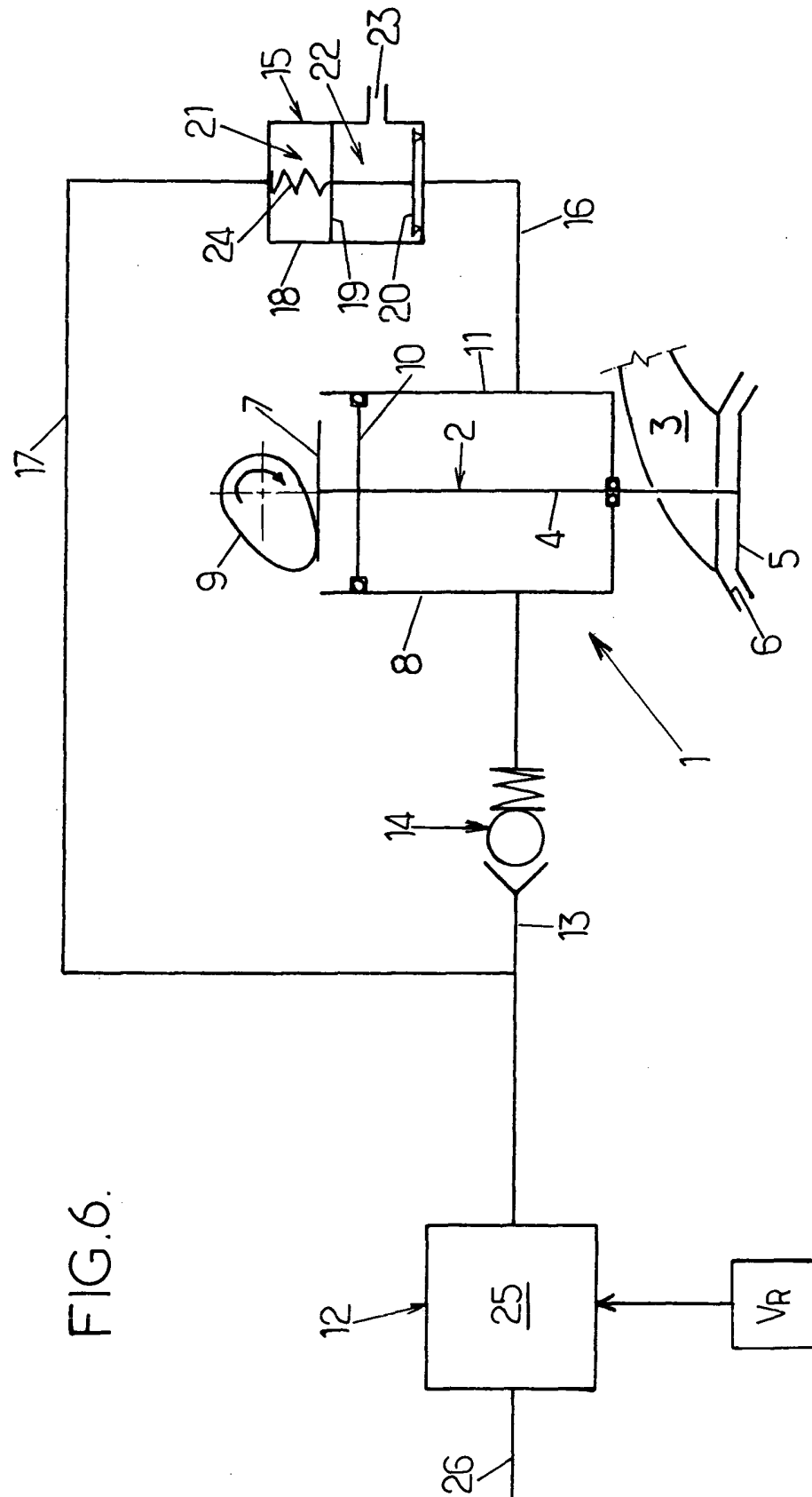


FIG.4.





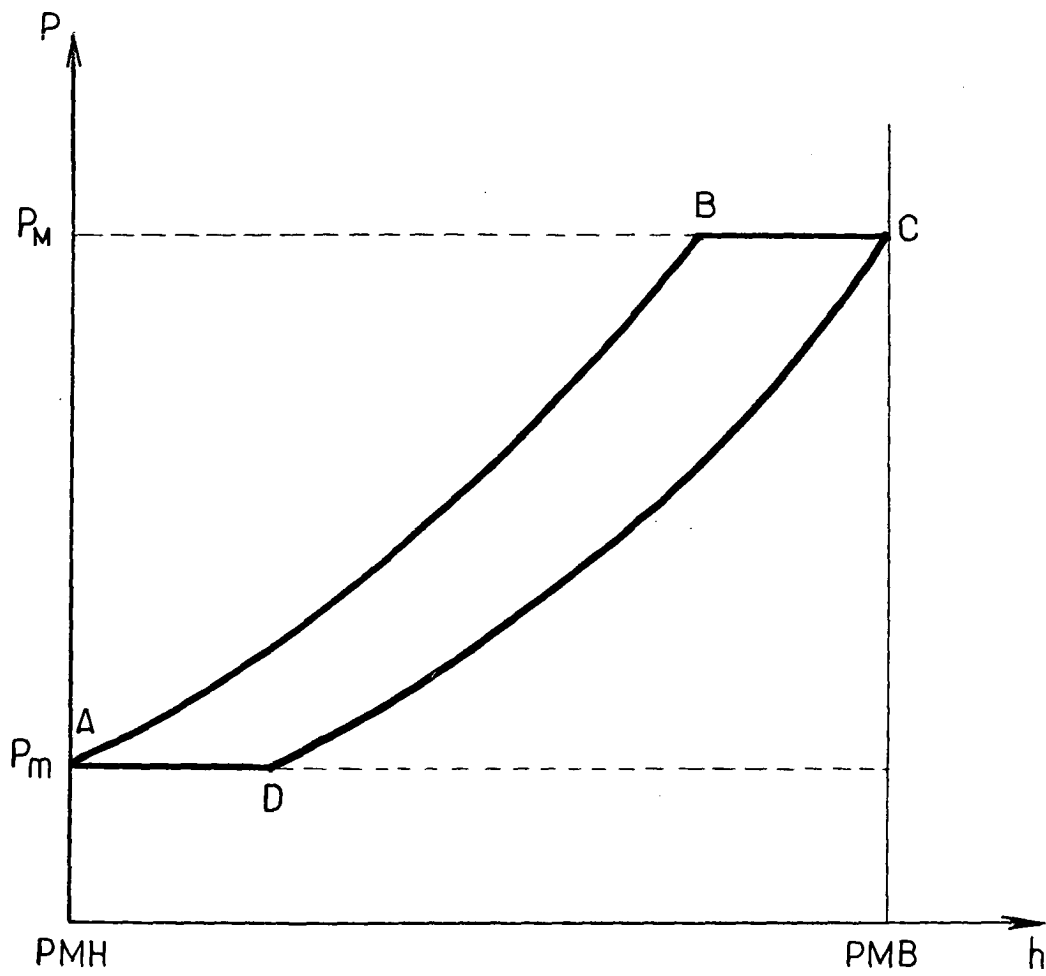


FIG.7.

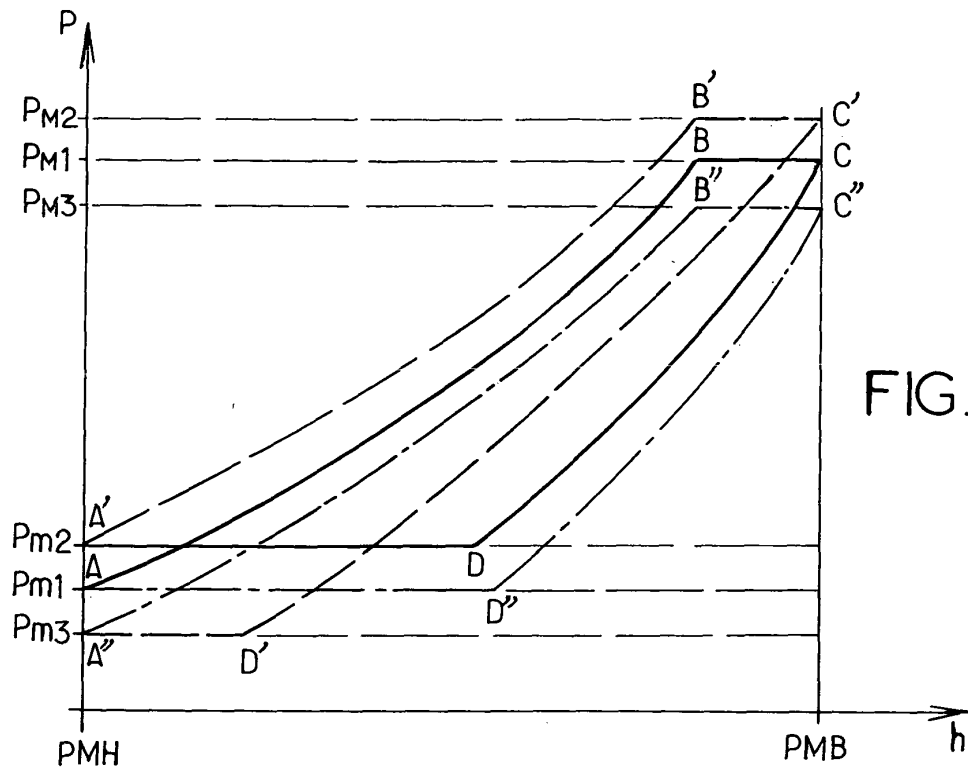


FIG. 8.

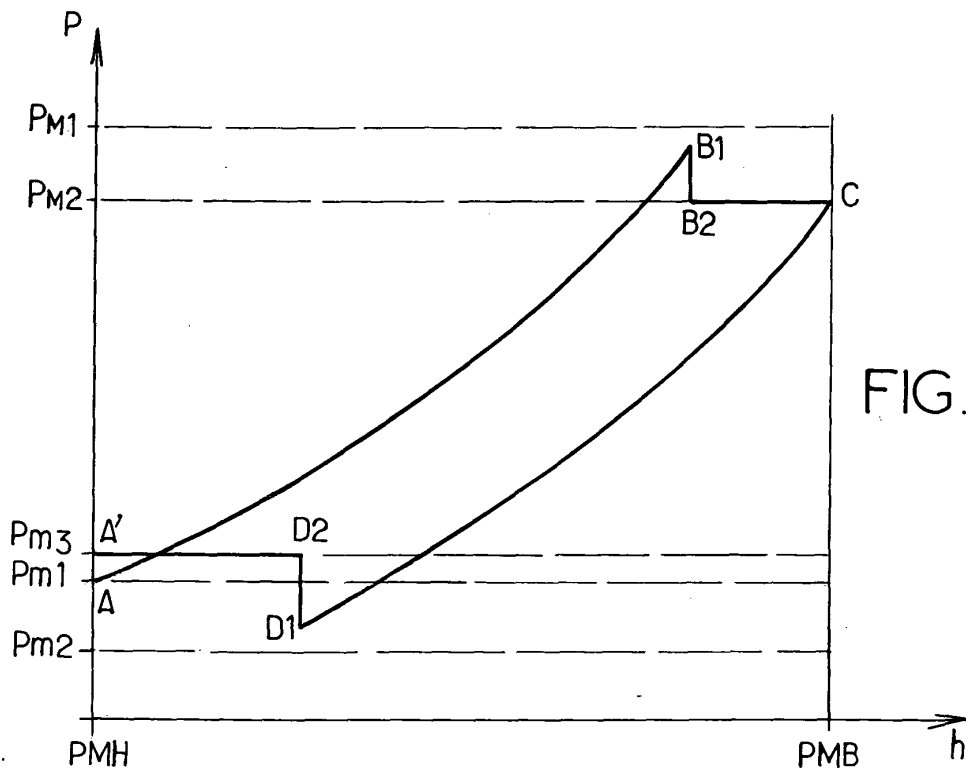


FIG. 9.



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 05 29 0548

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	US 2 342 003 A (MEYER FRED C) 15 février 1944 (1944-02-15) * figures 1-10 * * page 1, colonne 2, ligne 40 - ligne 55 * -----	1-10	F01L1/46 F01L1/12
A	EP 1 132 581 A (SAGEM) 12 septembre 2001 (2001-09-12) * figures 1,2 * * abrégé * * colonne 4, ligne 29 - ligne 44 * -----	1-10	
A	DE 42 20 689 A (MAN B & W DIESEL GMBH) 7 janvier 1993 (1993-01-07) * figures 1-4 * * abrégé * * colonne 4, ligne 22 - ligne 63 * -----	1-10	
A	DE 38 08 542 A (VOLKSWAGENWERK AG) 6 octobre 1988 (1988-10-06) * figures 1,2 * * abrégé * * colonne 5, ligne 22 - ligne 33 * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
A	US 5 664 527 A (BOUDY JEAN-PIERRE) 9 septembre 1997 (1997-09-09) * figure 1 * * abrégé; revendication 6 * -----	1-10	F01L
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>La Haye</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>10 mai 2005</b>	Examineur <b>von Arx, H</b>
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <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 &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



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

EP 05 29 0548

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.

10-05-2005

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2342003	A	15-02-1944	AUCUN	
-----				
EP 1132581	A	12-09-2001	FR 2806146 A1	14-09-2001
			DE 60100081 D1	20-02-2003
			DE 60100081 T2	09-10-2003
			EP 1132581 A1	12-09-2001
			ES 2189779 T3	16-07-2003
-----				
DE 4220689	A	07-01-1993	DK 126191 A	28-12-1992
			DE 4220689 A1	07-01-1993
			GR 1001229 B	30-06-1993
			JP 2922367 B2	19-07-1999
			JP 5187210 A	27-07-1993
			KR 251393 B1	15-04-2000
			PT 100609 A	30-12-1994
			TR 26046 A	01-11-1993
-----				
DE 3808542	A	06-10-1988	DE 3808542 A1	06-10-1988
-----				
US 5664527	A	09-09-1997	FR 2711729 A1	05-05-1995
			AT 172782 T	15-11-1998
			AU 5817794 A	22-05-1995
			DE 69321850 D1	03-12-1998
			DE 69321850 T2	15-04-1999
			EP 0677138 A1	18-10-1995
			WO 9512059 A1	04-05-1995
			JP 8505454 T	11-06-1996
			JP 3415847 B2	09-06-2003
-----				

EPO FORM P0480

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