(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 543 647**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **83 05153**

(51) Int Cl³ : F 16 K 11/24; F 15 B 13/01 // F 02 D 1/08, 5/02.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 29 mars 1983.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 40 du 5 octobre 1984.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *Régie dite : REGIE NATIONALE DES USINES RENAULT.* — FR.

(72) Inventeur(s) : Jean-Pierre Jourde, Marc Miettaux, Pierre Brivet, Denis Ranc et Claude Dabert.

(73) Titulaire(s) :

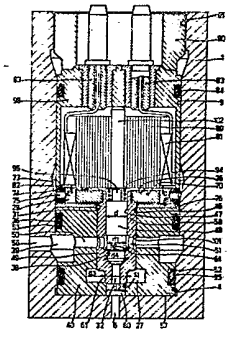
(74) Mandataire(s) : D. A. Casalonga, Josse et Petit.

(54) Electrovanne à trois voies à commande directe pour décharger et charger une capacité de commande avec très courts temps de réponse en fonctionnement sous très haute pression.

(57) Electrovanne à trois voies à commande directe pour décharger et charger une capacité de commande à court temps de réponse et à très haute pression, caractérisée par le fait qu'elle comporte :

— un piston tiroir tubulaire 58 solidaire d'une palette 70 massive magnétique qui coopère avec une armature 80 pour constituer un électro-aimant 80, 81, ce piston 58 coulissant dans un alésage fixe 46 et comportant une extrémité 61 de diamètre réduit coopérant avec un premier siège 81 qui sépare le conduit 6 commandé par l'électrovanne d'une chambre 27 à la basse pression de décharge, et

— un piston différentiel 48 concentrique coulissant axialement dans le piston tiroir 58 avec une extrémité 64 de diamètre réduit coopérant avec un second siège S2 qui sépare une chambre 49 du piston tiroir, en communication avec l'arrivée haute pression 56, d'un passage axial 32 débouchant dans ledit conduit commandé 6.



FR 2 543 647 - A1

Electrovanne à trois voies à commande directe pour décharger et charger une capacité de commande avec très courts temps de réponse en fonctionnement sous très haute pression.

L'invention concerne la commande des systèmes hydrauliques qui sont pilotés par une servo-valve ayant la fonction de décharger et de charger une capacité de commande du système, c'est-à-dire d'autoriser la mise sous pression de ladite capacité, puis de mettre cette capacité en liaison avec un retour basse pression, et ceci de façon cyclique.

Un tel fonctionnement se rencontre en particulier pour des systèmes d'injection Diesel de type pression-temps tel que décrit par exemple dans les brevets français 2.331.693 ou 2.475.134. Dans de tels systèmes, qui nécessitent un fonctionnement sous très haute pression, les constructeurs ont recours à des servo-valves, ce qui revient à dire que la charge ou la décharge de la capacité de commande est réalisée par un tiroir hydraulique à trois voies reliant cette capacité à la haute pression ou à la basse pression, ce tiroir hydraulique étant lui-même commandé, soit par des électro-aimants, soit par une ou des électrovannes fonctionnant à plus basse pression.

On sait par ailleurs que dans de nombreux systèmes hydrauliques et en particulier pour l'injection Diesel, il est recherché des temps de réponse extrêmement courts afin d'obtenir de très bonnes performances du système commandé. Or, l'utilisation d'un tiroir piloté par des électro-aimants ou par des électrovannes fonctionnant à basse pression n'est pas toujours compatible avec des temps de réponse extrêmement courts. Il semble donc très intéressant de chercher à utiliser un organe de commande direct qui pilote la haute pression sans intermédiaire pour décharger ou charger la capacité de commande. Cependant, les électrovannes directes disponibles fonctionnent sous des pressions maximales de 400 bars à 500 bars avec des temps de réponse au mieux de l'ordre de 500 à 600 microsecondes.

Un premier but de l'invention est donc de réaliser une électrovanne de performances accrues, pouvant fonctionner par exemple à des pressions de l'ordre de 1000 bars avec des temps de réponse inférieurs à 200 microsecondes.

Dans les développements actuels des électrovannes rapides, on assiste à une mutation des équipages mobiles à noyau plongeur avec circuit en fer doux

vers des ensembles circuit magnétique feuilleté et palette feuilletée, autorisant pour un même courant de commande des efforts supérieurs. Cependant, les équipages mobiles en tôles multiples sont relativement onéreux de fabrication.

Aussi un autre but de l'invention est d'une part de réaliser d'une manière extrêmement simple la partie magnétiquement active de l'équipage mobile, tout en conservant d'excellents temps de réponse, et d'autre part de réaliser le reste de l'électrovanne en mettant en oeuvre des conceptions de fabrication compatibles avec les possibilités technologiques actuelles d'usinage de matériel hydraulique de haut de gamme, comme par exemple le matériel d'injection.

L'invention consiste essentiellement à combiner, dans un corps approprié,

- un piston tiroir tubulaire solidaire d'une palette massive magnétique qui coopère avec un électro-aimant à armature feuilletée, ce piston coulissant dans un alésage fixe et comportant une extrémité de diamètre réduit qui coopère avec un premier siège séparant le conduit commandé par l'électrovanne d'une chambre à la pression de décharge, et

- un piston différentiel concentrique et coulissant axialement dans le piston tiroir, avec une extrémité de diamètre réduit coopérant avec un second siège séparant un chambrage intérieur du piston tiroir, en communication avec l'arrivée à haute pression, d'un passage axial débouchant dans ledit conduit commandé,

- le diamètre du premier siège étant inférieur à, mais proche du plus grand diamètre du piston différentiel pour réduire la force éxigée de l'électro-aimant pour le décollement du piston tiroir à partir du premier siège, lors du début d'excitation de l'électro-aimant,

- le diamètre du second siège étant inférieur à, mais proche du plus grand diamètre du piston différentiel pour réduire la force exigée de l'électro-aimant pendant le maintien à l'état fermé du second siège, lors de l'excitation de maintien de l'électro-aimant en fin de course, enfin,

- le retour inverse du piston tiroir étant assuré soit par un rappel électrique, soit par les forces hydrauliques et par le fait que les diamètres du premier et du second siège sont inférieurs au plus grand diamètre du piston différentiel.

D'autres particularités de l'invention apparaîtront dans la description qui va suivre d'un mode de réalisation pris comme exemple et représenté sur le dessin annexé, sur lequel :

la fig. 1 est une coupe axiale de l'électrovanne;

la fig. 2 est une coupe axiale de cette même électrovanne par un plan perpendiculaire au plan de la coupe précédente;

la fig. 3 est une coupe partielle à plus grande échelle montrant le détail d'exécution du premier siège;

la fig. 4 est une coupe partielle de l'électrovanne par un plan perpendiculaire identique à celui de la fig. 2 montrant une variante de réalisation du circuit magnétique apportant des simplifications de fabrication; et

la fig. 5 est une vue en perspective de la pièce polaire du circuit magnétique correspondant à la variante de la fig. 4.

Le corps 1 de l'électro-aimant comprend deux alésages 3 et 4 dans lesquels sont montés la buse 40, support de l'équipage mobile de l'électrovanne à trois voies, et le corps 98, support de l'électro-aimant. La buse 40, qui est centrée avec un très faible jeu dans l'alésage 4, est en appui sur le fond 57 du corps 1 qui est perpendiculaire à l'axe de ce corps. Le corps 98 du circuit magnétique est serré sur le dessus de la buse au moyen d'un écrou 90 se vissant dans le taraudage 91 du corps 1, avec interposition entre la buse 40 et le corps 98 du circuit magnétique d'une rondelle cale 76, percée d'un alésage central 31, et d'une entretoise annulaire 74 s'ajustant dans l'alésage 3.

Le circuit magnétique compris dans le corps 98 est constitué par un paquet de tôles 80 en forme de E, ces tôles étant en matériau magnétique à haute performance, par exemple du fer-cobalt. Elles sont par ailleurs isolées entre elles, par exemple au moyen d'une oxydation anodique. Afin d'améliorer la saturation dans les extrémités des branches extrêmes du E et d'obtenir des efforts développés maximaux, les tôles présentent la particularité que ces branches extrêmes, au lieu d'avoir une forme rectangulaire habituelle, ont une forme trapézoïdale avec la petite base tournée en direction de la palette 70, comme on le voit clairement au milieu de la fig. 2.

Entre les branches du E que constitue le paquet de tôles 80 est située une bobine de fil de cuivre 81 de faible résistance et de faible self, les deux extrémités de ce fil rejoignant l'extérieur du porte-injecteur au moyen de bornes 83 d'exécution standard.

Dans le mode de réalisation représenté, le paquet de tôles 80 et la bobine 81 sont collés dans le corps 98 au moyen de résine 103, le corps 98 étant en matériau amagnétique. Naturellement, tout autre mode d'isolation et de fixation pourrait être utilisé, et en particulier on peut envisager de surmouler totalement les tôles 80, la bobine 81 et les bornes 93 dans un bloc de résine chargée qui aurait la même forme extérieure que le corps 98.

Accessoirement, ce corps 98 comporte deux perçages 41 situés en regard de perçages correspondant 32 pratiqués dans la buse 40 et des perçages 24 de la rondelle cale 76. Lesdits perçages 41 permettent de monter des goupilles 97 servant à indexer le circuit 98 par rapport à la buse 40. En outre, le corps 98 du circuit magnétique comprend dans sa partie supérieure une gorge 55 dans laquelle est montée un joint torique 84 destiné à assurer l'étanchéité le long de l'alésage 3. Enfin, dans l'axe longitudinal du paquet de tôles 80 est placé un pion 102 dont le rôle sera examiné plus loin. Il faut remarquer qu'en dessous du bobinage rectangulaire 81 subsiste un espace 82 constituant une gorge également rectangulaire qui se trouve entre les branches du E et débouche aux extrémités perpendiculairement aux tôles afin de constituer un anneau liquide dont on verra le rôle plus loin. La face inférieure 26 du circuit magnétique, parfaitement plane et perpendiculaire à l'axe de l'ensemble, est obtenue par rectification plane d'une façon excessivement simple.

La buse 40, constituant le corps de l'électrovanne proprement dite, comprend deux alésages concentriques 46 de diamètre D et 60 du diamètre d2, ainsi qu'une gorge intérieure 27 située entre ces deux alésages. Cette gorge 27 a pour but de permettre le dégagement de l'outil d'usinage en rectification et en rodage de l'alésage 46, mais en même temps de servir à constituer la chambre à la basse pression de décharge indiquée plus haut en étant réunie pour cela par des perçages 63 qui mettent en communication la gorge 27 avec la capacité 28, qui est elle-même en liaison avec la basse pression de la manière qui sera décrite plus loin.

La buse 40 comporte de plus trois gorges extérieures 53, 39 et 52, les gorges 53 et 52 étant réservées au montage de joints toriques 36 et 35 destinés à assurer l'étanchéité entre la buse 40 et les alésages 3 et 4, tandis que la gorge 39 de grande dimension sert d'accumulateur de liquide sous pression en étant en communication avec l'arrivée 56 de la haute pression. Le raccord haute pression conventionnel avec le corps 1 n'est pas représenté sur la figure.

Dans l'alésage 46 de la buse 40 peut coulisser un piston tiroir 58 dont l'extrémité supérieure est solidaire de l'équipage mobile de l'électro-aimant constitué par la palette 70 déjà mentionnée. Il s'agit d'une palette massive en matériau magnétique identique à celui des tôles 80. La fixation entre le piston 58 et la palette 80 est assurée par tout moyen approprié, par exemple par vissage comme dans l'exemple représenté. Le piston tiroir 58 comprend lui-même deux alésages concentriques 47 et 38 prolongés par un perçage 32 débouchant à son extrémité. L'extrémité 61 du piston tiroir 58 se termine par un chanfrein tronconique qui constitue une soupape venant en appui sur le siège S1 formé lui-même par l'arête chanfreinée située à l'intersection du fond plat de la gorge 27 et de l'alésage 60. Ce siège S1 constitue le premier siège de l'électrovanne séparant la chambre 27 sans pression du conduit 6 percé dans le corps 1 à la suite de l'alésage 60 et se trouvant en communication avec le système commandé.

Le piston tiroir 58 comporte en outre deux gorges, 49 intérieure, et 101 extérieure, reliées entre elles par des perçages 51, la gorge extérieure 101 venant en concordance avec des perçages radiaux 50 de la buse 40 qui débouchent dans la capacité 39 à haute pression indiquée précédemment.

Dans l'alésage 47 du piston tiroir 58 coulisse un piston différentiel 48, dont la partie inférieure 64, de diamètre d1 plus petit que l'alésage intérieur d du piston tiroir 58, forme par son extrémité chanfreinée la soupape qui coopère avec le siège S2 de l'électrovanne, ce dernier étant constitué par l'arête chanfreinée se trouvant à l'intersection du fond plat de la gorge 49 et de l'alésage 38 de diamètre d4. La partie supérieure 95 du piston différentiel 48 est décolletée de façon à pouvoir recevoir un ressort 94 qui prend par ailleurs appui sous la face 26 du circuit magnétique 80.

L'espace 28, subsistant entre la surface intérieure circulaire de l'entretoise annulaire 74 et la surface latérale de la palette 70 parallélépipédique, est relié aux fuites générales de l'électrovanne par des perçages 75 ménagés dans ladite entretoise 74. Ces perçages débouchent dans une gorge 73 de forme doublement tronconique ménagée dans le corps 1 et en communication par un perçage 71 avec la basse pression de décharge et de récupération des fuites. Cette forme doublement tronconique à faible pente de la gorge 73 est destinée à permettre le montage et le démontage de la buse 40 avec ses joints 35 et 36 dans le corps 1 dans détériorer lesdits joints.

La dimension des divers organes, et notamment des divers diamètres déjà examinés, est déterminée en fonction de l'étude du fonctionnement qui va suivre.

En position de repos et lorsque le combustible en 56 n'est pas sous pression, l'ensemble mobile du piston tiroir 58 et de sa palette 70 est en appui sur le siège S1 sous l'effet du ressort 94 qui appuie le piston 48 sur le siège S2.

A) Lorsque la haute pression pénètre dans le corps 1 par le perçage 56 et que l'électro-aimant n'est pas excité, un nouvel équilibre s'établit comme suit :

1°) au cours d'une période transitoire qui suit immédiatement la montée en pression dans l'arrivée 56, la pression s'établit dans la gorge 49, successivement par le perçage 56 du corps 1, la capacité 39, les perçages 50 de la buse et les perçages 51 du piston, et les sections différentielles d et d1 du piston 48 sont telles que la haute pression P développe sur le piston 48 une force F1 dirigée vers le haut et égale à :

$$F1 = P \frac{\pi}{4} (d^2 - d1^2)$$

supérieure à la force du ressort 94. Cette force F1 repousse donc le piston 48 contre le pion 102 inclu dans le circuit magnétique. De ce fait, passé cette période transitoire, le siège S2 de l'électrovanne se trouve ouvert et la pression s'établit dans la capacité à commander par l'alésage 38 et le perçage 32 du piston tiroir, puis par l'alésage 60 de la buse 40 et l'alésage 6 du corps 1.

Il faut noter que le rôle essentiel du ressort 94 n'est que de garantir que le siège S1 de l'électrovanne soit fermé à la mise sous pression, faute de quoi la montée en pression risquerait de ne jamais pouvoir s'établir puisque la capacité 27 pourrait être constamment réunie à la basse pression si la position de repos du piston 58 était indifférente.

2°) Une fois passé cette période transitoire, la haute pression s'établit alors sous la totalité de la section du piston 48, de sorte que ce piston est soumis désormais à une force, toujours ascendante, de valeur $F2 = \frac{\pi}{4} d^2 P$ de valeur beaucoup plus considérable que la précédente. On voit ainsi l'intérêt du pion 102 qui est reprendre cet effort. A défaut, cet effort important s'exercerait sur la tranche des tôle 80 qui risqueraient de se mater et de se déformer.

Toujours dans ces mêmes conditions, c'est-à-dire pression établie et électro-aimant non excité, l'équilibre de l'électrovanne au repos s'établit de la manière suivante en fonction des diamètres D, d, d1, d2, d3 et d4 définis précédemment :

- la force F3 d'appui du piston tiroir 58 sur le siège S1 est

$$F3 = P \frac{\pi}{4} (d^2 - d_2^2)$$

On peut montrer que le temps de réponse minimum est obtenu si cette force F3 est de l'ordre de grandeur de la moitié de la force Fe développée par l'électro-aimant en début d'excitation. Par ailleurs, la formule montre que l'on peut commander directement une pression P de valeur élevée à l'aide d'un électro-aimant de dimensionnement raisonnable à condition que d2 soit inférieur à, mais proche de d.

En variante, cette force F3 pourrait être exercée directement par un ressort, comme le ressort 126 de la variante des fig. 4 et 5. Dans ce dernier cas, il n'est plus nécessaire d'imposer entre d et d2 la différence calculée par la formule ci-dessus.

En outre, l'ensemble est agencé pour que la force F3 d'appui du piston tiroir 58 sur le siège S1 soit telle que la pression spécifique des surfaces des sièges en contact soit supérieure à la haute pression P, et que cette condition demeure assurée quelle que soit la déformation des sièges à l'endurance. Pour cela on doit conformément à l'invention combiner les deux conditions suivantes :

a) que l'angle 2α au sommet du cône mâle soit inférieur à, mais proche de l'angle 2β au sommet du cône femelle. Sur le détail de la fig. 3 on a reporté les demi-angles au sommet des cônes α et β en exagérant leur différence. En effet, dans la pratique, les angles 2α et 2β ne diffèrent que d'environ 1° et ont par exemple pour valeurs respectives 60° et 61°.

b) Que la pression spécifique limite, c'est-à-dire la pression résultant de l'application de la force F3 calculée précédemment sur la couronne définie entre les diamètres d2 et d3, soit égale à la haute pression P multipliée par un coefficient de sécurité k supérieur à 1 et compris par exemple entre 1,5 et 2, ce qui s'exprime par la relation suivante :

$$P \frac{\pi}{4} (d^2 - d_2^2) \Big/ \frac{\pi}{4} (d_3^2 - d_2^2) = kP$$

B) Lorsque l'on établit le courant dans la bobine 81 de l'électro-aimant, l'équipage mobile constitué par le piston tiroir 58 et sa palette 70 se

trouve attiré en direction de l'électro-aimant. Ce piston tiroir 58 décolle donc à son siège S1 puisque comme on l'a vu la force d'application de cet organe sur son siège est de l'ordre de la moitié de la force initiale Fe de l'électro-aimant. Il en résulte immédiatement que la haute pression P régnant dans la capacité reliée à 6 chute brusquement en s'échappant dans la gorge 27 reliée à la basse pression.

Le piston tiroir 58 vient alors en appui sur le siège S2, interrompant ainsi l'arrivée de la haute pression dans la capacité à commander, le mouvement de l'électrovanne étant extrêmement rapide grâce à la faible course utilisée.

Du fait que les sièges sont métalliques, pour éviter les rebond du piston tiroir 58 sur le piston 48, le haut de la palette 70 et la palette elle-même sont aménagés pour améliorer les mouvements à l'aide d'écoulements hydrauliques.

La palette 70 se déplace dans l'espace 28 ménagé entre la partie inférieure 26 de l'électro-aimant et la rondelle cale 76, cet espace étant en communication permanente avec les fuites, mais néanmoins rempli de liquide. Des perçages 42, par exemple au nombre de quatre ou six, sont réalisés à travers la plaquette 70 en face de la gorge rectangulaire 82 exposée plus haut de manière à laisser circuler le combustible du dessus de la palette vers le dessous lorsqu'elle se soulève, et du dessous vers le dessus lorsqu'elle s'abaisse, afin que son mouvement ne soit pas amorti par des phénomènes hydrauliques. Par contre, lorsqu'elle vient en fin de course, des amortissement hydrauliques sont volontairement recherchés afin d'éviter tout rebond. Pour cela, le dimensionnement du piston différentiel 48 et du piston tiroir 58 est tel que lorsque ce piston différentiel est en appui sur le siège S2, son sommet 95 dépasse du dessus de la palette 70 d'une faible distance E, ce qui revient à dire que si l'entrefer initial a pour valeur C (voir fig. 1), la course réelle de l'équipage mobile est C - E. Ainsi, le film liquide d'épaisseur E situé entre la face inférieure 26 de l'électro-aimant et haut de la palette 70 lorsque celle-ci est en position haute joue le rôle d'amortisseur hydraulique pour éviter les rebonds. De la même manière, lors de la redescente de l'équipage mobile, un espace hydraulique B du même ordre de grandeur est ménagé entre la face inférieure de la palette 70 et la rondelle cale 76 afin d'éviter les rebonds du piston tiroir 58 lorsqu'il revient sur son siège S1.

Lorsque le piston tiroir 58 est en appui sur le siège S2, la force Fc qu'exerce l'électro-aimant sur l'équipage mobile à entrefer minimum est supérieure à la force Fe de l'électro-aimant à l'appel puisque l'entrefer n'est plus que E au lieu de C. Par ailleurs, le piston différentiel 48 est dimensionné pour que son diamètre d1 diffère suffisamment de son diamètre d pour que la force hydraulique différentielle qui tend à faire redescendre l'équipage mobile lorsque le courant va être coupé dans l'électro-aimant soit suffisante afin de garantir une fermeture de l'électrovanne extrêmement rapide. Cette force est en particulier supérieure à la force F3 d'appui du piston tiroir 58 sur son siège S1 lorsque l'électrovanne est au repos sous pression.

C'est là une des principales caractéristiques de l'invention. En effet pour la commande de certains systèmes hydrauliques où intervient le besoin de décharger et de charger une capacité de commande, et lorsque d'une part il est nécessaire de recharger très rapidement cette capacité, et que d'autre part, le système fonctionnant de façon cyclique, le temps où la capacité doit être déchargée est faible par rapport à la période, il est parfaitement envisable d'avoir un siège non parfaitement étanche si cela est au bénéfice de l'augmentation de la rapidité de réponse. L'application principale comme déjà exposé est la commande d'injecteur Diesel à commande électromagnétique du type pression-temps.

La conception de l'électrovanne est telle que son temps de réponse à la fermeture par coupure de l'alimentation de l'électro-aimant est supérieur à son temps de réponse à l'ouverture par la mise sous tension de l'électro-aimant. Pour cela comme on vient de la voir, le diamètre d1 est spécialement dimensionné. Par ailleurs, la forme du siège S2 est similaire à celle exposée pour le siège S1 en référence à la fig. 3, c'est-à-dire que l'angle 2α au sommet du cône mâle est inférieur mais proche de l'angle 2β au sommet du cône femelle, avec par exemple ici pour valeurs respectives 90° et 91°.

On peut alors montrer que la force F4 qui tient l'équipage mobile contre le siège S2 est :

$$F4 = Fc - \frac{\pi}{4} P \, (d^2 - d_1^2)$$

et la pression spécifique minimale sur le siège S2 est :

$$F4 \, / \, \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_4^2)$$

laquelle, si l'on veut conserver une grande rapidité de réponse à la fermeture, est très proche de la haute pression P. On voit donc confirmé le fait qu'il est difficile de concilier les deux, c'est-à-dire grande rapidité de réponse et étanchéité parfaite du siège S2, mais pour les applications envisagées ci-dessus on peut avantageusement sacrifier l'étanchéité du côté arrivée haute pression au bénéfice de la rapidité de réponse car l'inconvénient qui est résulte est négligeable par rapport aux performances obtenues.

Simplement à titre d'exemple, on précise ci-dessous les dimensions d'un mode de réalisation effectif d'une telle électrovanne dans une application destinée à la commande d'un système d'injection Diesel haute pression de type pression-temps fonctionnant à 800 bars :

diamètre d_2 du siège S2	4,80 mm
diamètre d_1 du siège S1	4,78 mm
diamètre d du piston 48	5
entrefer total = C	0,1 mm
course de l'équipage mobile = C-E	0,07 mm
force de l'électro-aimant	18 DaN
temps de réponse à l'ouverture	0,18 ms
à la fermeture	0,15ms.

Etant entendu que le terme temps de réponse correspond au temps mis par l'équipage mobile pour réaliser toute sa course.

La fig. 4 donne un autre mode de conception du circuit magnétique qui est une réalisation préférée à la présente invention puisqu'elle apporte des simplifications de fabrication ainsi qu'une réduction des écarts d'usinage.

On peut voir sur cette figure que le paquet de tôles 80 est remplacé par un circuit magnétique axisymétrique 120; ce circuit magnétique est en matériau massif de type fer-silicium par exemple et peut être réalisé en usinage-décolletage de façon beaucoup moins onéreuse qu'une réalisation d'un paquet de tôles collées; ce circuit magnétique axisymétrique 120 présente la particularité d'être fendu par une fente 121 (voir fig. 5) qui a pour rôle de réduire les courants de Foucault qui apparaissent dans de tels circuits lors de l'établissement du courant. Du fait de la forme de ce circuit, la bobine de fil de cuivre 81 est annulaire. La réalisation du circuit magnétique 120 peut aussi être effectuée par frittage.

Du fait de la forme du circuit axisymétrique la palette rectangulaire 70 est remplacée par une palette ronde 122. Dans cette version des différentes pièces de l'électro-aimant, un choix très avantageux des matériaux vis-à-vis des performances recherchées consiste à employer un circuit 120 en fer-silicium et une palette massive axisymétrique 122 en fer-cobalt. La palette ronde 122 est percée de façon identique à la palette 70 de trous 42 au nombre de 6 ou 8 ayant le même rôle que précédemment.

On peut enfin voit sur la fig. 4 que les formes axisymétriques du circuit magnétique 120 et de la palette 122 n'obligent plus à indexer le circuit magnétique 98 par rapport à la buse 40 ce qui apporte une facilité de réalisation de l'électrovanne en supprimant les goupilles 97 et en évitant l'usinage des perçages 32 dans la buse 40, et les perçages 24 correspondants de la rondelle cale 76.

Le fonctionnement de l'électrovanne dans ce mode préféré de réalisation est en tout point identique au précédent y compris les jeux et courses si ce n'est une adaptation différente du ressort 94. En effet, la conception axisymétrique du circuit magnétique 120 fait qu'il comprend en son centre un dégagement pseudo-cylindrique 125, dans ce dit dégagement est monté un ressort 126 ayant un même rôle que le ressort 94 précédent lors de la mise en pression de l'électrovanne, mais ce ressort prend appui sur la palette 122 appliquant ainsi directement le piston tiroir 58 sur le siège S1.

Ce ressort 126 est déterminé pour développer une force équivalente à la force F3 décrite dans le cas des forces de rappel hydraulique; comme précisé précédemment dans le cas ou cette force F3 est mécanique, le dimensionnement des diamètres d et d2 est revu.

Dans ce cas de conception de l'électrovanne avec un ressort de rappel, la présente invention apporte de plus l'avantage de donner lieu à une électrovanne dont les caractéristiques de fonctionnement sont indépendantes de la pression de commande.

REVENDICATIONS

1. Electrovanne à trois voies à commande directe pour décharger et charger une capacité de commande à court temps de réponse et à très haute pression, caractérisée par le fait qu'elle comporte

- un piston tiroir tubulaire (58) solidaire d'une palette (70) massive magnétique qui coopère avec une armature (80) pour constituer un électro-aimant (80, 81), ce piston (58) coulissant dans un alésage fixe (46) et comportant une extrémité (61) de diamète réduit coopérant avec un premier siège (S1) qui sépare le conduit (6) commandé par l'électrovanne d'une chambre (27) à la basse pression de décharge, et

- un piston différentiel (48) concentrique coulissant axialement dans le piston tiroir (58) avec une extrémité (64) de diamète réduit coopérant avec un second siège (S2) qui sépare une chambre (49) du piston tiroir, en communication avec l'arrivée haute pression (56), d'un passage axial (32) débouchant dans ledit conduit commandé (6),

le diamètre (d2) du premier siège (S1) étant inférieur à, mais proche du plus grand diamètre (d) du piston différentiel (48) pour réduire la force exigée de l'électro-aimant au début de son excitation pour assurer à la fois le décollement du piston tiroir (58) du premier siège, et une accélération importante,

- le diamètre (d4) du second siège (S2) étant inférieur à, mais proche du plus grand diamètre (d) du piston différentiel (48) pour réduire la force exigée de l'électro-aimant pendant le maintien à l'état fermé du second siège, c'est-à-dire pendant l'excitation de maintien de l'électro-aimant en fin de course,

- le retour inverse du piston tiroir (58) étant assuré par tout moyen de rappel approprié.

2. Electrovanne selon la revendication 1, caractérisée par le fait que ledit moyen de rappel est constitué par un ressort (126).

3. Electrovanne selon la revendication 1, caractérisée par le fait que ledit moyen de rappel est assuré par les forces hydrauliques et par le fait que les diamètres (d2, d4) des deux sièges (S1, S2) sont inférieurs au grand diamètre (d) du piston différentiel.

4. Electrovanne selon la revendication 3, caractérisée par le fait qu'elle comporte un ressort (94) interposé entre l'armature (80) du circuit

magnétique et le piston différentiel (48) pour assurer la fermeture initiale du siège (S1) en l'absence de pression et permettre la montée en pression initiale.

5. Electrovanne selon une des revendications 1 à 4, caractérisée par le fait que l'armature de l'électro-aimant est feuilletée et constituée par un empilement de tôles (80) découpées en forme de E avec des branches extrêmes de forme trapézoïdale à petite base tournée vers leur extrémité libre, et un bobinage (81) à section rectangulaire inséré entre les branches du E de cet empilement de tôles.

6. Electrovanne selon la revendication 5, caractérisée par le fait que l'ensemble de l'électro-aimant est isolé et fixé en place par imprégnation, collage ou surmoulage remplissant les espaces vides disponibles mais en laissant subsister sous le bobinage (81) une gorge rectangulaire (82) de faible profondeur.

7. Electrovanne selon une des revendications 1 à 4, caractérisée par le fait que l'armature de l'électro-aimant est axée symétrique et constituée par une pièce massive annulaire décolletée (120) et fendue sur un côté (121).

8. Electrovanne selon une des revendications précédentes, caractérisée par le fait que l'armature (80) de son circuit magnétique est traversée axialement par un pion (102) résistant à la compression.

9. Electrovanne selon la revendication 8, caractérisée par le fait que son piston différentiel (48) comporte une extrémité décolletée (95) venant prendre appui sur le pion (102), cette extrémité (95) étant dimensionnée pour que, lorsque le piston différentiel (48) est en appui sur son siège (S2) dans le piston tiroir (58), son extrémité (95) dépasse la face supérieure de la palette (70) d'une faible quantité (E) assurant l'amortissement en fin de course haute, tandis que le piston tiroir (58) est dimensionné de manière à laisser subsister également un faible intervalle (B) entre la face inférieure de sa palette (70) et la paroi (76) immédiatement adjacente lorsque le piston tiroir est en appui sur son siège (S1), afin d'assurer l'amortissement en fin de course basse, l'ensemble de la palette étant par ailleurs percé d'orifices (42) assurant la communication entre ses deux faces pour éviter tout amortissement excessif dans l'intervalle entre les deux extrémités de sa course.

10. Electrovanne selon la revendication 9, caractérisée par le fait qu'entre l'armature magnétique (80, 120) et une buse (40) comportant ledit

alésage fixe (46) et le premier siège (S1) sont disposés successivement une rondelle entretoise annulaire (74) entourant la palette (70, 122) et d'une épaisseur supérieure à celle-ci, et une rondelle cale (76) s'étendant sous la majeure partie de la palette (70, 122), de manière à permettre, par simple rectification plane de la rondelle entretoise (74), de la rondelle cale (76) et de la palette (70, 122), le réglage des deux intervalles d'amortissement (E, B) et de la course totale (C-E) de l'équipage mobile.

11. Electrovanne selon une des revendications 1 à 10, caractérisée par le fait que les diamètres minimum (d2) et maximum (d3) de son premier siège (S1) sont déterminés pour que la pression spécifique limite sur ce siège soit égale à la haute pression maximum (P) multipliée par un coefficient de sécurité (k) de valeur suffisante.

12. Electrovanne selon une des revendications 1 à 10, caractérisée par le fait que les diamètres minimum (d4) et maximum (d1) de son second siège (S2) sont déterminés pour que la pression spécifique minimum sur ce siège ne soit que très faiblement supérieure à la haute pression (P).

FIG.1

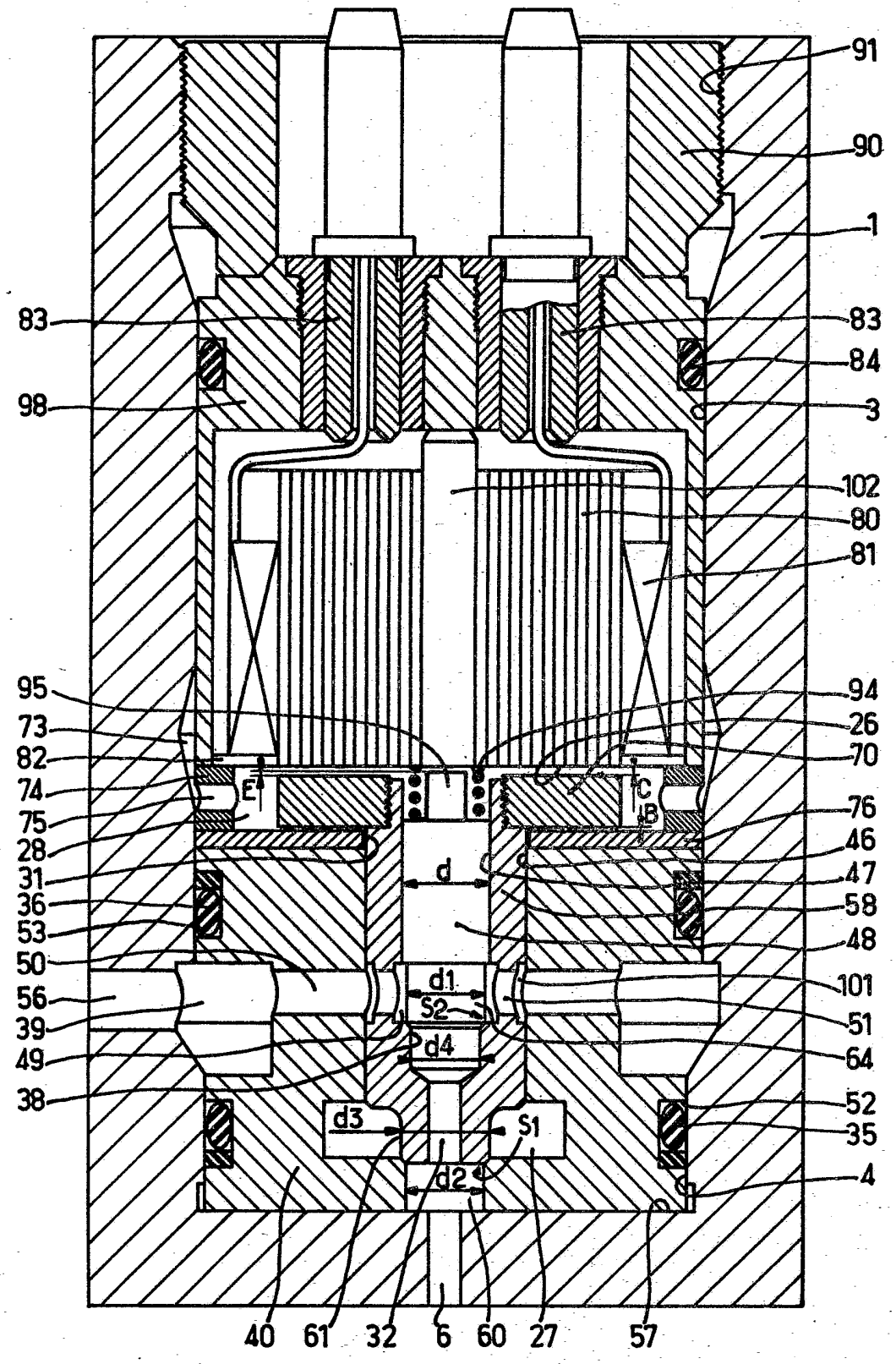

91
90
1
83
83
84
98
3
102
80
81
95
94
73
26
82
70
74
E
C
B
76
75
28
46
31
d
47
36
58
53
48
50
d1
101
56
S2
51
39
d4
64
49
38
52
d3
S1
35
d2
4
40
61
32
6
60
27
57

FIG.2

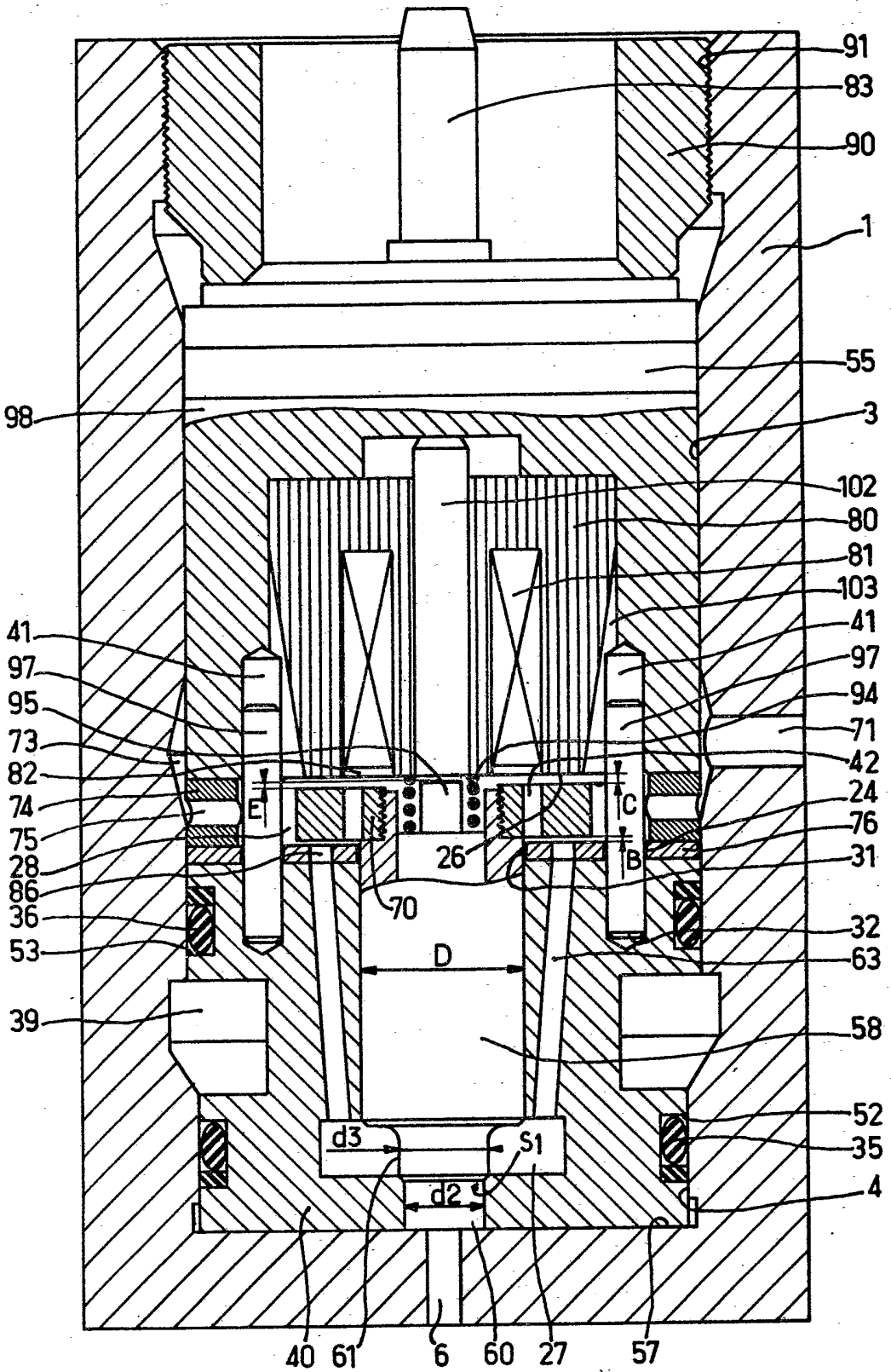

91
83
90
1
55
98
3
102
80
81
103
41
41
97
97
95
94
73
71
82
42
74
E
C
24
75
76
28
26
B
31
86
70
36
32
53
D
63
39
58
52
d3
S1
35
d2
4
40
61
6
60
27
57

FIG.3

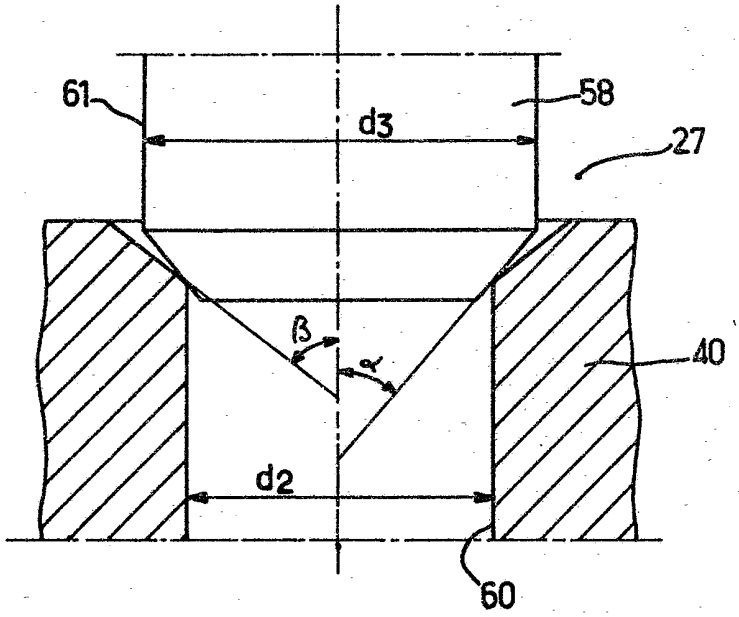


FIG.4

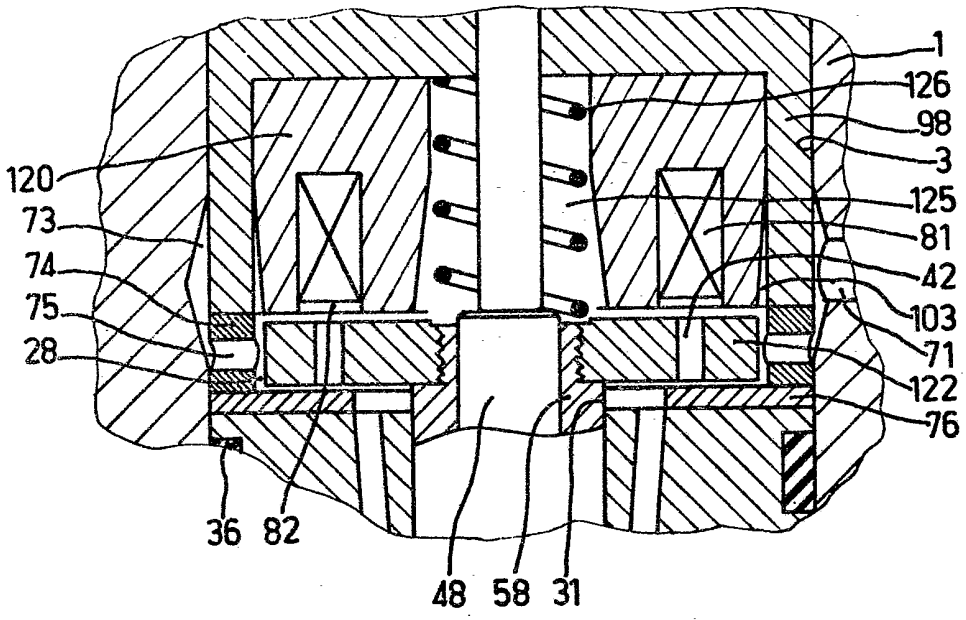
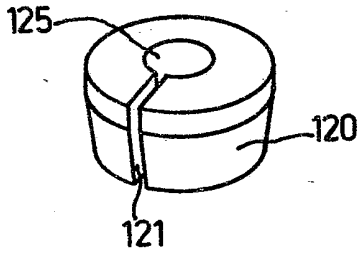

1
126
98
3
125
81
42
103
71
122
76
120
73
74
75
28
36
82
48
58
31

FIG.5


125
120
121