

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

Numéro de dépôt: 87402356.7

Int. Cl.⁴: H01F 7/16 , H01H 51/22

Date de dépôt: 21.10.87

Priorité: 19.11.86 FR 8616071

Date de publication de la demande:
22.06.88 Bulletin 88/25

Etats contractants désignés:
AT DE SE

Demandeur: LA TELEMECANIQUE
 ELECTRIQUE
 33 bis, avenue du Maréchal Joffre
 F-92000 Nanterre(FR)

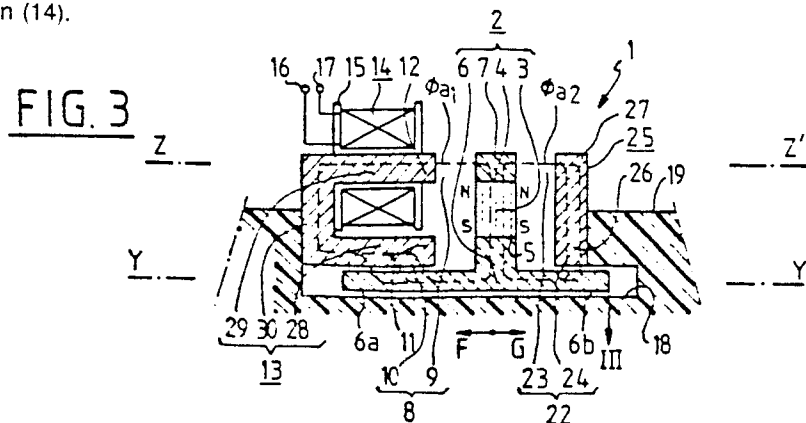
Inventeur: Bataille, Christian
 19 rue de Versailles
 F-92410 Ville d'Avray(FR)
 Inventeur: Lauraire, Michel
 43, Rue du Capitaine Guynemer
 F-92400 Courbevoie(FR)
 Inventeur: Belbel, Elie
 11, rue des Econdeaux
 F-93800 Epinay Sur Seine(FR)

Mandataire: Marquer, Francis et al
 Cabinet Moutard 35, Avenue Victor Hugo
 F-78960 Voisins le Bretonneux(FR)

Electro-aimant polarisé bi-stable.

Electro-aimant polarisé bi-stable comprenant une armature mobile (2) comportant un aimant permanent (3) et des pièces polaires (7) respectivement (6), qui coopèrent avec une culasse fixe (13, 25) grâce à deux paires d'entrefers (8) respectivement (22), pour chacune desquelles l'une est variable, tandis que l'autre est sensiblement constant.

Cet electro-aimant qui peut prendre des formes asymétriques ou symétriques de révolution permet notamment d'effectuer des remplacements aisés de la bobine d'excitation (14).



ELECTRO-AIMANT POLARISE BI-STABLE.

L'invention concerne un électro-aimant polarisé bi-stable comprenant un circuit magnétisable fixe qui est excité par un bobinage associé dans lequel circule un courant électrique selon l'une de deux polarités possibles, et une armature mobile présentant un aimant permanent aux deux faces polaires opposées duquel sont reliées deux pièces polaires respectives, cette armature étant apte à se déplacer longitudinalement entre deux positions pour chacune desquelles ces pièces polaires coopèrent avec des portions distinctes du circuit fixe par l'intermédiaire de deux entrefers placés en série, dont l'un au moins est variable.

De tels électro-aimants qui sont largement utilisés dans les installations industrielles et systèmes d'automatisme, par exemple pour réduire la consommation d'énergie ou pour assurer aux circuits la conservation de leur état en cas de défaillance des sources d'alimentation, peuvent être illustrés par exemple par le brevet français N° 2 358 006 dans lequel les deux entrefers variables sont placés en série et évoluent simultanément, tandis que dans chacun des deux états stables, le flux de l'aimant permanent se referme sur un circuit magnétique de réluctance négligeable. Dans un tel électro-aimant le remplacement d'une bobine n'est pas aisé en raison de la présence de pièces polaires débordantes.

Par ailleurs, la présence de deux entrefers placés en série nécessite que la bobine développe un nombre d'ampère-tours suffisamment élevé pour s'opposer au flux développé par l'aimant, tout en permettant sa circulation à travers deux réluctances placées en série ; dans cet appareil connu, on rencontre en outre une certaine difficulté technique pour qu'une application simultanée des pièces polaires sur le circuit magnétique, soit bien opérée, en raison de la distance qui les sépare.

DE-A-3 768 décrit un électro-aimant polarisé comportant une pièce mobile polarisée dépourvue de prolongements polaires, et présentant deux entrefers coulissants d'épaisseur constante. Aucune position magnétiquement stable n'est conférée à cette pièce mobile, qui nécessite par ailleurs pour ses déplacements la présence de deux systèmes magnétisables symétriques, donc de deux bobinages. La pièce mobile, qui ne possède aucun entrefer variable, n'est soumise qu'à de faibles composantes tangentielles de forces d'attraction ou de répulsion se développant perpendiculairement au sens du déplacement, une limite au mouvement n'est donnée que par la rencontre de pieds associés avec les extrémités d'ouvertures.

L'électro-aimant selon la demande EP-A-179 911, dans le mode d'exécution de la figure 5,

possède une seule bobine (11) pour provoquer l'excitation d'un circuit magnétique fixe (17) ayant un entrefer de travail d'épaisseur variable (13) et un entrefer de fermeture de flux (15) d'épaisseur constante, pour provoquer les déplacements d'une armature mobile constituée par un aimant permanent (46) et par deux pièces polaires opposées (45).

Dans la structure décrite, la disposition longitudinale de la polarisation de l'aimant oblige à mettre en oeuvre des pièces polaires transversales dont seules les tranches coopèrent avec le circuit fixe, de sorte que les réluctances correspondantes sont importantes.

D'autre part, les flux développés par l'aimant permanent dans chacune des deux positions extrêmes de l'armature (figures 5a et 5b) sont en grande partie magnétiquement court-circuités par la présence de paires d'entrefers qui, dans ces positions, ne concourent pas au maintien des positions stables. Aucun guidage de l'armature mobile n'est décrit.

Dans le mode d'exécution de la figure 3, l'orientation des aimants permanents est transversale, mais aucune pièce polaire n'est associée à l'aimant permanent en vue de réduire la réluctance de l'entrefer d'épaisseur constante. Dans chacune des deux positions stables, la présence d'un entrefer résiduel empêche le développement d'un flux de maintien, tandis qu'aucune information n'est donnée sur la localisation des moyens de guidage.

L'invention se propose, par suite, de fournir un électroaimant présentant la constitution générale mentionnée ci-dessus et dans lequel des mesures seront prises, d'une part, pour réduire le volume de la bobine et, d'autre part, pour écarter les difficultés techniques qui se présentent lorsque l'on doit obtenir la fermeture simultanée de deux entrefers ne se trouvant pas dans un même plan ; par ailleurs, l'invention vise également la conservation du bénéfice qui résulte de façon connue de l'utilisation de mêmes aimants pour stabiliser l'armature dans ses deux positions extrêmes.

L'invention a pour objet un électro-aimant polarisé bistable ayant un circuit magnétisable fixe excité par un bobinage de façon à donner des polarisations magnétiques opposées à deux pièces de ce circuit placées en regard, et une armature mobile qui comprend un aimant permanent dont le flux interne circule parallèlement à ces pièces et qui se déplace entre ces deux pièces de façon à présenter un entrefer de travail d'épaisseur variable, et un entrefer de fermeture de flux d'épaisseur sensiblement constante placé en série avec le premier, caractérisé en ce que l'entrefers



fermeture, qui possède une faible réluctance conférée par une première pièce polaire solidaire de l'aimant, est disposé au voisinage de moyens de guidage de l'armature, cette première pièce polaire, ainsi qu'une seconde pièce polaire solidaire dudit aimant servant à canaliser un flux de maintien dans chacune des deux positions stables.

De façon annexe, l'invention porte sur des modes de réalisation qui permettent soit de réduire la réluctance des entrefers, dont la valeur est par construction sensiblement constante, soit de présenter des formes de circuits magnétisables ne nécessitant que l'application d'un nombre d'ampère-tours réduits, soit encore de réaliser l'électro-aimant sous des formes susceptibles de réduire les forces d'attraction parasites qui se développent entre les deux surfaces voisines d'entrefers de faible épaisseur.

On connaît déjà, par exemple par le brevet FR N° 2 568 402 des électro-aimants dans lesquels des mesures sont prises pour diminuer les ampère-tours développés par la bobine grâce à l'aménagement de deux entrefers dont l'un, ayant une réluctance variable pour engendrer des forces d'attraction, se trouve placé en série avec un second entrefer coulissant, dont la réluctance est faible et sensiblement constante ; dans un tel électro-aimant où les circuits magnétisables ne présentent qu'une seule voie de circulation pour le flux de la bobine, on ne peut pas incorporer directement dans ce circuit un aimant permanent sans établir dans l'un ou l'autre de ses états une opposition des deux flux développés par la bobine et respectivement par l'aimant.

L'invention, ainsi que divers modes de réalisation auxquels elle se prête, seront mieux compris à la lecture de la description ci-dessous et à l'examen des figures annexées qui illustrent :

Aux figures 1, 2 et 3, un premier mode de réalisation asymétrique d'un électro-aimant selon l'invention représenté dans ses deux états stables et pour une position intermédiaire de l'armature ;

A la figure 4, une vue de l'électro-aimant qui correspond à la position de l'armature définie à la figure 3, et où est indiqué le partage de flux d'origines différentes ;

A la figure 5, un second mode de réalisation asymétrique de l'électro-aimant, dans lequel le circuit magnétisable associé à la bobine est modifié ;

A la figure 6, un électro-aimant dont la constitution répond à celle des figures 1 à 4 dans lequel des mesures sont prises pour réduire des forces d'attraction parasites ;

A la figure 7, un électro-aimant dont la constitution répond à celle de la figure 5 et dans lequel des mesures sont prises pour réduire des forces d'attraction parasites ;

Aux figures 8 et 9, deux troisièmes modes de réalisation qui dérivent de ceux représentés aux figures 1 et 5 lorsque l'on donne à leurs éléments des formes de révolution autour d'axes voisins des entrefers coulissants ;

Aux figures 10 et 11, deux quatrièmes modes de réalisation qui dérivent de ceux représentés aux figures 1 et 5 lorsque l'on donne à leurs éléments des formes de révolution autour d'axes passant par les entrefers de travail ;

Aux figures 12 et 13, deux cinquièmes modes de réalisation qui, dans le cadre d'organes d'électro-aimants ayant des formes de révolution, font appel à deux entrefers coulissants situés l'un au voisinage de l'axe de symétrie, et l'autre à une distance voisine de la périphérie ;

Aux figures 14 et 15, deux vues de côté d'armatures ayant des formes de révolution et mettant en oeuvre des aimants permanents de différentes formes ; et

Aux figures 16 et 17, deux vues en coupes d'armatures ayant des formes de révolution et une orientation axiale de leurs pôles magnétiques.

Selon un premier mode de réalisation 1 d'un électro-aimant selon l'invention, visible notamment à la figure 3, une armature mobile 2 est guidée longitudinalement le long d'une coulisse 18 appartenant à un boîtier 19 le long de directions longitudinales F et G.

Cette armature, représentée sur cette figure dans une position intermédiaire instable - III -, comprend un aimant permanent 3 ayant des faces polaires transversalement opposées 4 respectivement 5, qui sont respectivement reliées à des pièces polaires magnétisables 7 et 6. La pièce polaire 6 comporte elle-même deux prolongements opposés 6_a, 6_b dont l'une 6_a coopère grâce à un entrefer constant 10 dont la réluctance avec une première branche 28 d'un circuit magnétisable fixe 13 présentant une seconde branche 26 est faible et sensiblement constante lorsque l'armature se déplace.

A ce circuit magnétisable 13 est associé une bobine d'excitation 14 qui est enroulée de façon connue sur une carcasse 15 placée autour d'une branche 29, et présente deux bornes d'alimentation 16, 17.

Entre une extrémité 12 de la branche 29 et la pièce polaire 7 se trouve un entrefer variable 9 dont la réluctance varie selon la position de l'armature.

Le second prolongement 6_b coopère grâce à un entrefer 24 dont la réluctance est faible et sensiblement constante, avec une extrémité 26 d'une seconde pièce magnétisable fixe 25. Cette seconde pièce magnétisable possède par ailleurs une autre extrémité 27 qui est placée en regard de la pièce polaire 7 et se trouve séparée de celle-ci



par un entrefer 23 dont la réluctance varie selon la position longitudinale de l'armature.

Cette figure permet donc de saisir l'existence de deux paires 8 et 22 d'entrefers, où chaque paire comprend, d'une part, un entrefer de réluctance variable 9 respectivement 23 et, d'autre part, un entrefer 10 respectivement 24 de réluctance faible et sensiblement constante. Les entrefers 10 et 24 sont établis par des surfaces proches et parallèles à la direction - F, G -.

Bien que, notamment pour des raisons d'équilibrage, on puisse associer à l'armature un ou plusieurs organes élastiques agissant en sens F ou G, on ne fera pas intervenir ces organes dans le bilan des forces qui s'exercent sur celle-ci, lorsque des excitations opposées sont communiquées à la bobine et aux circuits grâce à la circulation dans un sens ou dans l'autre d'un courant dans cette dernière.

Le fonctionnement de l'électro-aimant 1 sera expliqué à l'aide des figures 1, 2 et 3 qui comportent des circuits en traits continus pour représenter le flux ϕ_B développé par la bobine, et des circuits en traits interrompus pour représenter ceux ϕ_a , ϕ_{a1} , ϕ_{a2} qui sont développés par l'aimant permanent.

Dans l'un des états stables - I - représenté à la figure 1, le flux ϕ_a de l'aimant se referme à travers la pièce polaire 7, la branche 29, le noyau 30, la branche 28, l'entrefer 10 de faible réluctance, le prolongement 6_b et la pièce polaire 6, car les pièces 7 et 12 sont pratiquement en contact et une force d'attraction applique l'armature contre le circuit fixe 13 : un faible flux de fuite ϕ_{f1} se referme par ailleurs à travers la pièce fixe 25.

Lorsqu'un courant de sens approprié circule dans la bobine 14, le flux ϕ_B circule à travers le noyau 30, la branche 29, l'entrefer 23, la pièce 25, l'entrefer 24, les prolongements 6_b , 6_a et l'entrefer 10 ; une telle circulation implique que, d'une part, les entrefers 24 et 10 aient une très faible réluctance et que, d'autre part, le flux ϕ_B , qui ne peut traverser l'aimant, soit développé par des ampère-tours de bobine suffisants pour vaincre la réluctance de l'entrefer 23, qui est relativement plus importante.

Lorsque ces ampère-tours sont suffisamment élevés, une polarité magnétique apparaissant à l'extrémité 27 attire la pièce polaire 7 : ce phénomène se produit dès que ϕ_B devient supérieur à ϕ_a , et l'armature se déplace alors en sens G.

On remarquera que lorsque ce déplacement s'effectue, la réluctance de l'entrefer 32 diminue, alors qu'apparaît une réluctance dans l'entrefer 9.

Pour que le mouvement puisse se prolonger, il est nécessaire que la réluctance globale R_T , autorisant la circulation du flux ϕ_B et faisant alors intervenir en série deux réluctances partielles, n'au-

gmente sensiblement pas.

Au fur et à mesure que l'armature s'éloigne du circuit fixe 13, le flux ϕ_a diminue en raison de l'apparition de l'entrefer 9 et l'attraction subie en sens F par cette armature diminue également.

Pour une position particulière - III - de l'armature, visible aux figures 3 et 4, le flux de l'aimant se partage en deux flux ϕ_{a1} , ϕ_{a2} , circulant respectivement dans le circuit fixe 13 et dans le circuit fixe 25, de sorte que les actions motrices en sens F et en sens G développées par cet aimant, sont égales et de sens opposé.

Il suffit, par suite, que l'excitation de la bobine soit maintenue jusqu'au moment où le déplacement en sens G de l'armature amène celle-ci légèrement au-delà de cette position particulière - III - pour que le flux ϕ_{a2} devienne prépondérant et attire ensuite l'armature jusqu'à une position proche de la pièce fixe 25 : dans l'état stable - II - correspondant et visible à la figure 2, l'armature est donc encore maintenue par l'aimant permanent. Des entrefers résiduels, 23, respectivement 9, ayant une faible épaisseur, peuvent être établis avantageusement entre les pièces polaires 7 et les extrémités 12, respectivement 27 pour atténuer les effets d'adhérence et faciliter le décollage de l'armature dans l'un ou l'autre sens.

Le retour de l'armature de la position - II - vers la position - I - d'origine est également opéré grâce à une excitation de courte durée de la bobine qui est alors parcourue par un courant de sens inverse au précédent.

Au cours de cette opération, la circulation du flux ϕ_B qui change de sens, voir figure 2, et se referme notamment à travers la pièce fixe 25 en sens inverse du flux ϕ_a de l'aimant permanent, de sorte que celui-ci est obligé de se refermer à travers la pièce polaire 4, l'entrefer 9, la pièce fixe magnétisable 13, l'entrefer 10 et le prolongement 6_a de la pièce polaire 6.

Les deux flux qui sont alors additifs dans les portions 4, 13, 10 et 6_a provoquent l'apparition de forces d'attraction qui sont appliquées en sens F, sur l'armature 2 et établissent son déplacement initial dans ce sens.

D'une façon comparable à celle décrite précédemment, mais dans des sens opposés, le flux ϕ_{a2} diminue, et le flux ϕ_{a1} augmente, tandis que le flux ϕ_B reste sensiblement constant. Or encore, il n'est donc pas nécessaire de maintenir une circulation du courant dans la bobine au-delà d'une position particulière de l'armature, qui est sensiblement voisine de la précédente, voir figure 4, pour que le déplacement de celle-ci en sens F se poursuive de lui-même et uniquement grâce à la présence de l'aimant permanent.

La forme en U donnée ci-dessus à la classe 13 permet d'effectuer un échange de la bobine 14



par des déplacements relatifs de sens F et G de celle-ci.

Selon une variante de réalisation 30 de l'invention, qui est visible à la figure 5, où l'armature 31 de l'électro-aimant se trouve dans sa position d'équilibre, les entrefers couissants de faibles réluctances référencés précédemment 10 et 24 ne sont plus présents et la pièce ou épanouissement polaire 39 de l'armature 31 est associée par un unique entrefer E de faible réluctance avec une traverse magnétisable 33 qui relie longitudinalement la branche 34 du circuit magnétisable fixe 35 associé à la bobine 36, avec la seconde pièce fixe 37. Dans ce mode de réalisation, l'armature mobile 32 peut être guidée longitudinalement en sens F et G dans le boîtier, grâce à une coulisse du boîtier 39 représentée schématiquement en 38 du boîtier.

Ce mode de réalisation est intéressant dans la mesure où il permet une diminution de la masse de l'armature en ne nécessitant qu'un seul entrefer de faible réluctance E : ce dernier regroupe cependant les fonctions des deux entrefers précédents, ainsi que le montre en pointillé le partage du flux de l'aimant en deux flux ϕ_{a1} et ϕ_{a2} circulant à travers deux entrefers voisins e_1 et e_2 .

Le mode de fonctionnement de cette variante de réalisation est tout à fait comparable à celui du précédent : toutefois, on appréciera que, pour un même flux ϕ_B développé dans les circuits 34, 37, il ne sera pas nécessaire d'appliquer un nombre de la disparition des entrefers placés antérieurement en 9 et 24.

Dans les modes de réalisation 1 et 30 de l'invention, les moyens utilisés pour opérer le guidage longitudinal de l'armature doivent prendre en compte l'existence de forces d'attraction transversales qui se développent entre les pièces magnétisables séparées par les entrefers couissants 10, 24 d'une part et E d'autre part : ces forces latérales parasites engendrent des frottements supplémentaires. Par ailleurs, un démontage de la bobine 36 n'est pas directement possible, sauf si la culasse 35 présente une pièce polaire 35_a pouvant être dissociée de la branche 34.

L'un des moyens que l'on peut utiliser pour réduire très sensiblement ces forces latérales parasites dans un mode de réalisation 1_a, voir figure 6, consiste à faire traverser par les prolongements 6_a, 6_b deux ouvertures 41, 42 de sections analogues qui seront aménagées dans une jambe 28_a du circuit fixe 13_a et respectivement dans l'extrémité 26_a de la pièce fixe 25_a.

Dans un autre mode de réalisation 30_a dérivé de celui de la figure 5 et visible à la figure 7, la pièce polaire 32_a de l'armature 31_a est pourvue d'une ouverture 43 entourant avec entrefer de faible réluctance E, une traverse 33_a de section analogue.

Si l'on se propose en outre de faire jouer à ces nouveaux entrefers couissants une fonction de guidage mécanique longitudinal et transversal, on pourra y disposer par exemple des bagues en matériau antifricition, les ouvertures et pièces traversantes ayant alors avantageusement des sections circulaires ajustées.

Selon deux autres modes de réalisation 50 et 60, qui dérivent de ceux illustrés aux figures 5 et 1 en donnant aux pièces fixes et mobiles des formes de révolution, les électro-aimants prennent avantageusement la forme de pots magnétisables où sont opérés simultanément l'équilibrage des forces d'attraction ainsi qu'un guidage efficace et économique.

Dans ces modes de réalisation, représentés aux figures 8 et 9, l'axe de symétrie XX', respectivement YY' passe sensiblement par la pièce polaire 6 ou respectivement traverse 33, décrites précédemment, et les bobines 51 respectivement 61 sont logées dans des cavités annulaires 52 respectivement 62 concentriques à XX', respectivement YY'.

Les armatures 53 respectivement 63 font ici appel à des aimants permanents 54 respectivement 64, ayant par exemple, des formes annulaires visibles à la figure 14.

Selon deux autres modes de réalisation 70 et 80 qui sont visibles aux figures 10 et 11, qui dérivent également de ceux illustrés aux figures 1 et 5 en donnant aux pièces fixes et mobiles des formes de révolution autour d'axes WW' respectivement ZZ' passant longitudinalement par les jambes 29 respectivement 43, on obtient des avantages comparables à ceux procurés par les modes de réalisation 50 et 60.

Un avantage commun aux modes de réalisation 50, 60, 70, 80 est qu'ils permettent d'opérer aisément un changement des bobines 51, 62, 71, 81 grâce à la présence de fonds démontables 55, 65, 72, 82 et respectivement de couvercles 56, 66 placés dans des régions accessibles de boîtiers 57, 67, 73, 83 conformés pour maintenir par ailleurs les autres pièces fixes et indémontables.

On peut présenter des variantes 105, 106 en opérant des combinaisons de structures, voir figures 12 et 13, dans lesquelles les deux entrefers couissants de faible réluctance sont disposés l'un 91 respectivement 92 à la périphérie d'une première pièce fixe et magnétisable 93 respectivement 94, l'autre 95 respectivement 96 dans une région centrale d'une seconde pièce fixe magnétisable 97 respectivement 98.

Selon le mode de réalisation de la figure 12, on a en outre déplacé vers le fond 99 de la pièce fixe 97 l'un des entrefers d'attraction qui se trouve éloigné de l'aimant permanent 100.

Lorsque les armatures mobiles, tenues par 101



respectivement 103 prennent la forme de disques comme le cas se présente dans les figures 8 à 13. on peut faire appel soit à un unique aimant permanent 102 ayant une forme annulaire, voir figure 14, soit encore à une multiplicité d'aimants permanents qui sont ajustés dans des alvéoles telles que 104, respectivement 105 et qui peuvent prendre des formes circulaires 106 ou respectivement rectangulaires 107 ; dans tous les cas représentés ici, les axes de magnétisation sont radiaux.

Il est par ailleurs possible de donner aux aimants des armatures mobiles ayant des formes de révolution, d'autres directions d'aimantation non radiales.

Aux figures 16 et 17, les armatures 110 respectivement 111 font appel à un même type d'aimant annulaire 112 dans lequel la proportion de la hauteur par rapport au diamètre moyen a été augmentée et où la direction de l'aimantation NS est parallèle à l'axe de révolution KK'.

Des pièces polaires massives 113, 114 qui peuvent être associées à chacun des pôles magnétiques le long de surfaces externes et internes de l'aimant, voir figure 16, amènent ici à opérer un décalage axial - d - des entrefers coulissants.

A la figure 17, des pièces polaires décollées ou embouties 115, respectivement 116 sont associées à l'aimant permanent 112 grâce à des rétrécissements respectivement à des élargissements de leurs diamètres moyens de sorte que les entrefers coulissants sont ici disposés par un plan moyen transversal MM' qui est sensiblement le même que celui de l'aimant.

Des dispositions comparables peuvent naturellement être choisies lorsque les armatures mobiles ne prennent pas une forme de révolution ainsi que cela est mis en oeuvre aux figures 1 à 7.

Revendications

1. Electro-aimant polarisé bi-stable ayant un circuit magnétisable fixe excité par un bobinage de façon à donner des polarisations magnétiques opposées à deux pièces de ce circuit placées en regard, et une armature mobile qui comprend un aimant permanent dont le flux interne circule parallèlement à ces pièces et qui se déplace entre ces deux pièces de façon à présenter un entrefer de travail d'épaisseur variable, et un entrefer de fermeture coulissant d'épaisseur sensiblement constante, placé en série avec le premier, caractérisé en ce que l'entrefer de fermeture (10), qui possède une faible réluctance conférée par une première pièce polaire (6) solidaire de l'aimant (3) est disposé au voisinage de moyens de guidage (18) de l'armature (2), cette première pièce polaire,

ainsi qu'une seconde pièce polaire (7) solidaire dudit aimant servant à canaliser un flux de maintien (ϕ_a) dans chacune des deux positions stables (I, II) - >

2. Electro-aimant selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'une des pièces polaires (6) de l'armature (2) présente deux prolongements (6_a, 6_b) coopérant respectivement l'un avec une branche (28) d'un premier circuit magnétisable fixe (13) associé à la bobine (14), et l'autre avec une extrémité (26) d'un second circuit magnétisable fixe (25) séparé du premier, ces prolongements constituant chacun l'une des faces de deux entrefers sensiblement constants (10) respectivement (24) placés en série avec deux entrefers variables (9, 23) parcourus par le flux (ϕ_b) développé par la bobine.

3. Electro-aimant selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'une des pièces polaires (32) présente un épanouissement (32_c) coopérant avec une traverse (33) qui relie magnétiquement une branche (34) d'un premier circuit magnétisable fixe (35) et une extrémité d'un second circuit magnétisable (37), cet épanouissement portant l'une des faces de deux entrefers contigus (e₁, e₂) sensiblement constants, et placés en série avec le flux (ϕ_a) développé par l'aimant permanent (3).

4. Electro-aimant selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que les prolongements (6_a, 6_b) respectivement épanouissement (32_c), coopèrent avec les portions de circuits fixes concernés (13_a, 25_a) respectivement (33_a) à l'aide d'entrefers annulaires (-E₁, E₂, E₃ -) de façon à annuler des attractions magnétiques perpendiculaires à la direction de déplacement (-F, G -) de l'armature (2_a) respectivement (31_a).

5. Electro-aimant selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les circuits magnétisables fixes (58, 59) respectivement (68, 69), les bobines (51, 61) et l'armature mobile (53, 63) prennent la forme de solides de révolution autour d'axes (XX'), (YY') passant par les prolongements (69_a, 69_b) respectivement par la traverse (33_a).

6. Electro-aimant selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les circuits magnétisables fixes (75, 76), (85, 86), les bobines (74, 84) et l'armature mobile (77, 87) prennent la forme de solides de révolution autour d'axes (WW'), (ZZ') passant parallèlement à la direction de déplacement (-F, G -) de l'armature par une pièce polaire (78) respectivement (88) opposée à celle qui porte les prolongements (87_a, 87_b) respectivement à l'épanouissement (79).

7. Electro-aimant selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les aimants permanents (3,



100) respectivement (112) présentent des directions de magnétisation qui sont indifféremment radiales ou respectivement axiales par rapport au mouvement de l'armature (2. 77. 87) respectivement (110,111).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

7

FIG. 1

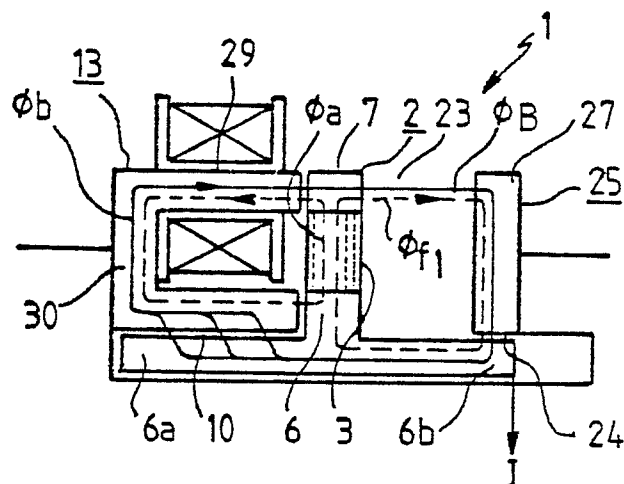


FIG. 3

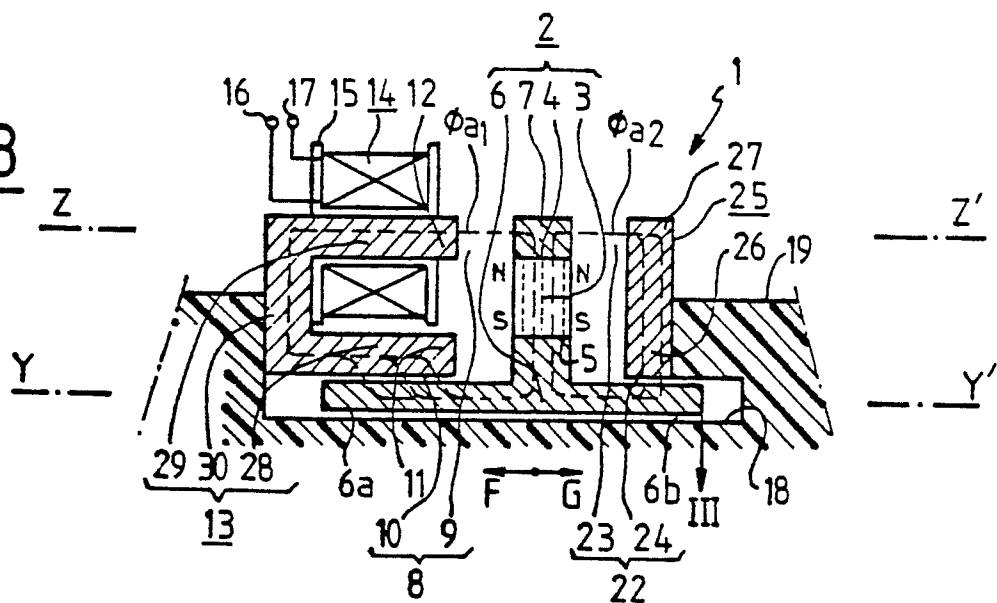


FIG. 2

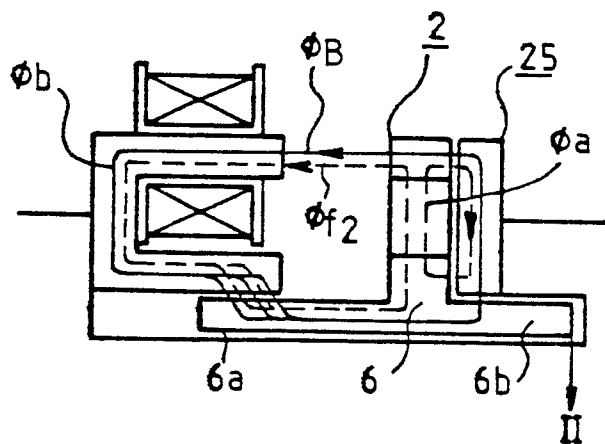


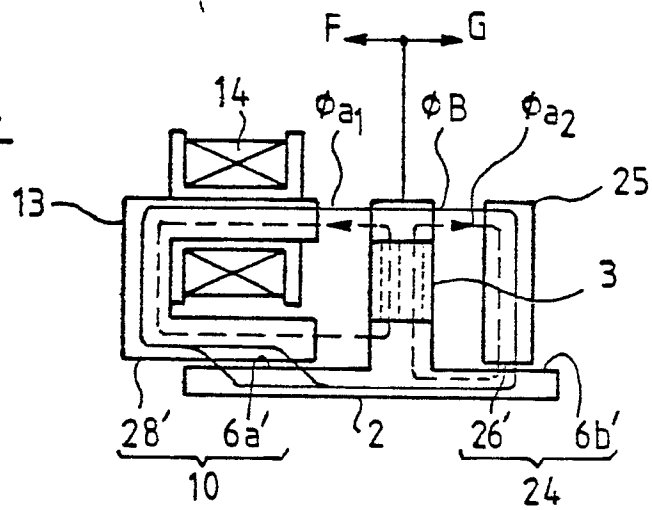
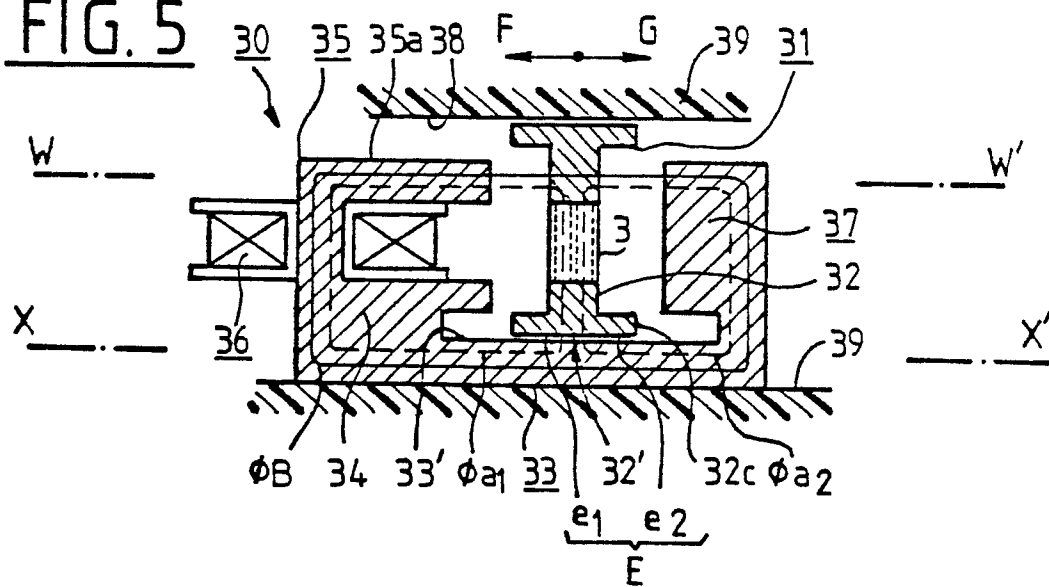
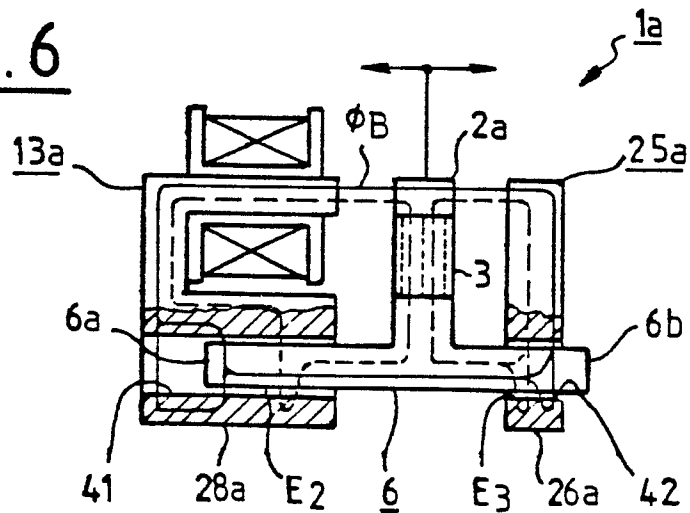
FIG. 4FIG. 5FIG. 6

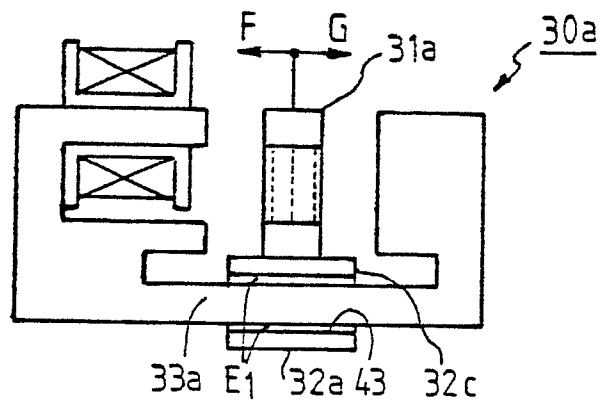
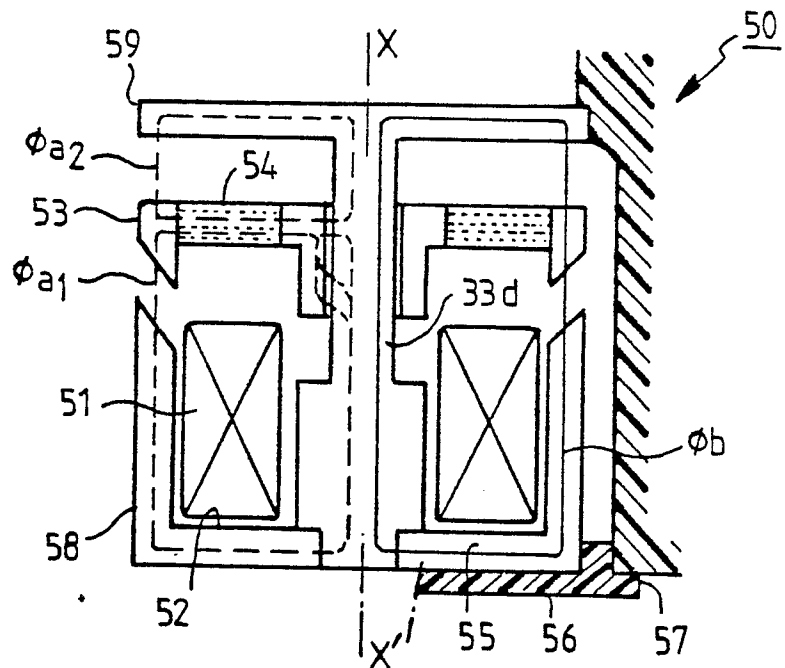
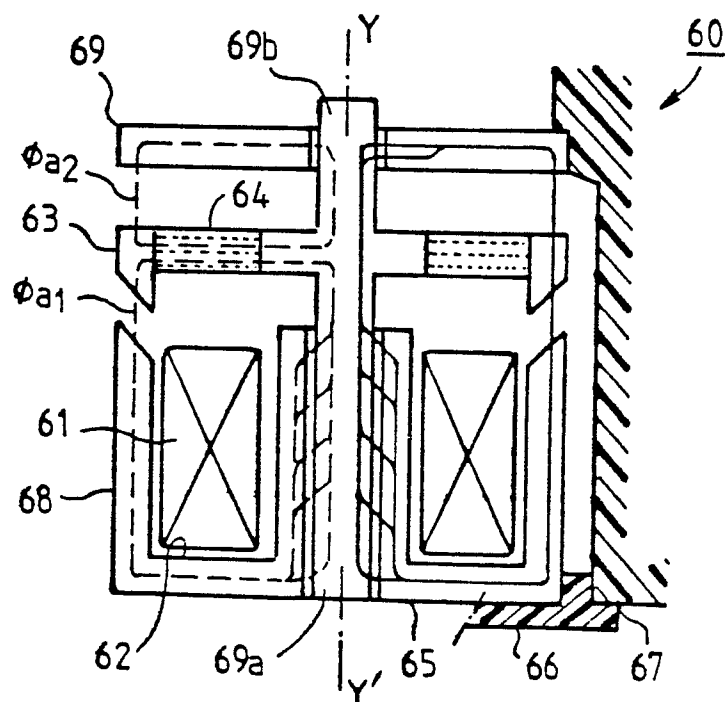
FIG. 7FIG. 8FIG. 9

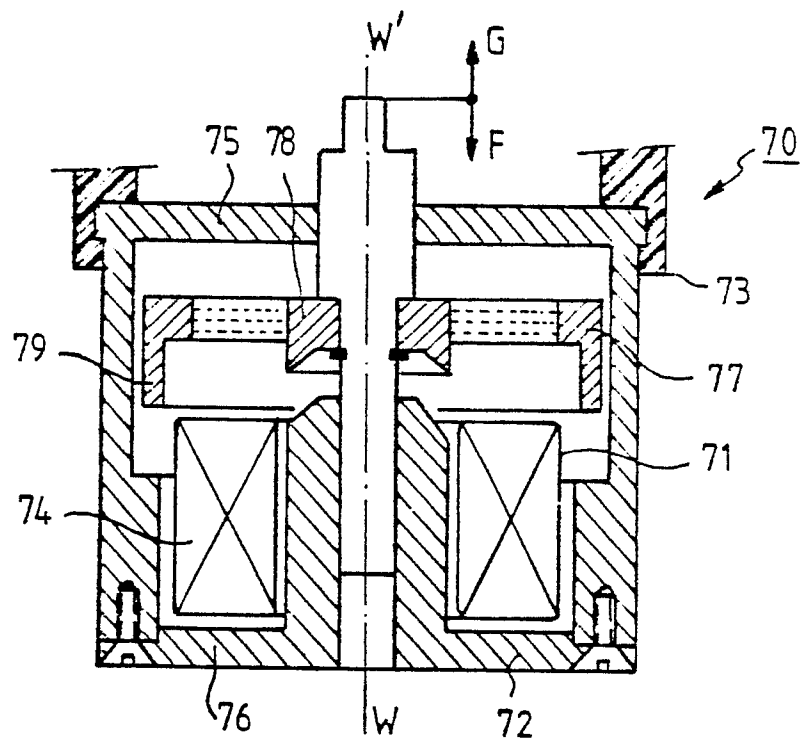
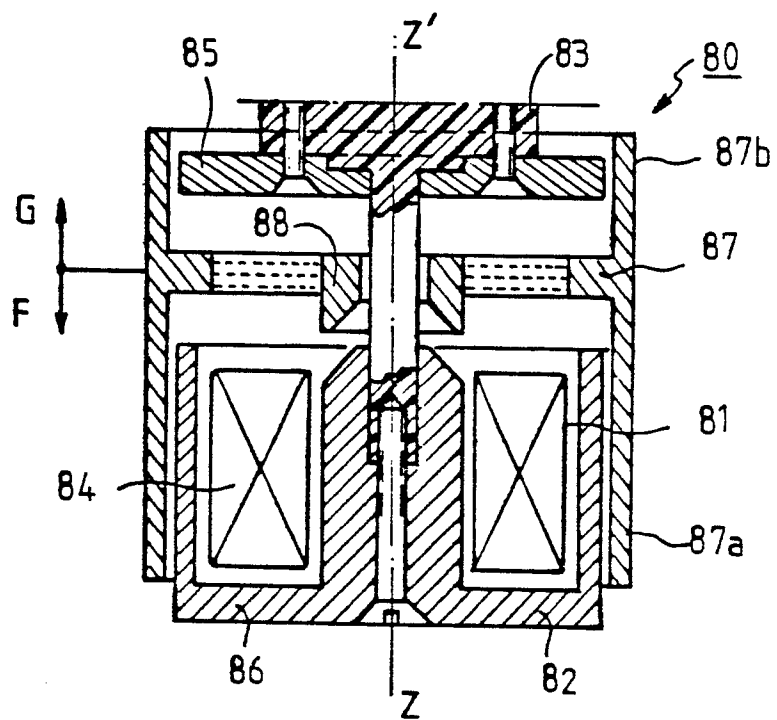
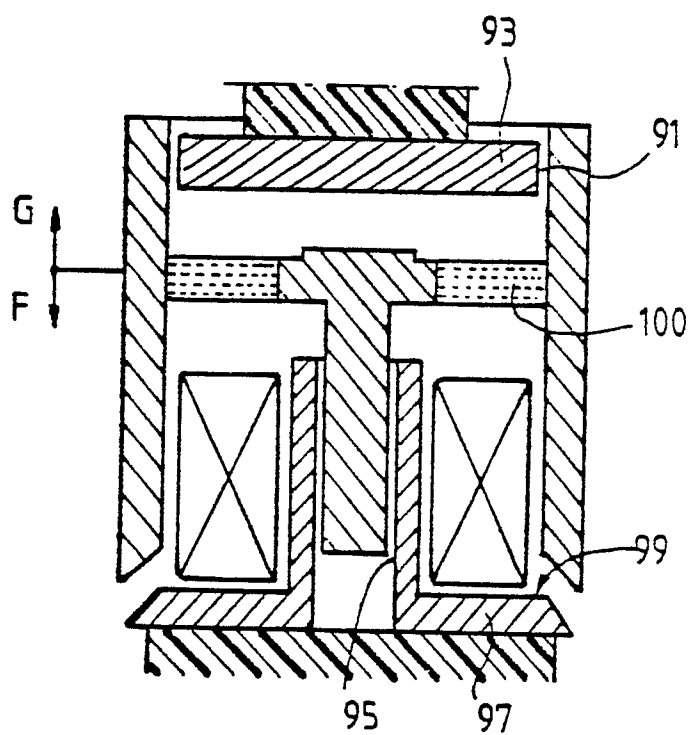
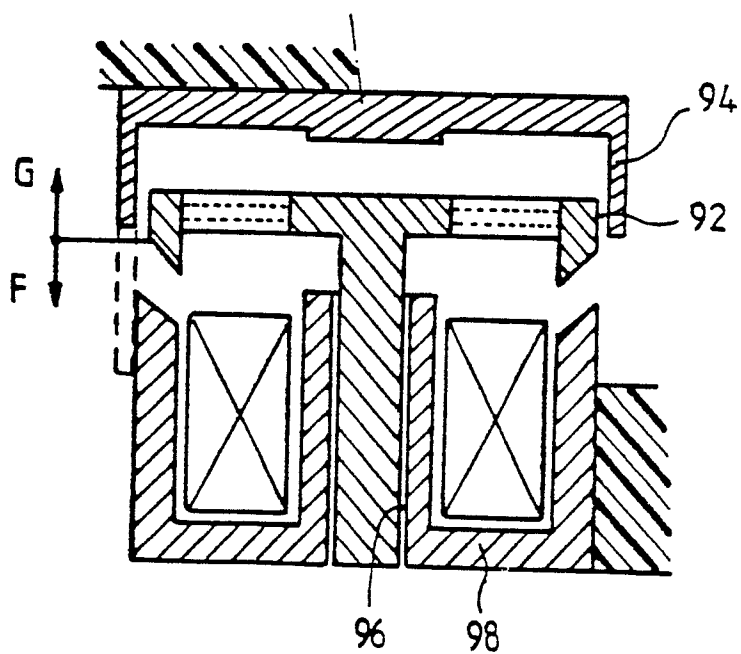
FIG. 10FIG. 11

FIG. 12FIG. 13

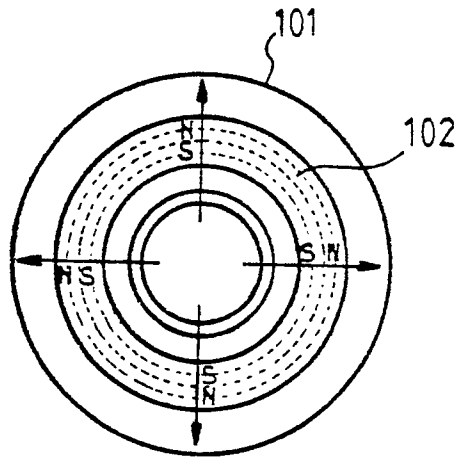


FIG. 14

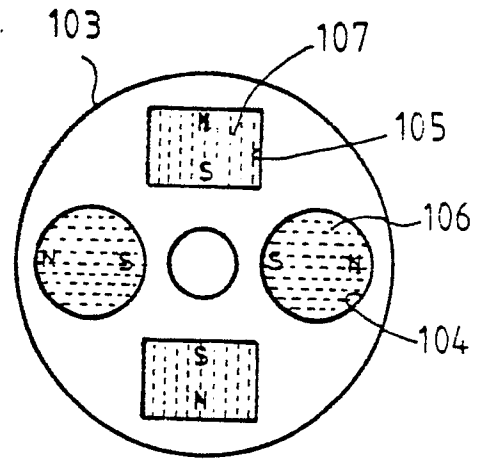


FIG. 15

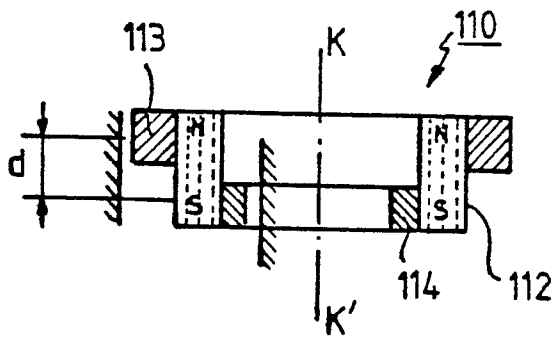


FIG. 16

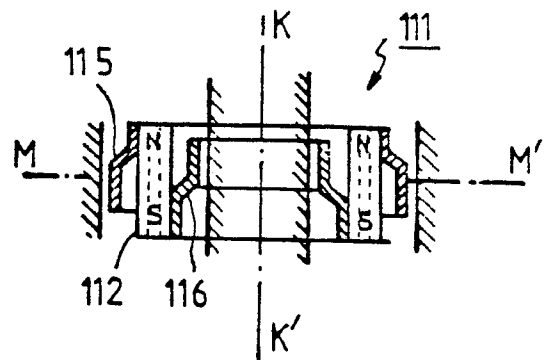


FIG. 17