

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 0 635 101 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:

**06.05.1998 Bulletin 1998/19**

(21) Numéro de dépôt: **94904940.7**

(22) Date de dépôt: **03.02.1994**

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **F04D 13/06, F04D 25/06**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/CH94/00023**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 94/18458 (18.08.1994 Gazette 1994/19)**

(54) **Pompe axiale à grand vitesse à entraînement électrique**

Elektrisch angetriebene Hochgeschwindigkeitspumpe

Electrically driven high speed pump

(84) Etats contractants désignés:  
**CH DE FR GB LI SE**

(30) Priorité: **03.02.1993 CH 304/93**

(43) Date de publication de la demande:  
**25.01.1995 Bulletin 1995/04**

(73) Titulaire: **MURGA, José**  
**CH-2000 Neuchâtel (CH)**

(72) Inventeur: **MURGA, José**  
**CH-2000 Neuchâtel (CH)**

(74) Mandataire: **Nithardt, Roland**  
**Cabinet Roland Nithardt,**  
**Conseils en Propriété Industrielle S.A.,**  
**Y-Parc Scientifique et Technologique,**  
**Chemin de la Sallaz**  
**1400 Yverdon-les-Bains (CH)**

(56) Documents cités:

<b>EP-A- 0 169 682</b>	<b>EP-A- 0 404 299</b>
<b>WO-A-91/19103</b>	<b>DE-A- 3 718 954</b>
<b>DE-A- 4 111 466</b>	<b>FR-A- 1 087 184</b>
<b>US-A- 1 347 732</b>	<b>US-A- 2 274 274</b>
<b>US-A- 2 697 986</b>	<b>US-A- 3 273 506</b>
<b>US-A- 3 719 436</b>	

**EP 0 635 101 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

La présente invention concerne une pompe axiale à grande vitesse à entraînement électrique, comportant :

- un stator pourvu d'une enveloppe étanche,
- un rotor disposé à l'intérieur de ladite enveloppe du stator de manière à tourner autour d'un axe de rotation, ledit rotor étant pourvu

d'une partie centrale tubulaire qui forme une paroi extérieure d'un conduit central pour le passage d'un flux axial continu d'un fluide et porte des aubes en forme d'hélicoïdes dans ledit conduit, d'aimants coopérant avec des enroulements électriques du stator qui se trouvent à l'intérieur de ladite enveloppe étanche,

lesdites aubes étant rattachées à ladite paroi extérieure du conduit central en ne s'étendant pas jusqu'à l'axe de rotation, de sorte que le conduit comporte une zone centrale libre sur toute sa longueur.

L'invention concerne en outre un bateau propulsé par des pompes de ce genre.

Habituellement, une pompe à entraînement électrique est distincte du moteur auquel elle est couplée mécaniquement par un arbre rotatif. En général, les deux machines sont coaxiales afin d'éviter des renvois par des engrenages ou d'autres dispositifs de transmission. Cette disposition présente toutefois des inconvénients particuliers dans le cas des pompes à flux axial. Les deux machines peuvent être disposées dans le prolongement l'une de l'autre et séparées par un coude du conduit d'entrée ou de sortie du fluide, mais dans ce cas, l'arbre constitue un obstacle à l'écoulement dans le coude. Autrement, le moteur électrique peut être disposé dans un bulbe placé au centre du conduit où passe le fluide, ce bulbe supportant une grande hélice à l'une de ses extrémités. Dans un tel cas, les lignes d'écoulement du fluide subissent aussi d'importantes déviations radiales pour contourner le bulbe. Toutes ces déviations entraînent des pertes d'énergie et une augmentation de l'encombrement et représentent un obstacle à une augmentation de la vitesse d'écoulement du fluide. De plus, les vitesses élevées posent des problèmes de stabilité de l'arbre et de la roue de pompe, exigeant de renforcer les supports de l'arbre et, par conséquent, d'augmenter encore les pertes de charge dans le fluide.

Pour éviter les inconvénients susmentionnés, une solution connue consiste à utiliser un rotor commun à la pompe et au moteur électrique, ayant une partie centrale tubulaire qui sert de roue de pompe et une partie périphérique qui comprend les éléments rotoriques du moteur électrique. Par exemple, une pompe axiale du type spécifié en préambule est illustrée dans les figures 5-13 de la demande de brevet européen N° 0 169 682.

L'entraînement s'effectue au moyen d'un moteur du type à cage d'écureuil. Il en résulte un rotor relativement long par rapport à son diamètre et, en outre, ce rotor ne peut pas tourner à des vitesses très élevées. Par conséquent, le conduit axial et les aubes de la pompe doivent aussi être relativement longs pour transmettre une puissance suffisante au fluide. Dans la réalisation décrite, les aubes sont formées par un corps axial en forme de vis, placé dans le conduit central et ayant un élément central allongé qui a l'inconvénient de réduire la section de passage du fluide.

Le brevet US N° 3 719 436 décrit une pompe ayant un stator pourvu d'une enveloppe étanche et un rotor disposé dans ladite enveloppe étanche. Ce rotor est pourvu d'une partie centrale tubulaire portant des aubes. Ce moteur est du même genre que celui décrit ci-dessus, ayant un moteur à induction qui conduit à des inconvénients analogues. Cependant, les aubes de la pompe sont portées par la paroi du conduit central, de sorte que le centre du conduit peut être libre.

La publication WO 91/19103 décrit une pompe miniature pour le sang, ayant une configuration générale analogue à celle des réalisations précitées, mais avec un corps central statorique qui traverse axialement le rotor, de sorte que le conduit central a une section annulaire qui conduit à d'importantes pertes de charge. Là aussi, le rotor est relativement long et sa vitesse est limitée (à 16 500 tours/min.), en particulier pour ne pas endommager les cellules du sang.

La publication DE-A-3 718 954 décrit une hélice sans moyeu pour bateau ou soufflante, dont les pales sont portées par un anneau extérieur rotatif cylindrique monté dans un palier. Cette hélice peut être alimentée par un moteur électrique conventionnel dont le rotor à aimants permanents est constitué par l'anneau support des pales. Cette conception ne permet pas d'obtenir des vitesses élevées du rotor.

La publication EP-A-0 404 299 concerne un moteur sans balais ayant un rotor à huit bras dont chacun porte un aimant permanent à polarisation axiale. Le stator comporte un plus grand nombre d'aimants à polarité commutable grâce à une bobine. La commutation est commandée par des moyens mécaniques optiques ou magnétique en fonction de la position du rotor. Ce moteur couplé à une pompe ne permet pas d'améliorer les performances de ladite pompe.

La publication DE-A-4 111 466 concerne une pompe centrifuge associée à un moteur à courant continu où le fluide passe dans un passage annulaire entre le stator et le rotor, ce qui n'est pas le cas dans la pompe objet de l'invention.

La publication US-A-1 347 732 concerne une pompe électrique centrifuge où le stator est refroidi par une chemise d'eau alimentée par des fuites de l'eau pompée.

Toutes les pompes connues alimentées par des moteurs électriques ayant des caractéristiques conventionnelles ne permettent pas d'obtenir des vitesses de

rotation du rotor très élevées.

C'est pourquoi la présente invention a pour but de perfectionner une combinaison d'une pompe axiale et d'un moteur électrique ayant un rotor commun à disposition concentrique des parties hydrauliques et électriques, de façon à permettre des vitesses de rotation très élevées, assurant une puissance élevée de la pompe avec des dimensions limitées. Un but particulier consiste à assurer un écoulement du fluide pompé aussi rectiligne que possible et dépourvu d'obstacles freinant l'écoulement.

Dans un premier aspect, l'invention concerne une pompe axiale telle que définie dans la revendication 1.

Comme les pôles de la machine électrique se trouvent à une distance relativement grande de l'axe de rotation, les forces d'attraction et de répulsion magnétiques agissant sur eux ont une grande efficacité et produisent un couple moteur relativement élevé. Les aubes transmettant la puissance motrice au fluide peuvent être réparties le long d'un conduit central relativement court.

Dans la forme de réalisation de la pompe, lesdits aimants sont disposés par paires, les deux aimants de chaque paire étant séparés en direction axiale par un intervalle dans lequel ces aimants engendrent un champ magnétique sensiblement uniforme dirigé d'un aimant vers l'autre, et les enroulements du stator sont formés par des bobines aplaties disposées en une rangée circulaire dans un plan radial situé dans lesdits intervalles entre les aimants du rotor, de sorte que chaque enroulement est sensiblement perpendiculaire aux lignes du champ magnétique dans lesdits intervalles.

De préférence, chaque bobine du stator peut être entourée d'un conduit périphérique où circule un fluide de refroidissement.

Un autre aspect de l'invention concerne un bateau à propulsion par des pompes telles que définies dans les revendications 1-3, comportant au moins deux conduits de propulsion disposés sensiblement longitudinalement à l'intérieur du bateau et traversant chacun l'une desdites pompes, chaque conduit ayant une entrée à l'avant du bateau et une sortie dirigée longitudinalement à l'arrière du bateau. L'entrée et la sortie de chacun des deux conduits de propulsion sont situées respectivement d'un côté et de l'autre d'un axe longitudinal central du bateau.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront dans la description suivante d'un exemple de réalisation, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

la figure 1 est une vue schématique en coupe longitudinale partielle d'une pompe axiale selon l'invention, destinée au pompage d'un liquide,

la figure 2 est une vue en coupe suivant la ligne II-II de la figure 1, à une échelle légèrement réduite,

la figure 3 est une vue schématique en perspective

illustrant le mode d'action du moteur électrique de la pompe,

la figure 4 est une représentation schématique des forces s'exerçant sur un enroulement du stator du moteur électrique,

la figure 5 est un diagramme du courant appliqué à un enroulement du stator en fonction de la position du rotor,

la figure 6 est une vue analogue à la figure 1 et illustrant l'utilisation de la pompe pour la propulsion d'un bateau,

la figure 7 est une vue en plan schématique d'un bateau propulsé par des pompes selon l'invention, et

la figure 8 représente une variante du bateau illustré par la figure 7.

La pompe représentée aux figures 1 et 2 comporte un rotor 1 tournant à l'intérieur d'un stator 2 sensiblement cylindrique dont l'axe longitudinal constitue l'axe de rotation 3 du rotor. Le stator 2 présente une embouchure axiale d'entrée 4 raccordée à une tubulure d'aspiration 5 et, du côté opposé, une embouchure axiale de sortie 6 raccordée à une tubulure de refoulement 7, les tubulures 5 et 7 pouvant être des tubes quelconques appartenant au circuit du liquide pompé qui s'écoule dans le sens de la flèche A. Le stator comporte une enveloppe intérieure étanche 8, entourant le rotor 1 et comportant une rangée annulaire de bobines électriques 9 aplaties suivant un plan radial, et un boîtier extérieur 10 pourvu des embouchures 4 et 6 et assurant la liaison mécanique entre l'enveloppe intérieure 8 et les tubulures 5 et 7.

On remarque que le rotor 1 est commun à la pompe proprement dite, constituée par la partie centrale de la machine, et au moteur électrique qui entoure directement cette pompe. En fait, le rotor 1 comporte une partie centrale tubulaire 11 dont les extrémités sont montées sur le stator au moyen de paliers 12 et 13 tels que des roulements à billes ou des paliers magnétiques ou pneumatiques. Cette partie tubulaire 11 définit un conduit central rectiligne 14 ayant une paroi périphérique 15 qui, dans l'exemple représenté, est un cylindre à section constante, égale à la section intérieure des tubulures 5 et 7. Bien entendu, dans d'autres exécutions on peut prévoir un conduit central à section variable, notamment pour le pompage d'un fluide compressible. Le conduit central 14 contient une série d'aubes hélicoïdales 16 qui sont proéminentes sur la paroi périphérique 15 et qui ne s'étendent pas jusqu'à l'axe de rotation 3, de sorte qu'il subsiste une zone centrale libre 17 au voisinage de l'axe 3, sur toute la longueur de la pompe. Cette zone libre facilite la fabrication des aubes 16 et

surtout élimine une grande partie des risques d'obstruction de la pompe par des corps étrangers. Grâce à l'absence d'un corps central dans cette zone, les particules de liquide ne subissent pratiquement aucune déviation radiale. En outre, grâce à la section sensiblement constante, leur vitesse varie peu, à l'exception de la composante tangentielle du mouvement hélicoïdal qui peut leur être impartie par les aubes 16. Grâce à la très grande vitesse de rotation du rotor, le pas d'hélice des aubes peut être relativement court, c'est-à-dire que l'angle d'inclinaison des aubes par rapport à un plan radial est faible dans la majorité de la section transversale du conduit 14 (cet angle est plus élevé dans les zones proches de l'axe 3). 11 en résulte avantageusement que la pression exercée par les aubes sur le fluide a une forte composante axiale et une faible composante tangentielle. De manière typique, le pas d'hélice peut être inférieur au diamètre du conduit 14.

A chaque extrémité de la partie centrale 11 du rotor, il est prévu une bague de friction 18 coopérant avec un joint annulaire en caoutchouc 19 monté sur le stator, pour assurer l'étanchéité du circuit de liquide. L'étanchéité de ces joints n'a pas besoin d'être absolue et doit simplement empêcher des fuites notables du refoulement à l'aspiration, l'étanchéité vis-à-vis de l'extérieur étant assurée par l'enveloppe 8 du stator, dont l'intérieur peut être maintenu sous vide ou contenir un gaz léger sous faible pression.

Autour de la partie centrale tubulaire 11, le rotor 1 comporte deux disques parallèles 21 et 22 symétriques l'un de l'autre et séparés par un intervalle axial 23 dans lequel se trouve la rangée circulaire de bobines 9 du stator. En regard de cette rangée de bobines, les disques 21, 22 portent des paires d'aimants permanents 24, 25 qui sont polarisés parallèlement à l'axe 3 et disposés de façon que le pôle nord N de chaque aimant 24 du disque 21 se trouve en face du pôle sud S de l'aimant correspondant 25 dans le disque 22. Comme le montre la figure 3, il en résulte que le champ magnétique H est sensiblement uniforme et constant dans l'intervalle entre les deux aimants. Une culasse ferromagnétique (non représentée) peut être prévue pour fermer les lignes de champ dans le rotor ou dans le stator, selon les matériaux utilisés. Dans cet exemple, il est prévu huit paires d'aimants 24, 25 équidistantes les unes des autres sur le pourtour du rotor.

Pour des raisons de montage, l'enveloppe intérieure étanche 8 du stator 2 est subdivisée en huit coquilles sectorielles 8c, chaque coquille couvrant 45° et supportant une bobine 9. Ces coquilles forment ensemble deux bagues circulaires 8a et 8b qui supportent les roulements 12, 13. Le boîtier extérieur 10 peut être réalisé en deux pièces semi-circulaires jointes dans un plan axial. Les coquilles 8c sont traversées par des paires de conducteurs d'alimentation 26, 27 qui passent entre l'enveloppe 8 et le boîtier 10 et traversent ce dernier pour être raccordés à un dispositif électronique de commutation 28 qui commande l'alimentation de chaque bo-

bine 9 à partir d'une source d'énergie électrique 29 à tension continue. Chaque bobine 9 a une forme aplatie et comporte un noyau ferromagnétique 30, séparé des aimants 24, 25 par de faibles entrefers 31, 32 et entouré d'enroulements électriques circulaires 33 dont le diamètre est approximativement égal au diamètre des aimants. Cependant, on notera que les bobines et les aimants peuvent avoir des formes quelconques différentes de la forme circulaire représentée ici. Comme le montre la figure 2, les bobines 9 sont aussi au nombre de huit, de sorte que toutes les paires d'aimants 24, 25 du rotor se trouvent en même temps en face d'une bobine 9.

Le dispositif électronique de commutation 28 reçoit, par des conducteurs 34 et 35, les signaux électriques de sortie de deux capteurs optiques 36 et 37 coopérant avec des pistes circulaires 38 et 39 disposées sur une face frontale du rotor 1, lequel tourne dans le sens de la flèche B. Chaque piste 38, 39 présente des marques angulaires constituées par des zones blanches 40, 41 et des zones noires 42, 43, le signal de sortie de chaque capteur 36, 37 étant haut ou bas selon qu'une zone blanche ou une zone noire se trouve en face de ce capteur. On notera que les mêmes signaux de sortie peuvent être obtenus avec des capteurs d'un autre type, par exemple des capteurs magnétiques coopérant avec des zones respectivement métalliques et non métalliques des pistes 38 et 39. Le dispositif 28 est agencé de façon à raccorder l'alimentation des bobines 9 à la source 29 dans un premier sens quand le signal du capteur 36 est haut et dans le sens opposé quand le signal du capteur 37 est haut, l'alimentation des bobines étant coupée quand les deux signaux sont bas. Ce principe, utilisé dans les moteurs électriques dits "autosynchrones", est représenté schématiquement en figure 4 par les deux interrupteurs doubles 44 et 45 qui sont fermés respectivement par les signaux hauts des capteurs 36 et 37. Ces interrupteurs peuvent être formés par des thyristors.

Le principe de fonctionnement du moteur électrique est illustré par les figures 3 à 5. La figure 3 montre le champ magnétique H constant et sensiblement uniforme entre deux aimants 24 et 25 du rotor, ce champ traversant la bobine 9 qui passe entre les aimants. Dans cette situation, quand la bobine 9 est parcourue par un courant  $i$  et n'est pas parfaitement alignée avec les aimants, elle subit une force résultante F perpendiculaire aux lignes du champ H. Cette force est une attraction ou une répulsion selon le sens du courant  $i$ . En effet, comme on le voit dans la figure 4, chaque tronçon élémentaire d'un conducteur parcouru par le courant  $i$  dans la bobine 9 subit une force élémentaire  $f$  perpendiculaire à ce tronçon et à H, conformément aux lois de Lorentz. En supposant que l'enroulement est circulaire, cette force a une direction radiale. Comme le champ H est négligeable en dehors de la zone comprise entre les deux aimants, les forces  $f$  ont une résultante F non nulle quand une partie de la bobine 9 se trouve hors de cette

zone. Si les paires d'aimants 24, 25 et les bobines 9 se trouvent à une même distance de l'axe 3, chaque force  $F$  a une direction tangentielle. Bien entendu, chaque force  $F$  exercée sur une bobine correspond à une réaction  $F'$  de sens opposé qui agit sur la paire d'aimants 24, 25 et fait ainsi tourner le rotor 1.

Les limites entre les zones blanches 40, 41 et noires 42, 43 des pistes 38, 39 sont disposées angulairement, par rapport aux paires d'aimants 24, 25 du rotor, de façon à produire une commutation du courant  $i$  dans chaque bobine en fonction de l'angle de rotation  $\Phi$  du rotor comme le montre la figure 5. Dans une première phase 46 où les paires d'aimants se trouvent entre deux bobines successives, l'alimentation des bobines est coupée. Dans une deuxième phase 47 où les aimants s'approchent des bobines, le capteur 36 se trouve en face d'une zone blanche 40 et ferme les interrupteurs 44 pour faire passer un courant  $+i$  (supposé constant pour simplifier) dans chaque bobine. Le courant est ensuite coupé pendant une brève phase 48 où les bobines sont pratiquement alignées avec les aimants, puis une zone blanche 41 passe devant le capteur 37, ce qui ferme les interrupteurs 45 et fait passer un courant  $-i$  dans les bobines pendant une phase 49. Ensuite, le cycle de commutation recommence, chaque cycle couvrant un angle  $\Phi$  de  $45^\circ$ , représentant  $360^\circ$  divisés par le nombre de paires d'aimants. On remarque que la durée totale des phases d'attraction 47 et de répulsion 49 couvre la plus grande partie de la durée d'un cycle. Pour produire le démarrage du rotor à partir d'une position angulaire correspondant à l'une des phases 46 et 48 où les bobines ne sont pas alimentées, on peut prévoir un commutateur de marche-arrêt qui délivre une impulsion électrique dans les bobines au moment où on l'enclenche.

Bien entendu, le nombre des bobines 9 du stator n'est pas nécessairement égal au nombre des paires d'aimants 24, 25 du rotor. Avec un schéma d'alimentation des bobines selon la figure 5, un nombre de bobines plus petit ou plus grand d'une unité que le nombre de paires d'aimants garantit qu'au moins une bobine est active dans chaque position angulaire du rotor, ce qui élimine tout problème de démarrage et réduit les amplitudes de variations du courant consommé. Dans un tel cas, différentes solutions sont possibles pour commander successivement les cycles d'alimentation des bobines. Une première solution consiste à doter chaque bobine 9 de son propre dispositif de commutation 28 et de ses propres capteurs 36 et 37 coopérant avec les pistes 38 et 39 de la figure 2. Une solution plus simple quant à sa construction consiste à utiliser un seul capteur et un dispositif électronique de commutation plus élaboré. Ce capteur peut détecter des marques équidistantes sur une piste circulaire du rotor, l'écart angulaire entre ces marques étant égal à la différence entre l'angle qui sépare deux aimants successifs et l'angle qui sépare deux bobines successives. Le signal délivré par un tel capteur est suffisant pour que le dispositif de commutation produise des cycles tels que celui de la figure 5, avec les

décalages angulaires appropriés pour chaque bobine.

Un homme du métier comprendra que la construction décrite en référence aux figures 1 à 5 permet d'entraîner la pompe à une vitesse très élevée, qui peut atteindre plusieurs dizaines de milliers de tours par minute. Cela permet de réduire la taille des aubes 16, donc la longueur du conduit central 14 et la longueur totale de la pompe, car la longueur du moteur électrique décrit est faible en soi. En particulier, le rotor 1 a une longueur totale  $L$  inférieure à son diamètre  $D$ . Il en résulte une pompe électrique présentant un faible encombrement pour une puissance donnée.

Par ailleurs, un homme du métier comprendra qu'une machine agencée de la même manière que la pompe décrite ci-dessus peut fonctionner en turbogénérateur électrique si la partie centrale de son rotor est agencée en turbine axiale, pour transformer en énergie électrique l'énergie cinétique et/ou de pression du fluide s'écoulant dans le conduit central 14. Grâce à la disposition rectiligne de ce conduit, une telle turbine peut facilement être interposée sur une conduite, par exemple dans un réseau de distribution d'eau.

Une pompe selon l'invention est utilisable d'une manière générale dans tous les cas d'application des pompes axiales et centrifuges, aussi bien avec des liquides qu'avec des gaz. Elle est particulièrement avantageuse dans les cas où le fluide utilisé n'est pas spécialement pur, grâce à la géométrie rectiligne de son conduit central et à l'ouverture libre au centre de ce conduit. Une application particulièrement intéressante est celle de la propulsion électrique des bateaux de surface ou sous-marins. La figure 6 montre la disposition d'une pompe selon les figures 1 et 2 dans un corps tubulaire fuselé 51 destiné à être fixé extérieurement sur la carène 55 d'un bateau tel qu'un engin sous-marin. Le corps 51 peut avoir une enveloppe extérieure 52 sensiblement cylindrique à l'avant et effilée à l'arrière. Le conduit central 14 du rotor est précédé d'une trompette d'entrée 53 et suivi d'un conduit de sortie 54 cylindrique par où l'eau est éjectée à grande vitesse pour propulser le bateau par réaction.

Les figures 7 et 8 illustrent schématiquement une autre application, où deux pompes axiales 60a et 60b selon l'invention sont montées à bord d'un bateau 61 pour le propulser par des jets d'eau A et B. Chaque pompe est branchée dans un conduit de propulsion respectif 62a, 62b ayant une entrée 63a, 63b à l'avant du bateau et une sortie 64a, 64b à l'arrière pour produire le jet A, B. Normalement, chaque sortie est dirigée parallèlement à l'axe longitudinal 65 du bateau, mais elle peut éventuellement être orientable pour faciliter les manœuvres du bateau. Cependant, la disposition croisée des conduits 62a et 62b selon la figure 8 permet aussi de faciliter les manœuvres en agissant sur la commande de vitesse des pompes 60a et 60b. Comme l'entrée 63a se trouve de l'autre côté de l'axe 65 que la sortie correspondante 64a, son effet d'aspiration de l'eau sur le côté droit de la coque 66 tend à faire virer le bateau

dans le même sens que la poussée décentrée du jet A, c'est-à-dire à droite. On peut donc diriger le bateau vers la droite ou vers la gauche en commandant simplement une différence de vitesse entre les deux pompes 60a et 60b.

Bien que les exemples ci-dessus se rapportent avant tout à des applications utilisant un fluide liquide, une pompe selon l'invention peut aussi être conçue pour travailler avec un fluide gazeux, en particulier comme compresseur ou comme soufflante. Dans ce cas, le conduit central peut avoir un grand diamètre et sa section transversale peut varier progressivement le long du conduit en fonction de la compression imposée au gaz par la configuration particulière des aubes. Dans toutes les applications, un circuit de liquide de refroidissement peut passer par des tuyaux dans l'intervalle entre le boîtier 10 et l'enveloppe intérieure 8 pour aller circuler dans des conduits 50 (fig. 1) entourant les bobines 9.

## Revendications

1. Pompe axiale à grande vitesse à entraînement électrique, comportant .

- un stator (2) pourvu d'une enveloppe étanche (8),
- un rotor (1) disposé à l'intérieur de ladite enveloppe du stator de manière à tourner autour d'un axe de rotation (3), ledit rotor (1) étant pourvu

d'une partie centrale tubulaire (11) qui forme une paroi extérieure (15) d'un conduit central (14) pour le passage d'un flux axial continu d'un fluide et porte des aubes (16) en forme d'hélicoïdes dans ledit conduit, d'aimants coopérant avec des enroulements électriques (33) du stator qui se trouvent à l'intérieur de ladite enveloppe étanche (8),

lesdites aubes étant rattachées à ladite paroi (15) extérieure du conduit central (14) en ne s'étendant pas jusqu'à l'axe de rotation, de sorte que le conduit comporte une zone centrale libre (17) sur toute sa longueur,

caractérisée en ce qu'elle est pourvue de moyens électromagnétiques d'entraînement qui comportent des aimants (24, 25) disposés par paires et répartis autour de ladite partie centrale tubulaire (11), les deux aimants de chaque paire étant séparés en direction axiale par un intervalle (23), les enroulements (33) du stator (2) étant formés par des bobines aplaties (9) disposées en une rangée circulaire dans un plan radial situé dans lesdits intervalles (23) entre les aimants du rotor, de sorte que chaque enroulement est sensiblement perpendiculaire aux

lignes du champ magnétique dans lesdits intervalles, ces moyens d'entraînement comportant en outre des moyens de commande comprenant au moins un capteur de position (35), monté sur le stator et délivrant un signal représentatif de la position angulaire du rotor, et de moyens électroniques de commutation (7, 8) agencés pour enclencher et déclencher individuellement les enroulements (33) du stator en fonction du signal du ou des capteurs de position, en ce que ledit rotor (1) a une longueur (L) qui est plus petite que son diamètre extérieur (D), et en ce que le pas des aubes est plus petit que le diamètre du conduit central.

2. Pompe selon la revendication 1, caractérisée en ce que lesdits aimants du rotor (1) sont des électro-aimants engendrant un champ magnétique sensiblement uniforme dirigé d'un électro-aimant vers l'autre.

3. Pompe selon la revendication 1, caractérisée en ce que chacune desdites bobines (9) du stator est entourée d'un conduit périphérique (50) où circule un fluide de refroidissement.

4. Bateau à propulsion par des pompes selon l'une des revendications 1 à 3, comportant au moins deux conduits de propulsion (62a, 62b) disposés sensiblement longitudinalement à l'intérieur du bateau (61) et traversant chacun l'une desdites pompes (60a, 60b), chaque conduit ayant une entrée à l'avant du bateau et une sortie dirigée longitudinalement à l'arrière du bateau, caractérisé en ce que l'entrée (63a, 63b) et la sortie (64a, 64b) de chacun des deux conduits de propulsion sont situées respectivement d'un côté et de l'autre d'un axe longitudinal central (65) du bateau.

## Patentansprüche

1. Elektrisch betriebene Hochgeschwindigkeitsaxialpumpe, die folgendes aufweist:

- einen mit einem dichten Gehäuse (8) versehenen Stator (2),
- einen Rotor (1), der im Inneren des Statorgehäuses so angeordnet ist, daß er um eine Rotationsachse (3) drehbar ist, wobei der Rotor (1) mit folgendem ausgestattet ist:

einem zentralen rohrförmigen Teil (11), der eine Außenwand (15) eines zentralen Kanals (14) für den Durchgang eines ständigen axialen Flüssigkeitsstromes bildet, und der in diesem Kanal schraubenflächenförmige Schaufeln (16) trägt, und Magneten, die mit elektrischen Wick-

lungen (33) des Stators zusammenarbeiten, die sich im Inneren des dichten Gehäuses (8) befinden,

wobei die Schaufeln an der Außenwand (15) des zentralen Kanals (14) befestigt sind und sich nicht bis zur Rotationsachse hin erstrecken, so daß der Kanal einen freien zentralen Bereich (17) auf seiner ganzen Länge aufweist,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

sie mit elektromagnetischen Antriebseinrichtungen versehen ist, die paarweise angeordnete und um den zentralen rohrförmigen Teil (11) verteilte Magnete (24,25) aufweisen, wobei zwei Magnete jedes Paares in axialer Richtung durch einen Zwischenraum (23) getrennt sind, die Wicklungen (33) des Stators (2) durch flache Spulen (9) gebildet sind, die in kreisförmiger Reihenfolge auf einer radialen Ebene liegen, die in den Zwischenräumen (23) zwischen den Magneten des Rotors liegt, so daß jede Wicklung etwa rechtwinklig zu den magnetischen Feldlinien in den Zwischenräumen liegt, wobei die Antriebseinrichtungen außerdem Steuereinrichtungen aufweisen, mit mindestens einem Lage-sensor (35), der auf dem Stator befestigt ist und der ein charakteristisches Signal über die Winkellage des Rotors liefert und des weiteren elektronische Einrichtungen für die Stromumschaltung (28), die dazu dienen, individuell die Statorwicklungen (33) in Abhängigkeit des Signals des oder der Lagesensoren ein- und auszukoppeln, daß der Rotor (1) eine Länge (L) hat, die kleiner als sein äußerer Durchmesser (D) ist, und daß die Steigung der Schaufeln kleiner ist als der zentrale Kanal.

**2. Pumpe nach Anspruch 1,**

**dadurch gekennzeichnet, daß**

die Magnete des Rotors (1) elektromagnetisch sind, und ein etwa gleichförmiges, von einem Elektromagnet zum anderen gerichtetes magnetisches Feld erzeugen.

**3. Pumpe nach Anspruch 1,**

**dadurch gekennzeichnet, daß**

jede der Wicklungen (9) des Stators von einem peripheren Kanal (50) umgeben ist, in dem eine Kühlflüssigkeit zirkuliert.

**4. Boot mit Antrieb bzw. Vortrieb durch Pumpen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit mindestens zwei Vortriebskanälen (62a,62b), die etwa in Längsrichtung im Bootsinneren (61) angeordnet sind, wovon jeder durch eine der Pumpen (60a,60b) verläuft, wobei jeder Kanal einen Eintritt am Bootsvorderteil und einen in Längsrichtung verlaufenden Austritt am Bootshinterteil hat,**

**dadurch gekennzeichnet, daß**

der Eintritt (63a,63b) und der Austritt (64a,64b) von jedem der zwei Vortriebskanäle jeweils beiderseits einer Mittellängsachse (65) des Bootes liegen.

## Claims

**1. High speed electrically driven axial-flow pump comprising**

- a stator (2) with a sealed casing (8),
- a rotor (1) located inside said stator casing so that it can rotate on an axis of rotation (3), said rotor (1) being provided with

a tubular central portion (11) forming an exterior wall (15) of a central channel (14) for the continuous axial flow of a liquid, with blades (16) having the shape of helicoids in said channel, magnets co-operating with electrical coils (33) on the stator which are inside said sealed casing (8),

said blades (16) being attached to said exterior wall (15) of the central channel (14) and do not extending as far as the axis of rotation, so that the channel has a free central area (17) along its entire length, characterized in that it is provided with electromagnetic drive means comprising magnets (24, 25) arranged in pairs and distributed around said tubular central portion (11), the two magnets of each pair being axially separated by an interval (23), the coils (33) on the stator (2) being formed of flattened coils (9) arranged in a circle in a radial plane within said spaces (23) between the rotor magnets, so that each coil is substantially perpendicular to the lines of the magnetic field in these intervals, these drive means further comprising control means consisting of at least one position sensor (35) attached to the stator and delivering a signal showing the angular position of the rotor, and electronic switching means (28) designed to individually actuate and deactuate the stator coils (33) depending upon the signal from the position sensor or sensors, in that said rotor (1) is longer in length (L) than its exterior diameter (D), and in that the blade sweep is smaller than the diameter of the central channel.

**2. A pump according to claim 1, characterized in that said magnets of the rotor (1) are electromagnets which emit a substantially uniform magnetic field directed from one electromagnet to the other.**

**3. A pump according to claim 1, characterized in that each of said stator coils (9) is surrounded by a peripheral channel (50) for circulating cooling fluid.**

4. A boat driven by pumps according to one of claims 1 to 3, comprising at least two propulsion channels (62a, 62b) substantially longitudinally disposed inside the boat (61) and each traversing one of said pumps (60a, 60b), each channel having an inlet at the front of the boat and a longitudinally directed outlet at the rear of the boat, characterized in that the inlet (63a, 63b) and the outlet (64a, 64b) of each of the two propulsion channels are situated on opposite sides of a longitudinal central axis (65) of the boat, respectively.

15

20

25

30

35

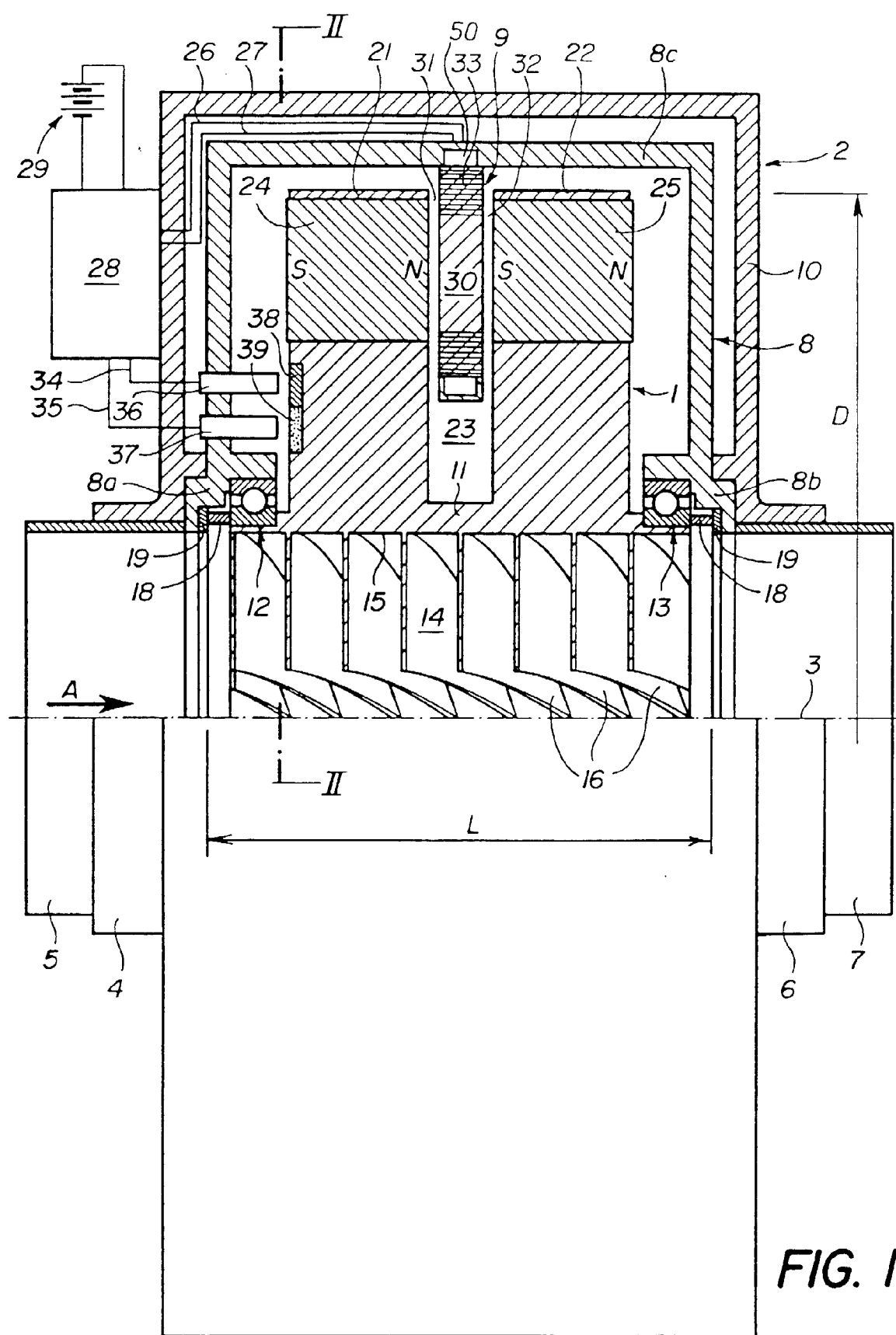
40

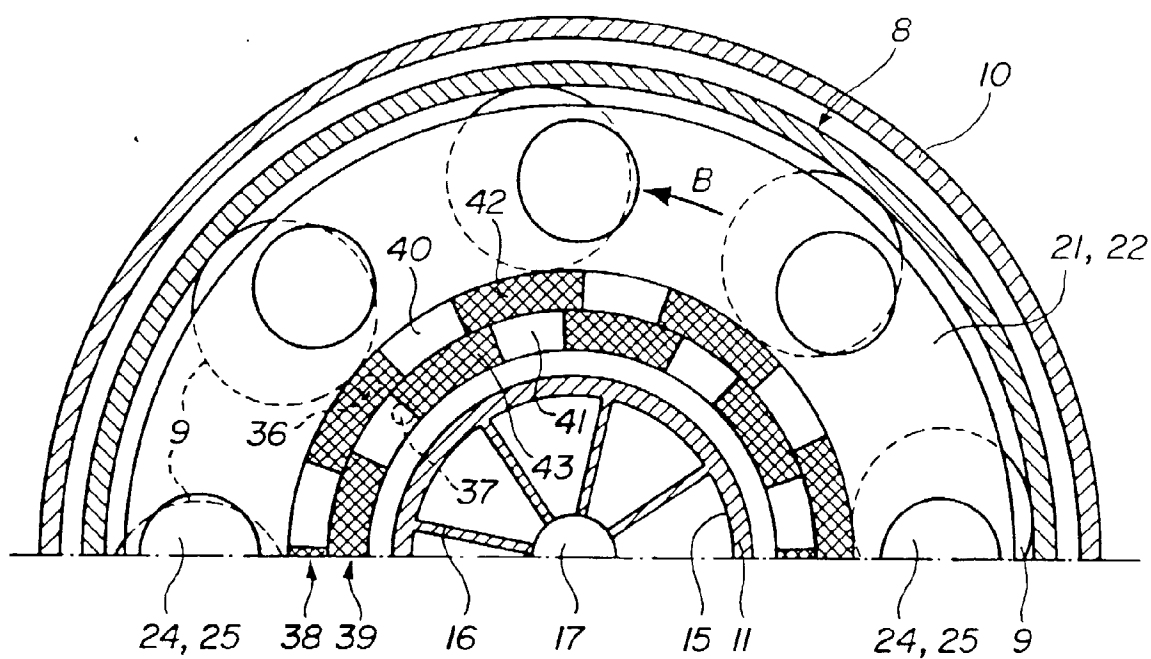
45

50

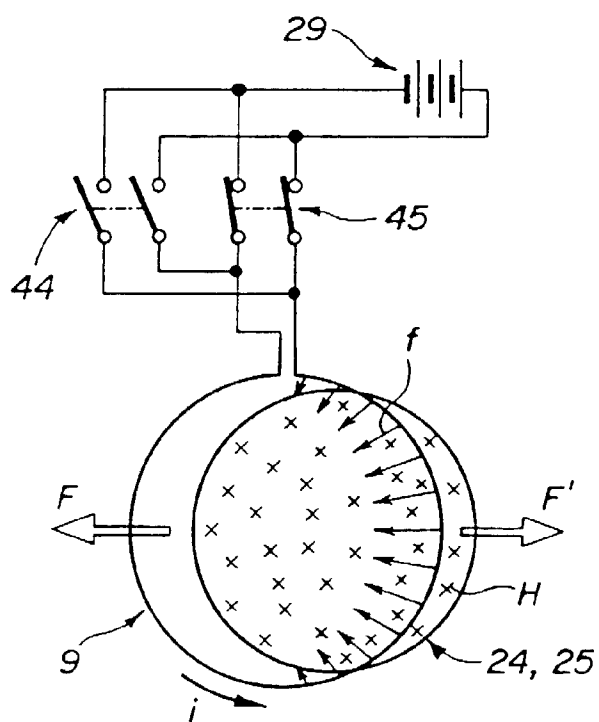
55



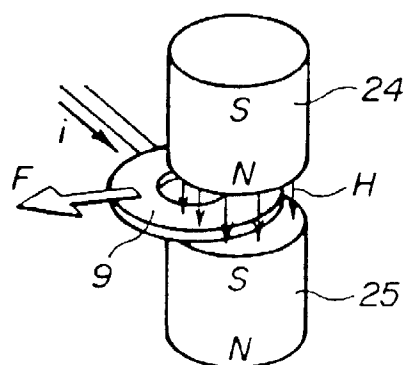




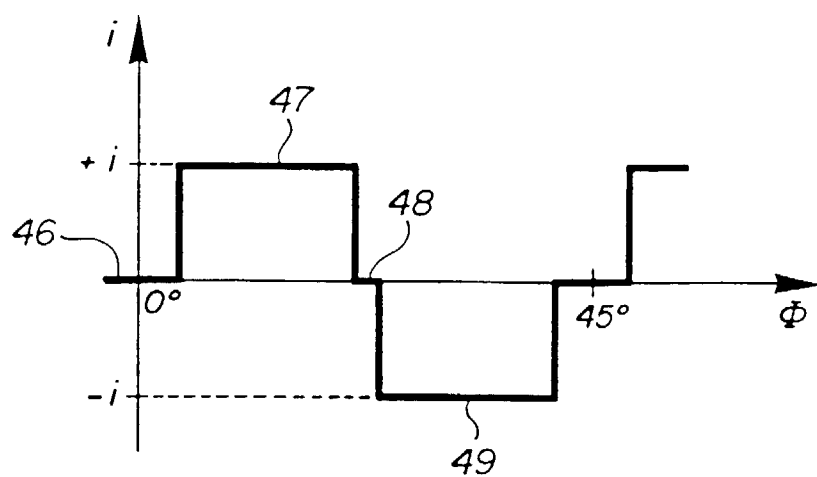
**FIG. 2**



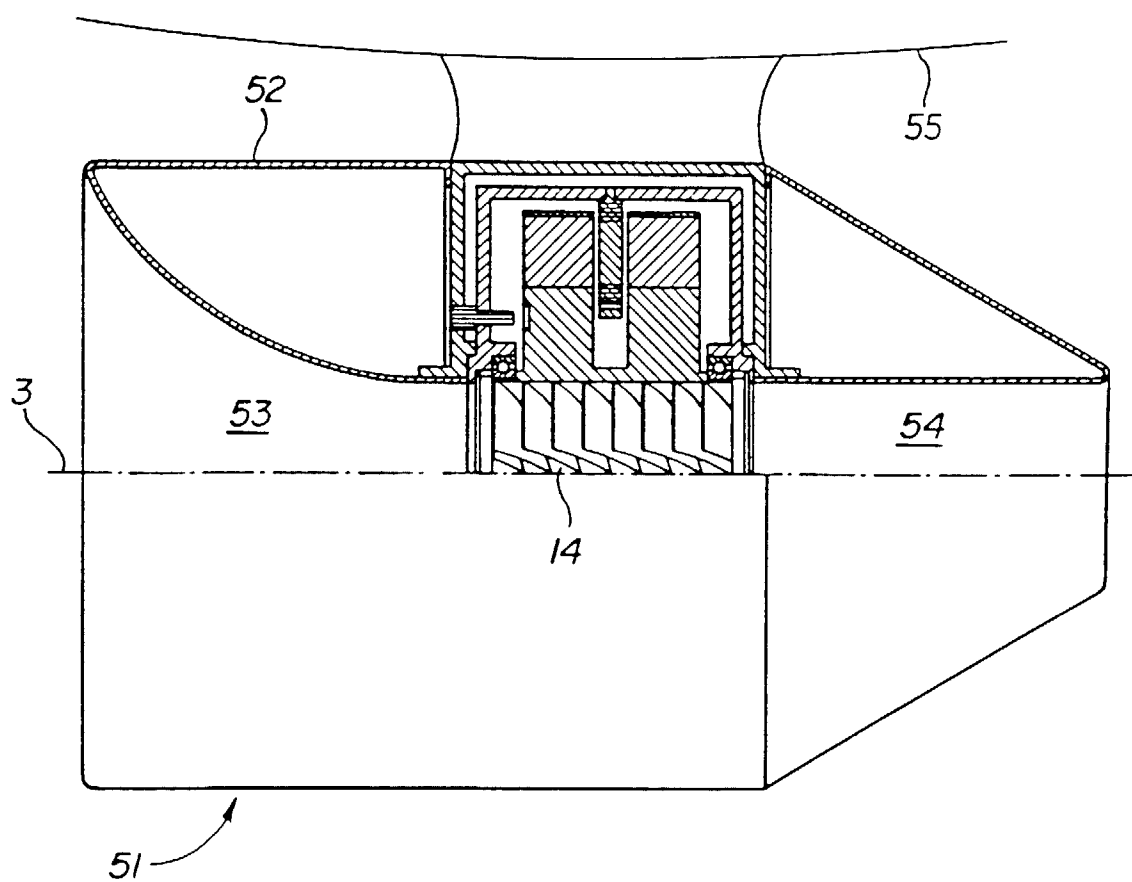
**FIG. 4**



**FIG. 3**



**FIG. 5**



**FIG. 6**

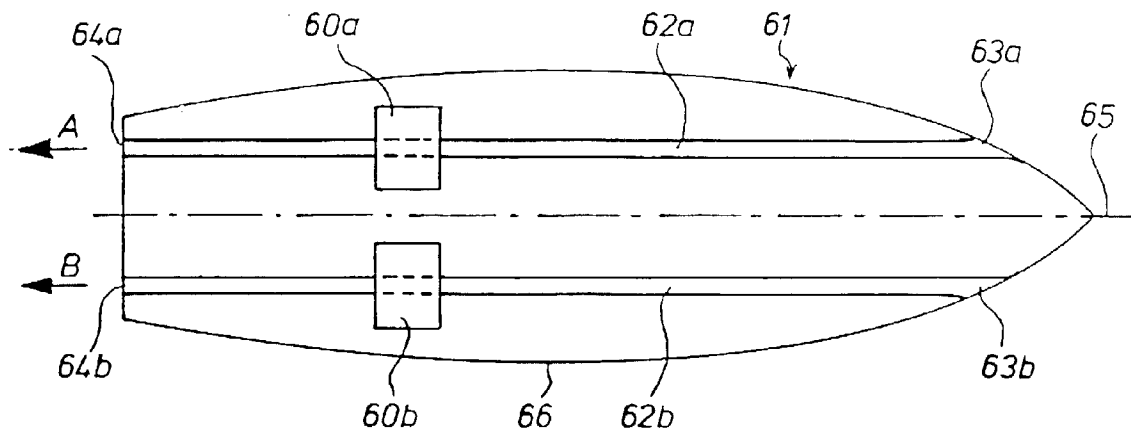


FIG. 7

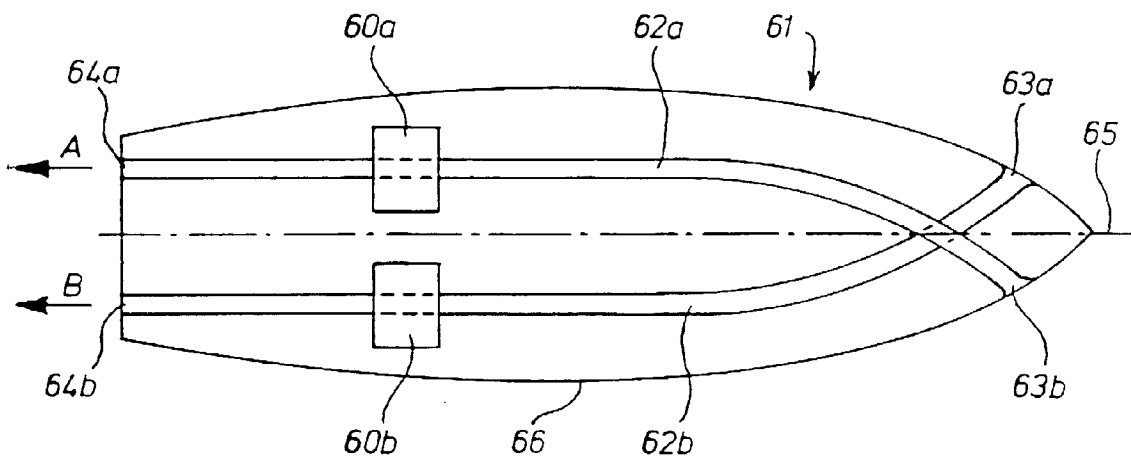


FIG. 8