



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

① CH 688 105 A5

⑤ Int. Cl.⁶: F 04 D 013/06
F 04 D 025/06

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑲ Numéro de la demande: 00304/93

⑳ Date de dépôt: 03.02.1993

㉑ Brevet délivré le: 15.05.1997

㉒ Fascicule du brevet
publiée le: 15.05.1997

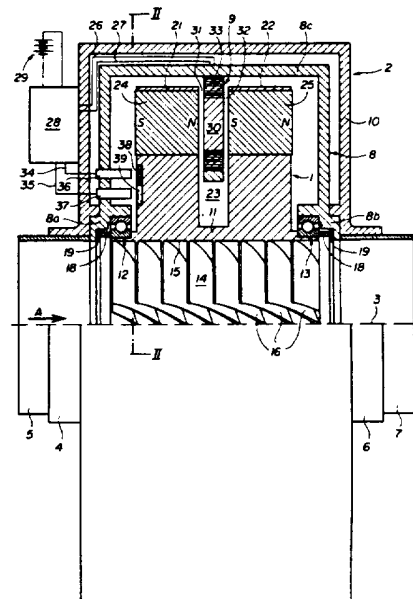
㉓ Titulaire(s):
José Murga, 9, chemin des Rouillères,
2000 Neuchâtel (CH)

㉔ Inventeur(s):
Murga, José, Neuchâtel (CH)

㉕ Mandataire:
Cabinet Roland Nithardt Conseils
en Propriété Industrielle S.A.,
Y-PARC Chemin de la Sallaz Case postale 3347,
1400 Yverdon (CH)

⑤④ Ensemble pompe ou turbine à flux axial et machine électrique.

⑤⑦ L'ensemble comprend une pompe ou une turbine à flux axial, combinée à une machine électrique. Le rotor (1) et le stator (2) sont communs à la machine électrique et à la pompe ou turbine. Ils comportent une partie centrale tubulaire (11) définissant un conduit central (14) dont la paroi (15) est pourvue d'aubes (16). De préférence ces aubes ne s'étendent pas jusqu'à l'axe du conduit, de sorte qu'il subsiste une zone centrale libre le long de cet axe (3). La partie extérieure du rotor (1) porte des paires d'aimants permanents (24, 25) entre lesquels se trouvent des bobines (9) du stator. Les bobines sont enclenchées et déclenchées par un dispositif électronique de commutation (28) commandé par des capteurs (36, 37) qui détectent des marques sur le rotor. Un tel ensemble est utilisable comme pompe ou comme turbine à flux axial et pour la propulsion de véhicules, notamment des sous-marins.



Description

La présente invention concerne un ensemble comprenant une pompe ou turbine à flux axial et une machine électrique comportant un stator pourvu d'aubes et disposé à l'intérieur de ladite enveloppe du stator de manière à tourner autour d'un axe de rotation, et des moyens électromagnétiques agencés pour transmettre un couple entre le stator et le rotor.

L'objet de la présente invention fait partie de la catégorie des ensembles moteurs ou générateurs à déplacement axial non positif d'un fluide compressible ou non, ayant un rotor combiné à une machine électrique qui l'entraîne en rotation pour transformer de l'énergie électrique en énergie du fluide (fonctionnement en pompe, en ventilateur, en propulseur etc.) ou qui sert de génératrice pour transformer de l'énergie du fluide en énergie électrique (fonctionnement en turbine).

Habituellement, la pompe ou la turbine est distincte de la machine électrique à laquelle 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 machines 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, la machine électrique peut être disposée 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, en outre, 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, exigeant de renforcer les supports de l'arbre et, par conséquent, d'augmenter encore les pertes de charge dans le fluide.

La présente invention a pour but de combiner une pompe ou turbine à flux axial avec une machine électrique motrice ou génératrice de façon à éviter les inconvénients susmentionnés, en particulier de façon à assurer un écoulement du fluide aussi rectiligne que possible et ne rencontrant pas d'obstacles.

Dans ce but, l'invention concerne un ensemble du genre indiqué plus haut, caractérisé en ce que le rotor comporte une partie centrale tubulaire formant une paroi extérieure d'un conduit central pour le passage d'un flux axial continu d'un fluide et portant les aubes dans ledit conduit, et en ce que lesdits moyens électromagnétiques comportent, sur le rotor, des aimants répartis autour de ladite partie centrale tubulaire et coopérant avec des enroulements électriques du stator qui se trouvent à l'intérieur de ladite enveloppe étanche.

Ainsi, un ensemble selon l'invention est dépourvu d'arbre central, grâce à un rotor creux que le flux de fluide peut traverser en ligne droite, sans autre déviation que celle que les aubes peuvent lui imposer. En outre, ce rotor creux se trouve au centre de la machine électrique, à l'intérieur d'une enveloppe étanche commune qui peut être raccordée directement à un conduit d'amenée et à un conduit d'évacuation du fluide. 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 long.

Dans une forme de réalisation avantageuse, le conduit central est sensiblement cylindrique. De préférence, les aubes sont en forme d'hélicoïdes équidistantes angulairement.

Dans un aspect particulièrement avantageux de l'invention, les aubes sont proéminentes sur ladite paroi extérieure du conduit central et ne s'étendent pas jusqu'à l'axe de rotation, de sorte que le conduit comporte une zone centrale libre sur toute sa longueur.

De préférence, les moyens électromagnétiques sont pourvus de moyens de commande comprenant au moins un capteur de position, monté sur le stator et délivrant un signal représentatif de la position angulaire du rotor, et des moyens électroniques de commutation agencés pour enclencher et déclencher individuellement les enroulements du stator en fonction du signal du capteur de position. De la sorte, l'ensemble peut être alimenté en tension continue ou fournir une tension quasi continue, et aucune commutation n'est nécessaire sur le rotor.

Dans une forme de réalisation préférée de l'ensemble, lesdits aimants du rotor 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 disposés en une rangée circulaire suivant un plan radial qui passe dans lesdits intervalles des aimants du rotor, de sorte que chaque enroulement est sensiblement perpendiculaire aux lignes du champ magnétique dans lesdits intervalles. Les aimants du rotor sont de préférence des aimants permanents, notamment dans un ensemble de petite taille, mais on peut aussi prévoir qu'il s'agit d'électro-aimants.

Chaque enroulement du stator peut être formé par une bobine de forme aplatée. Le nombre de bobines peut être égal au nombre de paires d'aimants. Toutefois, le nombre de bobines peut aussi être supérieur ou inférieur d'une unité au nombre de paires d'aimants, ce qui assure une bonne uniformité du couple sur un tour du rotor.

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 fig. 1 est une vue schématique en coupe lon-

gitudinale partielle d'une pompe axiale selon l'invention, destinée au pompage d'un liquide,

la fig. 2 est une vue en coupe suivant la ligne II-II de la fig. 1,

la fig. 3 est une vue schématique en perspective illustrant le mode d'action du moteur électrique de la pompe,

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

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

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

La pompe représentée aux fig. 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 l'ensemble, 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. 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 fig. 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 bobine 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 fig. 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 blan-

che 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 est représenté schématiquement en fig. 4 par les deux interrupteurs doubles 44 et 45 qui sont fermés respectivement par les signaux hauts des capteurs 36 et 37.

Le principe de fonctionnement du moteur électrique est illustré par les fig. 3 à 5. La fig. 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 fig. 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 ϕ du rotor comme le montre la fig. 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 ϕ de 45° , représentant 360° 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 fig. 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 fig. 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 fig. 5, avec les décalages angulaires appropriés pour chaque bobine.

Par ailleurs, un homme du métier comprendra qu'un ensemble agencé 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.

Un ensemble selon l'invention est utilisable d'une manière générale dans tous les cas d'application des pompes et turbines axiales et centrifuges, aussi bien avec des liquides qu'avec des gaz. Il est particulièrement avantageux 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 fig. 6 montre la disposition d'une pompe selon les fig. 1 et 2 dans un corps tubulaire fuselé 51 destiné à être fixé extérieurement sur la carène 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 trom-

pette 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.

Bien que les exemples ci-dessus se rapportent avant tout à des applications utilisant un fluide liquide, un ensemble selon l'invention peut aussi être conçu 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. Un circuit de liquide de refroidissement peut passer par des tuyaux dans l'intervalle entre le boîtier 10 et l'enveloppe intérieure 8 pour atteindre des conduits (non représentés) entourant les bobines 9.

Revendications

1. Ensemble comprenant en combinaison une pompe ou turbine à flux axial et une machine électrique, comportant un stator (2) pourvu d'une enveloppe étanche (8), un rotor (1) pourvu d'aubes (16) et disposé à l'intérieur de ladite enveloppe du stator de manière à tourner autour d'un axe de rotation (3), et des moyens électromagnétiques agencés pour transmettre un couple entre le stator et le rotor, caractérisé en ce que le rotor (1) comporte une partie centrale tubulaire (11) formant une paroi extérieure (15) d'un conduit central (14) pour le passage d'un flux axial continu d'un fluide et portant les aubes (16) dans ledit conduit, et en ce que lesdits moyens électromagnétiques comportent, sur le rotor, des aimants (24, 25) répartis autour de ladite partie centrale tubulaire (11) et coopérant avec des enroulements électriques (9, 33) du stator qui se trouvent à l'intérieur de ladite enveloppe étanche (8).

2. Ensemble selon la revendication 1, caractérisé en ce que le conduit central (14) est sensiblement cylindrique.

3. Ensemble selon la revendication 1, caractérisé en ce que les aubes (16) sont en forme d'hélicoïdes équidistantes angulairement.

4. Ensemble selon la revendication 1, caractérisé en ce que les aubes (16) sont proéminentes sur ladite paroi (15) extérieure du conduit central (14) et ne s'étendent pas jusqu'à l'axe de rotation, de sorte que le conduit comporte une zone centrale libre (17) sur toute sa longueur.

5. Ensemble selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens électromagnétiques sont pourvus de 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 des moyens électroniques de commutation (28) agencés pour enclencher et déclencher individuellement les enroulements (9, 33) du stator en fonction du signal du ou des capteurs de position.

6. Ensemble selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que lesdits aimants du rotor sont disposés par paires, les deux aimants de chaque paire étant séparés en direction axiale par un

intervalle (23) dans lequel ces aimants engendrent un champ magnétique sensiblement uniforme dirigé d'un aimant vers l'autre, et en ce que les enroulements (9, 33) du stator sont disposés en une rangée circulaire suivant un plan radial qui passe dans lesdits intervalles (23) des aimants du rotor, de sorte que chaque enroulement est sensiblement perpendiculaire aux lignes du champ magnétique dans lesdits intervalles.

7. Ensemble selon la revendication 6, caractérisé en ce que les aimants du rotor sont des aimants permanents (24, 25).

8. Ensemble selon la revendication 6, caractérisé en ce que les aimants du rotor sont des électroaimants.

9. Ensemble selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque enroulement du stator est formé par une bobine (9) de forme aplatie.

10. Ensemble selon la revendication 9, caractérisé en ce que le nombre de bobines (9) est égal au nombre de paires d'aimants.

11. Ensemble selon la revendication 9, caractérisé en ce que le nombre de bobines (9) est supérieur ou inférieur d'une unité au nombre de paires d'aimants.

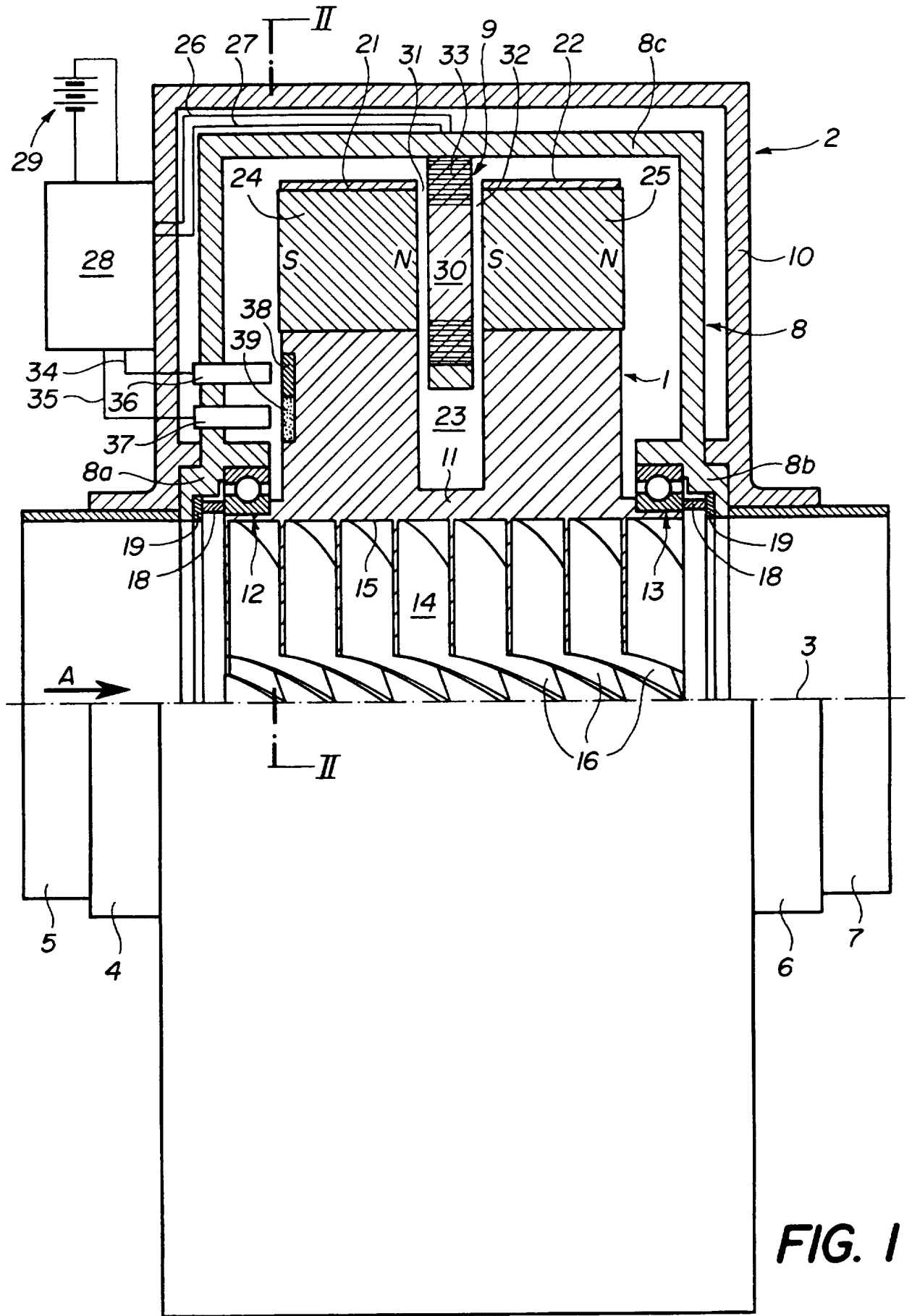


FIG. 1

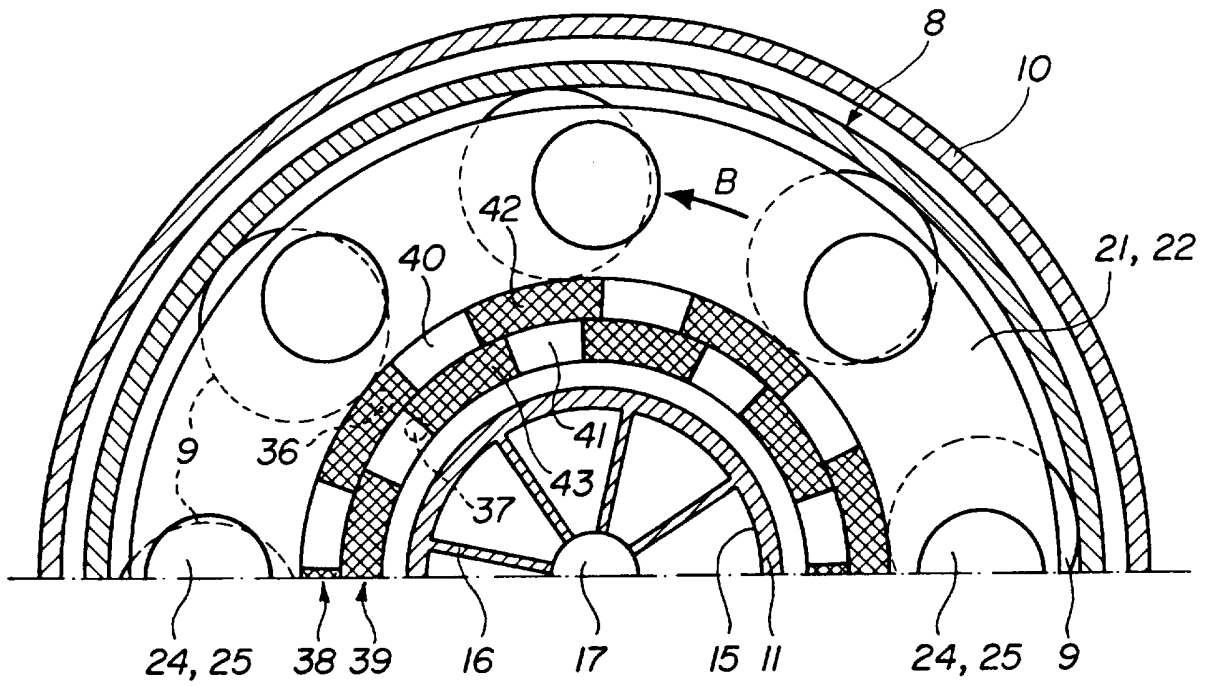


FIG. 2

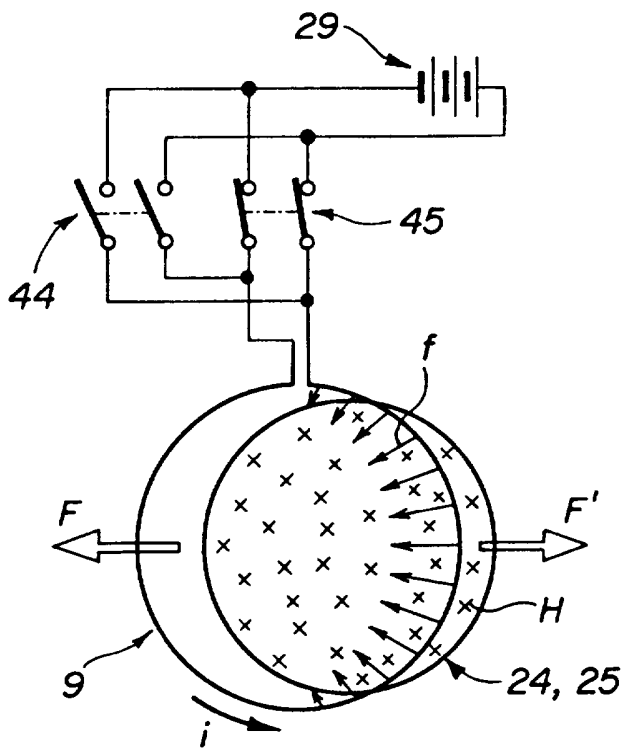


FIG. 4

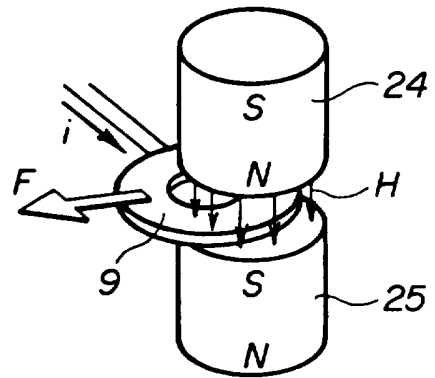


FIG. 3

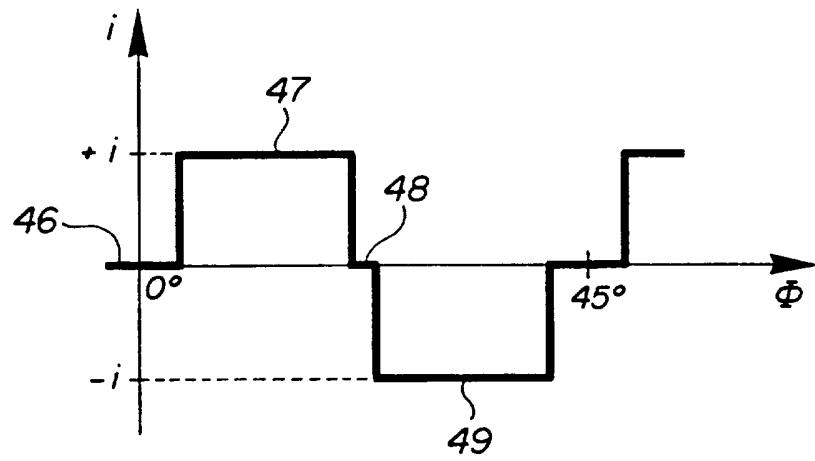


FIG. 5

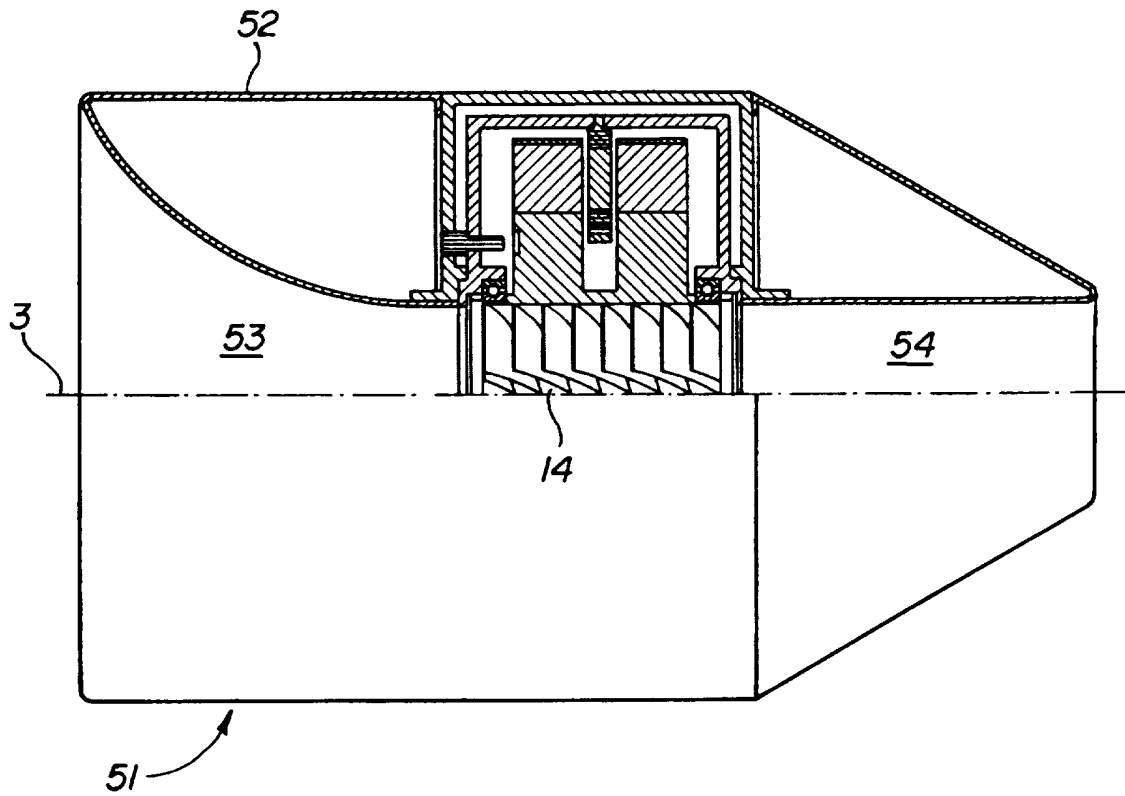


FIG. 6