

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑪

**N° 81 16539**

---

⑤4 Moteur électrique dont le stator comporte des pièces polaires agencées de façon à empêcher le décalage des lignes de force du flux magnétique.

⑤1 Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). H 02 K 23/04, 1/14, 15/02.

②2 Date de dépôt..... 31 août 1981.

③3 ③2 ③1 Priorité revendiquée : *EUA, 2 septembre 1980, n° 183 034.*

④1 Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 5-3-1982.

---

⑦1 Déposant : Société dite : KOLLMORGEN TECHNOLOGIES CORPORATION, société enregistrée conformément aux lois de l'Etat du Texas, résidant aux EUA.

⑦2 Invention de : Burley C. Semones et Gerald W. Brown.

⑦3 Titulaire : *Idem* ⑦1

⑦4 Mandataire : Cabinet Armengaud Jeune, Casanova, Akerman, Lepeudry,  
23, bd de Strasbourg, 75010 Paris.

La présente invention concerne les moteurs électriques et, plus particulièrement, un moteur électrique dont le stator est conçu de façon qu'il y ait évacuation de chaleur suivant la direction axiale et restriction  
5 du déplacement circonférentiel subi par le flux magnétique pendant la rotation du rotor.

On réalise les moteurs électriques avec des configurations très diverses destinées à les adapter aux nombreuses conditions d'utilisation. Dans un modèle de  
10 moteur à champ permanent appliqué par les aimants de stator, des aimants permanents, par exemple en une ferrite, sont disposés autour d'une pièce polaire pour établir un champ magnétique intense. Pour faire en sorte qu'une proportion maximale du flux des aimants permanents traverse  
15 le rotor, on peut former le stator de pièces polaires dont chacune est longée sur trois de ses côtés par des aimants en ferrite, son quatrième côté étant incurvé pour épouser le rotor. Une difficulté découle de ce que, sous sa forme céramique ou vitreuse, la ferrite est peu conduc-  
20 trice de la chaleur de sorte que la chaleur dégagée dans le moteur ne dispose pas d'un trajet direct pour se propager radialement vers le carter extérieur du moteur, cette absence de trajet direct limitant la charge thermique maximale admissible et faisant en outre courir des  
25 risques au moteur lors d'une brève hausse excessive de température.

Une autre difficulté liée au champ intense établi par les aimants en ferrite dans l'agencement considéré réside en ce que la direction du champ magnétique  
30 est instable du fait qu'elle dépend de la structure physique tant du rotor que du stator. Les positions géométriques relatives des éléments constitutifs du rotor et du stator se modifient pendant que le rotor tourne par rapport au stator, ce qui a pour effet de décaler périodique-  
35 ment les lignes de force par rapport à leurs directions et à leur emplacements préférentiels au sein de chacune des pièces polaires. Il en résulte pour le moteur une diminution

du couple et une réduction de rendement par rapport à ceux que l'on pourrait obtenir si les lignes de force conservaient leurs directions et leurs emplacements.

On surmonte ces difficultés, tout en obtenant  
5 d'autres avantages, grâce à un moteur électrique réalisé selon la présente invention, en introduisant un trajet à forte réluctance dans chacune des pièces polaires de stator. Pour établir ce trajet, on retire dans une pièce polaire de la matière aimantable et en y mélangeant un évidement,  
10 puis on introduit dans cet évidement de la pièce polaire un tampon en matière non magnétique ou à perméabilité magnétique faible. Le tampon s'étend transversalement au champ magnétique. En outre, la matière constitutive du tampon a une conductibilité thermique supérieure à celle de la ma-  
15 tière formant la pièce polaire afin de prélever sur celle-ci de la chaleur, notamment chaleur engendrée au sein du rotor et rayonnée par celui-ci dans le stator. Le tampon peut présenter une surface extérieure cylindrique ; suivant un mode de réalisation préféré, sa section droite présente des cô-  
20 tés divergeant à partir d'un sommet voisin du rotor. Les côtés divergeant du tampon suivent d'une manière générale les lignes de flux existant quand le moteur fonctionne en l'absence de charge, ce qui, suivant un mode de réalisation préféré de l'invention, confère à la section transversale du  
25 tampon une forme en losange. Le tampon est disposé dans la pièce polaire suivant un plan axial qui divise en deux le champ magnétique et contraint ainsi ce champ à demeurer stationnaire au lieu de subir un décalage tangentiel autour du rotor pendant que celui-ci tourne.

30           Attendu que le tampon traverse la pièce polaire, sa surface et celle de l'évidement sont assez proches l'une de l'autre pour qu'il y ait conductibilité thermique entre la pièce polaire et le tampon. La pièce polaire est avantageusement formée d'un empilage de lames, dont chacune est  
35 percée d'un trou par estampage. L'évidement défini par l'ensemble de ces trous s'étend longitudinalement à travers la pièce polaire et la forme de section transversale susin-

diquée. De préférence, on assure un contact thermique intime entre le tampon et la pièce polaire en réalisant le tampon en une matière, telle que l'aluminium, à point de fusion inférieur à celui du fer ou de l'acier doux, matières dans lesquelles une pièce polaire est usuellement réalisée. On façonne le tampon sur place en coulant de l'aluminium en fusion dans l'évidement de la pièce polaire, après quoi l'aluminium se refroidit et se durcit pour former le tampon. Le tampon débordé sur le pourtour des trous des lames d'extrémité de l'empilage de lames de sorte que, lors du refroidissement de l'aluminium, il engendre en se contractant une force de compression qui presse étroitement les lames les unes contre les autres. On meule ensuite les extrémités du tampon de façon qu'elles épousent les parties terminales, ou flasques paliers du carter de moteur, les flasques paliers constituant des refroidisseurs qui prélèvent de la chaleur sur les tampons. Les extrémités du tampon sont juxtaposées, de préférence sous pression, aux flasques paliers pour qu'il y ait conductibilité thermique entre le tampon et les flasques paliers. Ainsi, la chaleur des pièces polaires du stator se propage à travers les tampons jusqu'aux flasques paliers puis se dissipe à partir du moteur par rayonnement, ce qui assure le refroidissement indispensable du moteur.

Un aspect additionnel de l'invention réside dans le fait qu'on utilise un tréteau de montage pour aimanter les éléments en ferrite en les maintenant dans leurs positions respectives autour des pièces polaires. Le tréteau de montage comporte des bobines et un circuit électrique agencé de façon à engendrer des courants intensés dans les bobines afin d'aimanter sur place les éléments en ferrite. Grâce au tréteau de montage, on peut réaliser le stator sans avoir à manipuler les aimants permanents aimantés. On évite ainsi le risque de voir deux de ces aimants endommagés par les grandes forces d'attraction sous l'effet desquelles on a vu des aimants s'écraser l'un contre l'autre et voler en éclats.

On va maintenant décrire en détail les aspects précités de l'invention, ainsi que d'autres, en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

la figure 1 est une vue en perspective stylisée d'un moteur électrique réalisé selon l'invention, avec arrachement partiel d'un flasque palier du moteur permettant de voir une partie du stator ;

la figure 2 est une vue en bout du moteur selon la figure 1, avec suppression des flasques paliers, montrant les composants du stator placés autour du rotor ;

la figure 3 est une vue en coupe du moteur suivant la ligne 3-3 de la figure 2, indiquant en traits mixtes les flasques paliers et les balais du moteur ;

les figures 4, 5 et 6 représentent chacune un empilage de pièce polaire disposé le long du rotor, pour expliquer l'effet exercé par le trajet à forte réluctance sur la direction et l'emplacement des lignes de force du champ magnétique, la figure 4 montrant un tracé des lignes de force du champ établi en l'absence de charge et qui est symétrique avec ou sans le trajet à haute réluctance, la figure 5 montrant un tracé des lignes de force du champ asymétrique qui apparaît à pleine charge sans le trajet à haute réluctance, et la figure 6 représentant un tracé des lignes de force du champ symétrique qui apparaît à pleine charge en présence du trajet à haute réluctance; et

la figure 7 est une vue schématique d'un tréteau de montage utilisé dans la fabrication des moteurs pour aimanter in situ les éléments en ferrite.

Sur les figures 1, 2 et 3, on voit un moteur 20 réalisé selon l'invention et comportant un bâti périphérique 22 auquel les flasques paliers 26 sont fixés par des écrous 28 et des boulons 30. Les boulons 30 se présentent sous la forme de tirants qui traversent de part en part le moteur 20 pour relier l'un à l'autre les flasques paliers 26 situés aux extrémités

opposées du bâti 22. Le moteur peut être supporté par une console (non représentée) fixée par des vis pénétrant dans des taraudages de l'un des flasques paliers 26. Un arbre de rotor 34 ressort à travers les flasques paliers 26. Un  
5 fragment du flasque palier 26 est arraché sur la figure 1 pour permettre de voir les éléments d'un stator 35, à savoir un aimant latéral 36 supporté entre des pièces polaires voisines 38 du stator 35, et un aimant supérieur 40 fixé au sommet d'une pièce polaire 38. Les pièces polaires  
10 sont réparties autour d'un rotor 44 selon une circonférence.

Lors de l'assemblage du moteur 20, les pièces polaires 38, les aimants supérieurs 40 et les aimants latéraux 36 du stator 35 sont maintenus dans leurs positions respectives par un tréteau de montage (non représenté)  
15 pendant qu'on réunit l'une à l'autre les sections de bâti par des soudures 46. Une tension établie à l'intérieur du bâti 22 maintient étroitement les éléments du stator 35 dans leurs positions respectives. Comme représenté sur la figure 2, des dents 50 saillent vers l'extérieur sur  
20 les côtés des pièces polaires 38 pour définir les positions respectives des aimants latéraux 36. Dans chaque coin de l'agencement selon la figure 2, un passage 51 défini entre deux aimants supérieurs 40 et un aimant latéral 36 ménage assez de place pour laisser passer le tirant 30 de  
25 jonction des flasques paliers 26 selon les figures 1 et 3.

Le rotor 44 est supporté par son arbre 34, dont les extrémités traversent des trous 53 ménagés dans les flasques paliers 26, indiqués en traits mixtes sur la figure 3. Le rotor 44 présente un ensemble circonférentiel  
30 de dents 54 séparées les unes des autres par des canaux 56. Un collecteur 58 est fixé autour de l'arbre de rotor 34. L'excitation électrique des enroulements 60 du rotor 44 est assurée par l'intermédiaire du collecteur 58 et de balais 62, aussi indiqués en traits mixtes. Les enroule-  
35 ments 60 sont logés dans les canaux 56. Les courants qui les traversent induisent un champ magnétique dans les pôles magnétiques du rotor 44 aux emplacements des dents 54.

Selon l'invention, les aimants latéraux 36 et supérieurs 40 sont réalisés en une ferrite ou autre matière facilement aimantable, ces aimants étant placés autour de chacune des pièces polaires 38 de façon à établir un flux magnétique intense qui traverse les pièces polaires respectives 38 et pénètre dans le rotor 44. En outre, un tampon 63 est prévu à l'intérieur de chaque pièce polaire 38 pour en extraire la chaleur qui s'y trouve emprisonnée en raison du pouvoir d'isolation thermique de la ferrite constituant les aimants latéraux 36 et supérieurs 40. Une partie de la chaleur présente dans les pièces polaires 38 provient par rayonnement du rotor 44. Les tampons 63, sont réalisés en une matière non magnétique telle que l'aluminium ayant une faible perméabilité, afin de conférer une haute réluctance au trajet du flux créé par un évidement dans lequel on insère le tampon 23. La matière formant les tampons 63 a une haute conductibilité thermique afin d'éliminer la chaleur.

Sur la figure 4, on voit un empilage de lames 64 d'une pièce polaire 38 présentant un évidement 66 permettant d'introduire un tampon 63 comme cela est représenté sur les figures 2 et 3. L'évidement 66 présente la forme générale d'un losange et il possède un axe principal parallèle à l'axe de rotation du rotor 44. Le sommet de l'évidement 66 situé en haut de la pièce polaire 38 débouche dans la surface de celle-ci afin de mieux définir les trajets du flux magnétique. Les lignes 68 indiquent les trajets du flux apparaissant en présence du trajet à forte réluctance créé par l'évidement 66, en l'absence de charge. Le champ magnétique offre une configuration symétrique. On obtient également un tracé de lignes de force de champ symétrique en l'absence de charge avec une pièce polaire ne comportant pas le trajet à forte réluctance. Par contre, à pleine charge, le trajet à haute réluctance exerce un effet, comme le montrent les figures 5 et 6.

Chaque lame d'empilage 64 est prélevée par poinçonnage dans une plaque de fer doux ou d'acier doux,

ce dernier étant préféré pour la fabrication de moteurs, afin d'offrir un trajet à haute perméabilité magnétique entre le rotor 44 et des sources d'aimantation permanente, à savoir les aimants supérieurs 40 et latéraux 36.

5 Le rotor 44, y compris ses dents 56, est fabriqué en la même matière que la pièce polaire 38 pour guider le flux magnétique des enroulements 60. L'évidement 66, ne contient pas de fer, il établit donc un trajet à haute ré-  
luctance ne comportant qu'une quantité négligeable de li-  
10 gnes de force. Etant donné la faible perméabilité pré-  
citée du tampon en aluminium 63, l'insertion de ce der-  
nier dans l'évidement 66 d'un empilage de lames 64 for-  
mant une pièce polaire 38 ne modifie pas sensiblement  
le trajet de flux magnétique.

15 Les figures 5 et 6 représentent des empilages de lames de pièces polaires disposés le long d'un rotor comme sur la figure 4. La structure physique de l'empila-  
ge de la figure 5 est la même que celle de l'empilage de la figure 4, sauf que l'on a supprimé l'évidement 66  
20 établissant le trajet à haute réluctance pour permettre de comparer les champs magnétiques établis en présence et en l'absence de ce trajet. Sur la figure 6, la structure physique représentée est encore la même que celle de la figure 4. Les figures 5 et 6 représentent les champs magné-  
25 tiques apparaissant à pleine charge. Sur la figure 5, les lignes de flux magnétique 70 sont déviées tangentiellement à la surface du rotor 44 en l'absence du trajet à haute réluctance. Par contre, sur la figure 6, le tracé des li-  
gnes de force du flux magnétique 68 conserve sa symétrie grâ-  
30 ce au trajet à haute réluctance crée par l'évidement 66. Cet évidement empêche les flux émanant des aimants à droite de la pièce polaire 38 de se décaler pour rejoindre les flux émanant des aimants situés à gauche de la pièce po-  
laire 38, et vice versa. Ainsi, le tracé des lignes de  
35 force du flux demeure symétrique pour toutes les positions prises par le rotor 44 par rapport au stator 35.

Le tampon 63, outre qu'il maintient le trajet à haute réluctance précité, joue deux rôles supplémentaires : d'une part, il établit le trajet à conductibilité thermique précité permettant d'évacuer la chaleur qui s'accumule dans la pièce polaire 38 et, d'autre part, il maintient réunies les lames d'empilage 64. Ces deux fonctions additionnelles sont obtenues en façonnant le tampon 63 in situ. Au cas où le tampon 63 est en aluminium, matière à point de fusion inférieur à celui du fer ou de l'acier doux formant les lames de pièce polaire 38, on réalise une pièce polaire 38 en empilant les lames 64 en regard les unes des autres, puis en coulant de l'aluminium en fusion dans leurs évidements respectifs 66. L'aluminium se solidifie ensuite par refroidissement pour former le tampon 63. Comme le montre la figure 3, les extrémités du tampon 63 débordent, pendant la coulée de l'aluminium, sur les bords de l'évidement 66 à chaque extrémité de la pile de lames 64, formant ainsi un renflement 76 à chacune de ces extrémités. Les renflements 76 agrippent les extrémités extérieures de la pile de lames 64 de sorte que, lorsque le tampon 63 se contracte en se refroidissant, les lames 64 sont pressées les unes contre les autres et sont étroitement immobilisées les unes par rapport aux autres. Par coulée d'aluminium dans les évidements 66, on établit un contact thermique intime entre la surface du tampon 63 et les lames individuelles 64 d'une pièce polaire 38 pour canaliser la chaleur à partir de celle-ci. Chacun des flasques paliers 26 sert de refroidisseur. On assure le contact entre un tampon 63 et les deux flasques paliers 26 en usinant les renflements 76 formés aux extrémités opposées du tampon 63 de façon qu'ils arrivent au ras des faces intérieures des flasques paliers 26. De cette façon, des trajets conducteurs de la chaleur s'établissent entre les tampons 63 et chacun des flasques paliers 26. Les tirants 30 et écrous 28 (figure 1) attirent les flasques paliers 26 vers l'intérieur et l'un vers l'autre pour appliquer aux renflements 76 une pression qui assure la conductibilité thermique aux

points de contact de ces derniers avec les flasques paliers 26.

Sur la figure 7, on voit un tréteau de montage 80 comprenant un jeu d'électro-aimants 82 qui sont placés  
5 en regard des aimants supérieurs 40 du stator 35 pendant l'assemblage du moteur 20 selon la figure 2. D'autres électro-aimants 84 sont placés dans la partie centrale du stator 35 en regard des aimants supérieurs 40. Les électro-aimants 82 et 84 sont reliés, par l'intermédiaire  
10 de conducteurs 86 et d'un circuit séquentiel 88, à un circuit de charge 90. Le circuit de charge 90 comprend, par exemple, une batterie de condensateurs de type bien connu (non représentée) dont la décharge produit brusquement un courant important de courte durée dans les  
15 enroulements des électro-aimants 82 et 84 et engendre momentanément un champ magnétique de forte intensité, ce champ étant suffisant pour aimanter la ferrite des aimants supérieurs 40 et latéraux 36. Le circuit séquentiel 88 comporte des commutateurs (non représentés) qui  
20 relie alternativement le circuit de charge 90 aux électro-aimants 82 et aux électro-aimants 84. Ainsi, le circuit de charge 90 sert d'abord à appliquer le champ magnétique aux aimants latéraux 36 et supérieurs 40.

On peut adopter, pour aimanter les aimants  
25 supérieurs 40 et latéraux 36, la séquence suivante : d'abord, par excitation de l'électro-aimant 82, on aimante les aimants supérieurs 40 et latéraux 36. Ensuite, par excitation de l'électro-aimant 84, on assure un appoint d'aimantation des aimants latéraux 36. Eventuellement,  
30 à l'aide des électro-aimants 82 et 84, on aimante les aimants supérieurs 40 et, à un degré moindre, les aimants latéraux 36. En variante, on peut exciter séquentiellement des paires d'électro-aimants 82 et 84 pour rendre maximale l'aimantation des aimants supérieurs 40.

Il va sans dire que la réalisation  
décrite ci-dessus n'est choisie qu'à titre d'exemple  
dépourvu de tout caractère limitatif. L'homme du métier  
pourra donc lui apporter diverses modifications et va-  
5 riantes, sans sortir pour autant du cadre de l'invention.

## R E V E N D I C A T I O N S

1.- Moteur électrique comprenant une structure de stator (35) qui comporte des pièces polaires (38) en matière magnétique et un ou plusieurs aimants permanents en contact avec chaque pièce polaire ainsi qu'une source de lignes de forces magnétiques cette source établissant un champ magnétique qui traverse les pièces polaires et pénétre dans le rotor (44) du moteur, ladite source comportant un ou plusieurs aimants qui entourent au moins partiellement ladite pièce polaire sur au moins trois côtés et ont une conductibilité thermique inférieure à celle de ladite pièce polaire, ce moteur étant caractérisé en ce que les pièces polaires (38) présentent chacune un évidement (66) qui la traverse suivant un axe principal sensiblement parallèle à l'axe de rotation du rotor (44), chaque évidement de pièce polaire étant comblé par un tampon (63) en une matière non magnétique ou à faible perméabilité magnétique, cette matière ayant une conductibilité thermique relativement élevée par rapport à celle de la matière à aimantation permanente, ledit tampon dépassant au-delà de la surface des pièces polaires et étant en contact thermique avec un refroidisseur (26) extérieur aux pièces polaires.

2.- Moteur électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit tampon (63) a une section en forme de losange.

3.- Moteur électrique selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'une diagonale de ladite section est orientée normalement à l'axe de rotation du rotor.

4.- Moteur électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le sommet de ce losange est voisin du rotor et en ce que les côtés du tampon divergent à partir dudit sommet et épousent dans l'ensemble les lignes de force du flux magnétique apparaissant quand le moteur fonctionne en l'absence de charge.

5.- Moteur électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites pièces polaires (38) sont formées d'un empilage de lames (64) orientées transversalement audit tampon (63) et  
5 en ce que le tampon (63) déborde transversalement à l'empilage de lames sur une face extérieure de ce dernier afin d'exercer sur les lames une force de compression qui les maintient empilées.

6.- Moteur électrique selon l'une  
10 quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des tirants (30) appliquant par traction ledit refroidisseur (26) contre ledit tampon.

7.- Moteur électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une pièce  
15 polaire en matière magnétique (38) un refroidisseur (26) et un tampon (63) non magnétique et conducteur de la chaleur qui établit un trajet conducteur de la chaleur entre ladite pièce polaire et ledit refroidisseur, ledit tampon étant placé à l'intérieur de ladite pièce polaire  
20 pour diriger les lignes de forces du flux magnétique qui traversent celle-ci et dépassant à l'extérieur de la pièce polaire suivant une direction transversale audit flux pour entrer en contact avec ledit refroidisseur, caractérisé en ce que les extrémités du tampon (63) sont  
25 meulées pour épouser les parties extrêmes ou flasques paliers (26) du carter de moteur (22), ces flasques paliers servant de refroidisseur pour prélever de la chaleur sur les tampons.

8.- Moteur électrique selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'un sommet de ladite section droite voisin d'une surface intérieure de ladite pièce polaire (38) est arrondi pour diriger lesdites  
30 lignes de forces du flux magnétique.

9.- Moteur électrique selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend des aimants supérieur (40) et latéraux (36) entourant ladite pièce polaire (38) pour lui appliquer un champ magnétique.

10.- Moteur électrique selon la revendication 9, caractérisé en ce que lesdits aimants (40, 36) sont en une ferrite à conductibilité thermique inférieure à celle de ladite pièce polaire (38).

5 11.- Moteur électrique selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend une seconde pièce polaire (38) espacée de la première pièce polaire (38) précitée, ces première et seconde pièces polaires présentant des dents (50) qui saillent dans l'interstice séparant les-  
10 dites pièces polaires pour définir la position d'un aimant (36) entre celles-ci.

12.- Moteur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend d'autres refroidisseurs (26) ces refroidisseurs étant placés sur des extrémités oppo-  
15 sées du stator (35), et des tirants (30) reliant ces refroidisseurs pour les presser contre lesdits tampons non magnétiques.

13.- Moteur électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits aimants comprennent en outre des aimants (36) disposés le long desdites  
20 pièces polaires (38) et en ce que les pièces polaires présentent latéralement des dents (50) saillant vers l'extérieur pour définir les positions de ces aimants.

14.- Procédé permettant de façonner  
25 le stator du moteur électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que : on façonne des lames présentant chacune un trou ; on empile ces lames ; on verse de la matière magnétique non fondue dans l'évidement défini par les trous des lames de l'empilage ; on refroidit l'empilage et la matière en fusion pour  
30 former un tampon dans l'empilage ; et l'on façonne les extrémités du tampon pour leur faire épouser un refroidisseur.

1/5

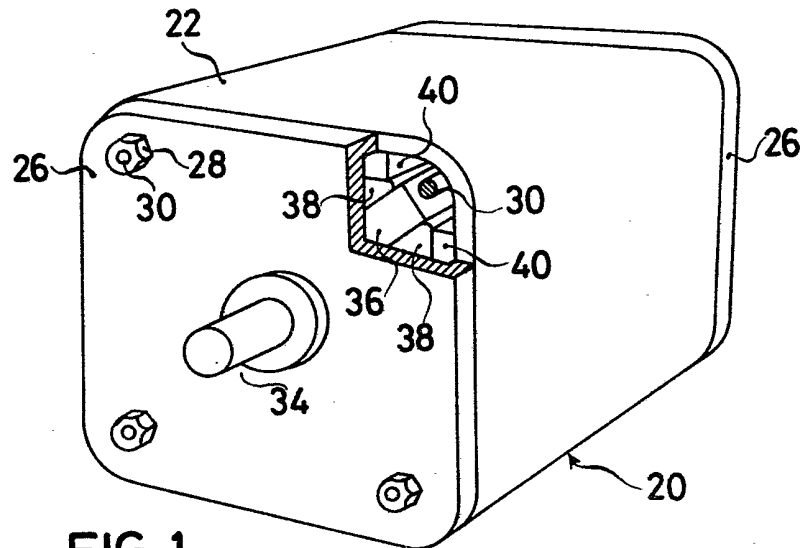


FIG. 1

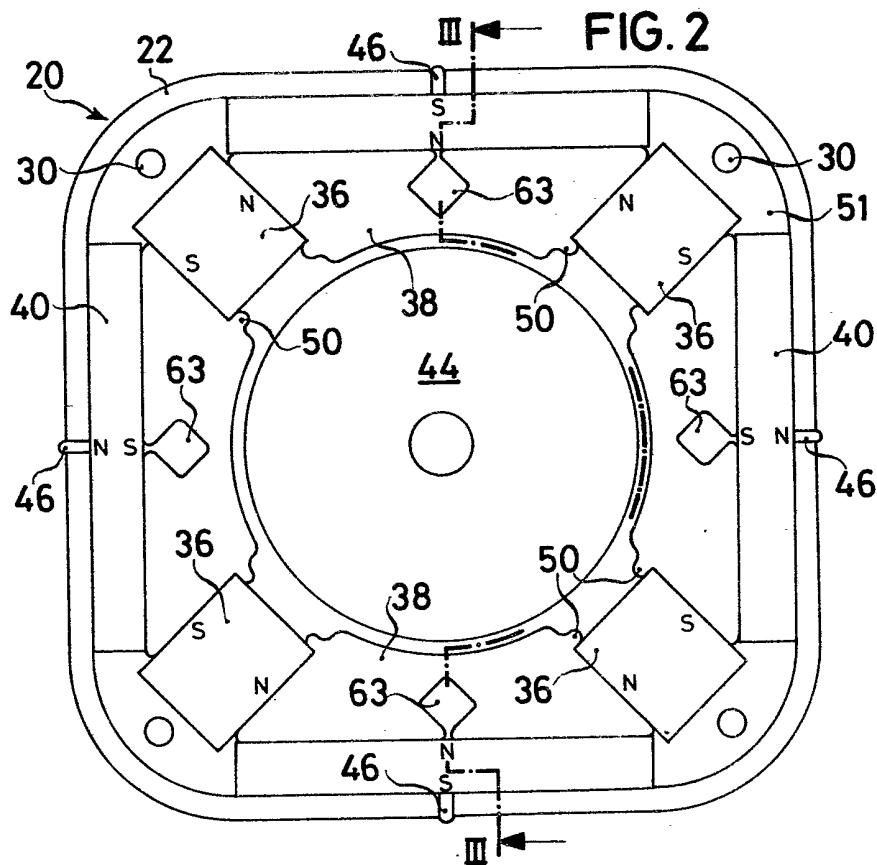


FIG. 2

2/5

FIG. 3

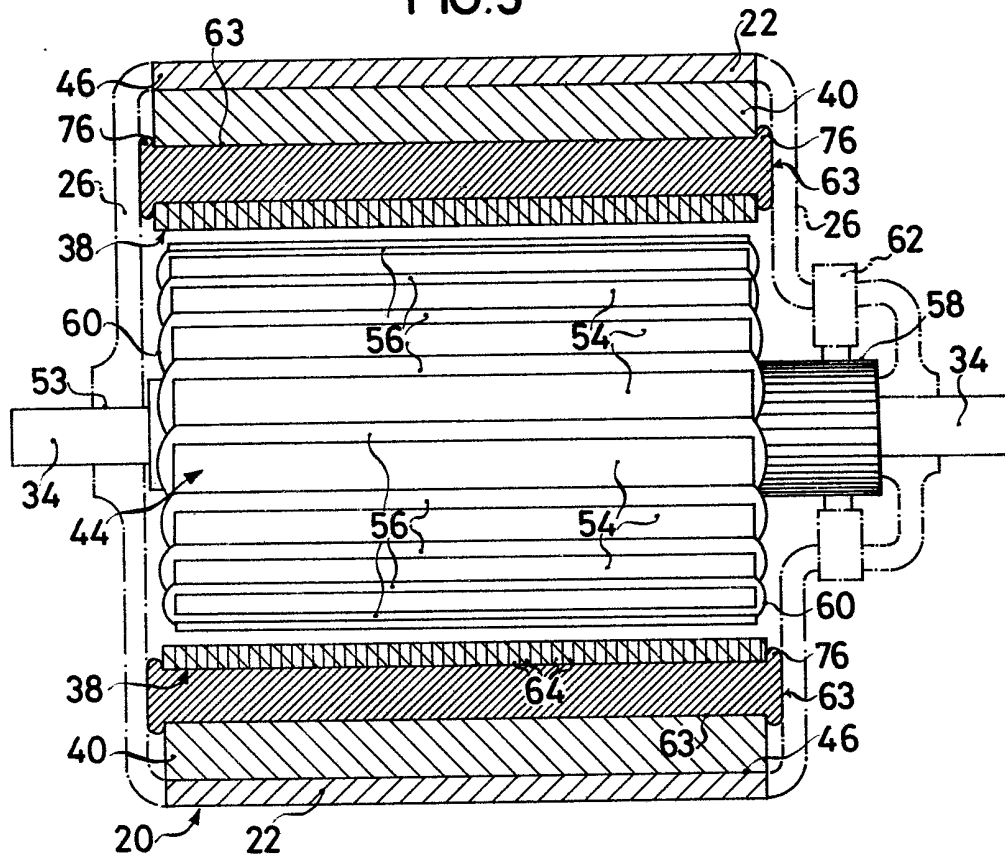
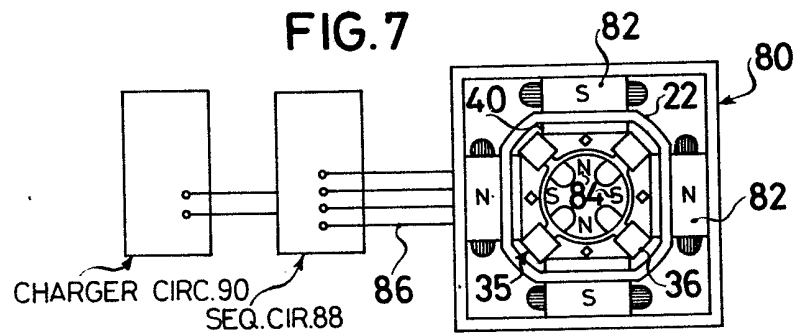
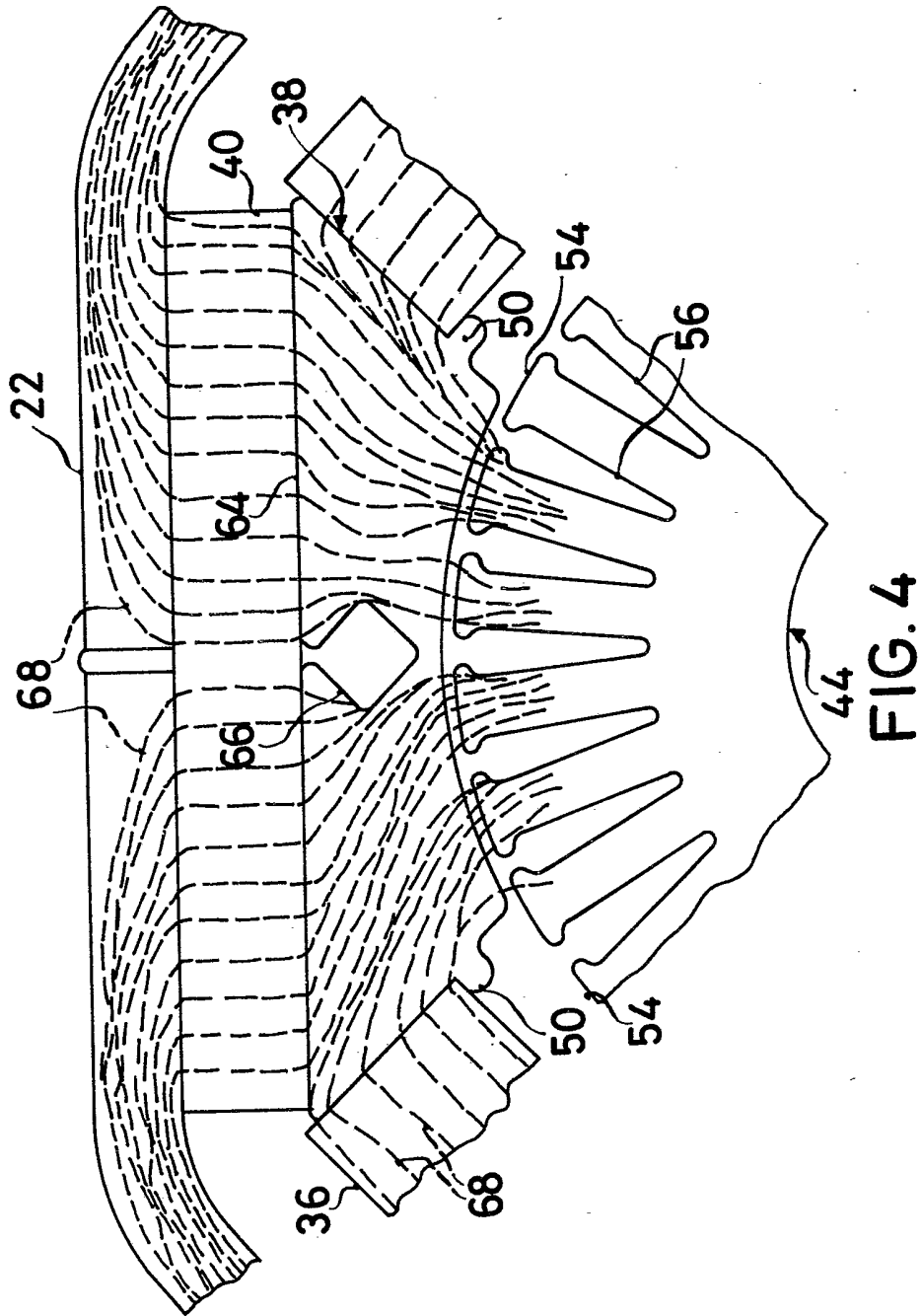


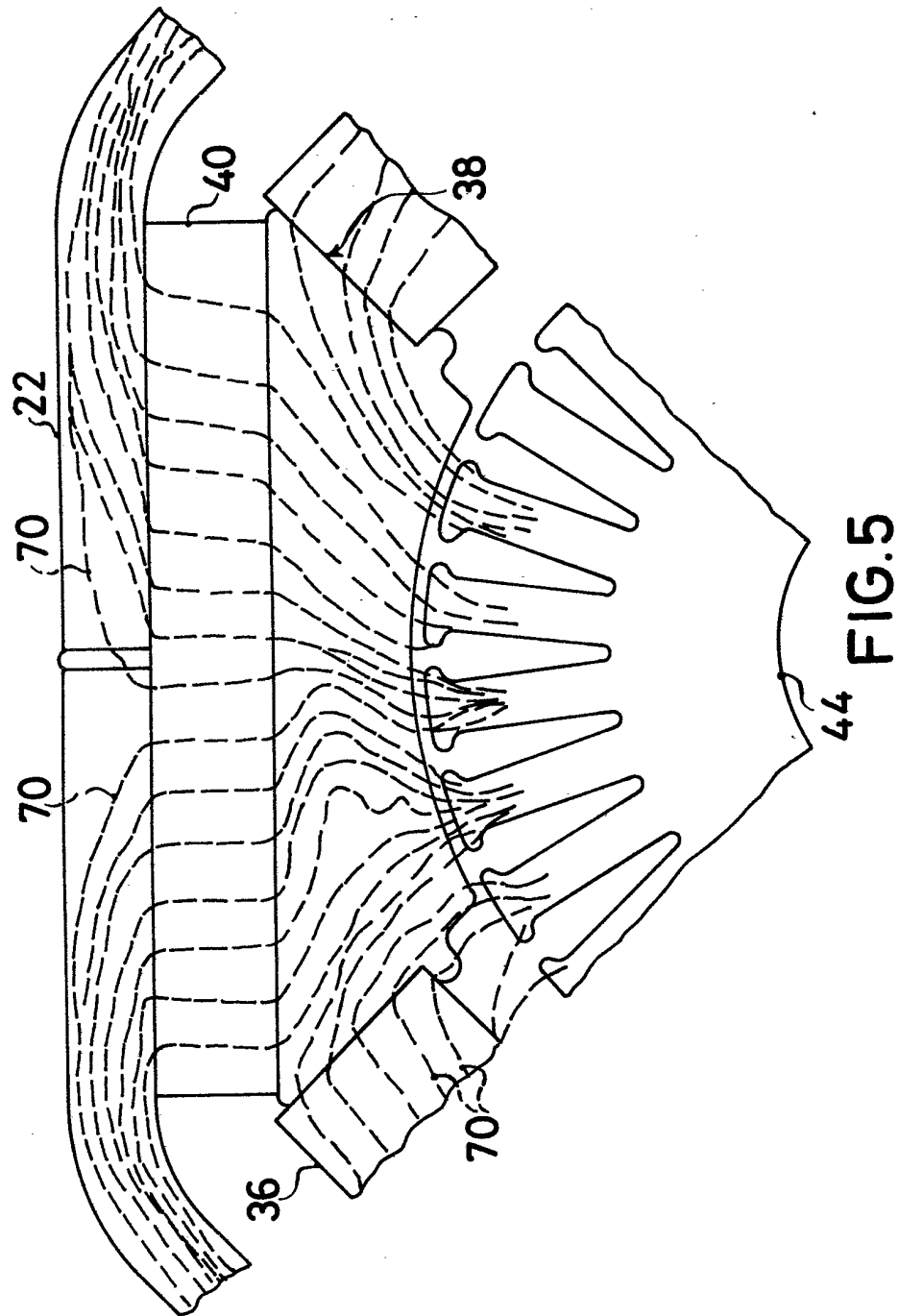
FIG. 7



3/5



4/5



5/5

