

⑭

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑮ Date de dépôt : 04.10.93.

⑯ Priorité : 14.10.92 US 961002.

⑰ Date de la mise à disposition du public de la demande : 15.04.94 Bulletin 94/15.

⑱ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑲ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑴ Demandeur(s) : BARBER-COLMAN COMPANY — US.

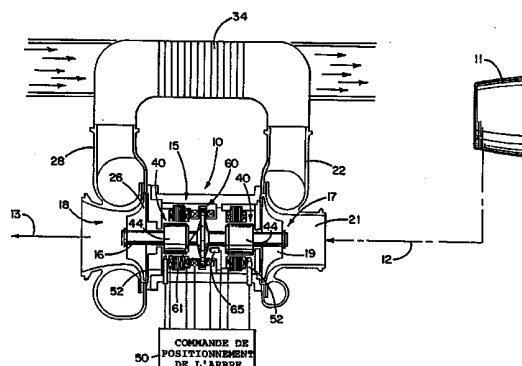
⑵ Inventeur(s) : Andres Michael et Coons Terry L.

⑶ Titulaire(s) :

⑷ Mandataire : Cabinet Nithardt & Burkard.

⑸ Machine de réfrigération cyclique d'air pour un avion.

⑹ Une machine de réfrigération cyclique d'air pour produire de l'air refroidi, comprend un rotor (19) de compresseur, fixé sur un arbre (16) entraîné par un rotor (26) de turbine, la turbine (18) servant à détendre l'air qui est pressurisé par le compresseur (17). Des paliers magnétiques (40) supportent l'arbre (16) radialement dans un boîtier (15) pour pouvoir tourner autour d'un axe déterminé avec précision, tandis qu'un palier magnétique de butée (60) maintient l'arbre (16) dans une position axiale fixe bien précise. Le boîtier (15) et les paliers sont conçus sous forme de deux sections scindées pour permettre au boîtier (15) et aux paliers d'être séparés radialement pour faciliter le remplacement et/ou la réparation de l'arbre (16) et d'autres composants intérieurs. Application aux avions.



Les systèmes de contrôle environnementaux d'avions utilisent, de façon classique, une machine de réfrigération cyclique d'air pour refroidir et conditionner l'air pressurisé fourni par les moteurs et unités motrices auxiliaires. Dans une machine de réfrigération cyclique d'air, un arbre est supporté en rotation dans un boîtier et sert à relier un compresseur et une turbine entre eux. L'air d'alimentation pressurisé traverse d'abord le compresseur dans lequel il est comprimé et réchauffé par suite de la compression. Après avoir été refroidi dans un échangeur de chaleur, l'air comprimé est détendu dans la turbine et refroidi jusqu'à une température très basse en vue du refroidissement de la cabine de l'avion et de l'avionique de l'avion. L'air comprimé agissant sur la turbine fait tourner l'arbre qui, à son tour, entraîne le compresseur.

En vue du support de l'arbre reliant, entre eux, le compresseur et la turbine, une machine de réfrigération cyclique d'air comporte, de manière classique, trois paliers. Deux de ces paliers sont des paliers radiaux pour prévenir les déplacements radiaux de l'arbre. Le troisième palier est un palier de butée qui maintient l'arbre dans une position axiale fixe. Pour assurer un fonctionnement optimal, des jeux très faibles doivent être maintenus entre le boîtier de la machine et les extrémités des ailettes du compresseur et de la turbine. Si les paliers permettent plus qu'une très faible liberté de mouvement, l'arbre voyagera lorsqu'il sera sollicité et permettra aux extrémités des ailettes de heurter le boîtier.

Dans les machines de réfrigération cyclique d'air connues, des paliers à film de fluide hydrodynamique (généralement appelés paliers à air) ont été utilisés

pour positionner l'arbre radialement et axialement, étant donné que ces paliers assurent une liberté de mouvement minimale. En revanche, les paliers à air nécessitent un jeu extrêmement faible (par exemple
5 $\pm 0,005$ mm), demandent une alimentation d'air pour le refroidissement et sont légèrement endommagés à chaque démarrage et chaque arrêt en raison d'un manque de support aux faibles vitesses. Par suite du faible jeu des paliers à air, de la poussière ou autres souillures
10 augmentent la sensibilité à l'endommagement et, en outre, de tels jeux engendrent des frictions et de la chaleur relativement importantes. Par conséquent, le remplacement des paliers est un fréquent handicap coûteux et, en cas de défaillance en cours d'opération,
15 le compresseur et/ou la turbine peuvent être endommagés. Un arbre qui est supporté par des paliers à air doit être dégagé axialement du boîtier pour les besoins de réparation ou de remplacement et ceci nécessite, généralement, le démontage de la machine de réfrigération cyclique d'air de l'avion et son transfert vers un
20 atelier de réparation éloigné.

Des paliers magnétiques sont utilisés pour supporter des arbres dans différents types de machines. Dans les paliers magnétiques radiaux, plusieurs électro-
25 aimants sont répartis angulairement autour d'un arbre et produisent, lorsqu'ils sont excités, des forces magnétiques opposées qui maintiennent l'arbre en lévitation dans l'espace à l'intérieur du boîtier. Des capteurs détectent la position réelle de l'arbre et
30 changent l'excitation des électro-aimants de manière à maintenir l'arbre exactement centré sur un axe prédéterminé.

Si le coût initial d'un système de paliers magnétiques est quelque peu plus élevé que celui d'un système
35 de paliers à air, les paliers magnétiques, en revanche, permettent des tolérances de fabrication plus accessi-

bles (par exemple $\pm 0,025$ mm), des jeux plus importants, n'exigent pas d'air pour le refroidissement, nécessitent un entretien moins fréquent et sont capables de supporter des arbres aussi bien au repos
5 qu'à une vitesse de fonctionnement de 100 000 tours/mi-
nute ou plus.

Le but de l'invention est de prévoir une nouvelle machine perfectionnée de réfrigération cyclique d'air qui utilise des paliers magnétiques pour supporter,
10 avec précision, l'arbre du compresseur/turbine pour
tourner à des vitesses élevées dans un environnement à chocs, vibrations et température élevée, tel qu'il existe typiquement dans un avion à réaction.

Un autre objectif de l'invention est de prévoir une
15 machine de réfrigération cyclique d'air ayant des
paliers magnétiques et un boîtier qui sont assemblés
uniquement par une structure du type coquille
permettant un dégagement relativement facile et rapide
de l'arbre hors des paliers et du boîtier pour les
20 besoins de réparation et de remplacement de l'arbre
et/ou d'autres composants de la machine.

Pour atteindre cet objectif, la présente invention propose une machine de réfrigération cyclique d'air pour un avion comprenant un boîtier, un arbre ayant un
25 axe central et disposé dans ce boîtier, un compresseur
monté sur ledit arbre et ayant une entrée pour recevoir
du gaz pressurisé pour être comprimé, une turbine
montée sur ledit arbre, axialement - à l'écart du
compresseur et ayant des moyens d'entrée pour recevoir
30 du gaz comprimé par le compresseur, ladite turbine
étant entraînée par le gaz comprimé par ledit compres-
seur et agissant par ledit arbre pour entraîner ledit
compresseur, le gaz comprimé reçu par cette turbine s'y
détendant, se refroidissant sous l'effet de la détente
35 et s'échappant, de ladite turbine, comme gaz réfrigéré,
et des paliers placés axialement pour supporter

radialement l'arbre en rotation dans ledit boîtier, caractérisé en ce que chacun des paliers comporte une série d'électro-aimants, montés dans ledit boîtier et répartis angulairement autour de l'arbre, lesdits
5 électro-aimants comprenant des bobines électriques sélectivement excitables pour produire des forces magnétiques portant l'arbre radialement à l'intérieur du boîtier, des moyens pour détecter la position radiale de l'axe de l'arbre et des moyens sensibles à
10 ces moyens de détection pour modifier l'excitation des dites bobines et maintenir l'axe dudit arbre en coïncidence avec un axe prédéterminé.

Selon un autre aspect de l'invention, ledit boîtier comporte deux sections ayant des brides de montage
15 s'épousant mutuellement dans un plan coïncidant sensiblement avec un plan contenant ledit axe prédéterminé, des moyens de connexion pour réunir, de façon détachable, lesdites brides l'une à l'autre, ledit boîtier pouvant être enlevé dudit arbre par une libération des
20 moyens de connexion et en retirant lesdites sections de boîtier de l'arbre radialement en sens opposés.

Certains des électro-aimants de chaque palier sont montés dans l'une desdites sections du boîtier, les autres électro-aimants de chaque palier étant montés
25 dans l'autre des sections de boîtier, les électro-aimants dans chaque section de boîtier étant dégagés radialement dudit l'arbre lorsque la section de boîtier est enlevée radialement de l'arbre. -

L'invention prévoit également l'usage de forces
30 magnétiques pour solliciter l'arbre axialement contre la force engendrée par les différences de pression entre le compresseur et la turbine de la machine de réfrigération cyclique d'air.

D'autres particularités et caractéristiques de
35 l'invention ressortiront de la description détaillée, ci-dessous, en référence aux figures dans lesquelles :

- la Figure 1 est une vue schématique des éléments essentiels d'une machine de réfrigération cyclique d'air selon l'invention dans l'environnement classique d'un avion ;

5 - la Figure 2 est une vue en élévation latérale et partiellement en coupe de certaines parties de la machine de réfrigération cyclique d'air ;

 - la Figure 3 est une vue agrandie, en perspective éclatée, du boîtier principal de la machine de réfrigé-
10 ration cyclique d'air ;

 - la Figure 4 est une vue en perspective éclatée de l'arbre et des paliers magnétiques et

 - la Figure 5 est une vue schématique de l'un des paliers magnétiques radiaux.

15 L'invention est représentée sur les dessins, à titre d'illustration, dans le cadre de son application à une machine de réfrigération cyclique d'air 10 utilisée dans un avion propulsé par un moteur 11, tel qu'une turbine à gaz. La machine de réfrigération
20 cyclique d'air 10 reçoit l'air d'échappement chaud et pressurisé du moteur 11 à travers une conduite 12 et dégage de l'air réfrigéré (par exemple de l'air à une température de $-23,3^{\circ}\text{C}$) à travers une conduite 13. L'air réfrigéré de la conduite 13 peut être traité
25 davantage et être utilisé pour le refroidissement de la cabine et de l'avionique de l'avion.

 La machine de réfrigération cyclique d'air comporte, d'une façon générale, un boîtier 15, un arbre 16 supporté de manière rotative dans le boîtier, un
30 compresseur 17 d'un côté du boîtier et une turbine 18 du côté opposé du boîtier. Le compresseur comporte un rotor à ailettes 19 (Fig. 2) monté sur l'une des extrémités de l'arbre et pouvant tourner à l'intérieur d'un stator 20 comprenant une entrée 21 et monté dans
35 un cornet ou cage 22, l'entrée 21 étant en communication avec la conduite 12 pour recevoir l'air

d'échappement du moteur 11. La cage 22 comporte une bride de montage 23 qui est fixée à une bride de montage annulaire 24 du côté adjacent sur le boîtier 15 par des vis 25 réparties angulairement et s'étendant axialement.

La turbine 18 comporte, de manière analogue, un rotor à ailettes 26 monté sur l'extrémité opposée de l'arbre 16 et pouvant tourner à l'intérieur d'un stator 27. Un moyen d'admission ou cage 28 est associé au stator et comporte une entrée 29 pour diriger de l'air pressurisé vers le stator. Des vis 30 réparties angulairement et s'étendant axialement fixent une bride de montage 31 de la cage 28 à une bride de montage annulaire 32 s'étendant, à peu près au milieu du boîtier 15, radialement de celui-ci. L'air d'échappement en provenance de la conduite 12 est comprimé et chauffé par le compresseur 17 et est dégagé par la sortie de la cage 22 vers un échangeur de chaleur 34 (Fig. 1) ayant une sortie en communication avec l'entrée de la turbine 18. Dans l'exemple représenté, l'échangeur d'air est du type comprimant, dans la mesure où un courant d'air créé par l'avancement de l'avion balaie l'échangeur de chaleur et refroidit l'air comprimé chaud envoyé dans l'échangeur de chaleur par le compresseur 17. L'air comprimé s'écoule ensuite de l'échangeur de chaleur vers la turbine 18 et se détend dans celle-ci. Ceci non seulement produit l'énergie nécessaire à l'entraînement du rotor 19 du compresseur par l'intermédiaire de l'arbre, mais produit également un courant d'air refroidi à travers la conduite 13 pour être utilisé à des fins de refroidissement de la cabine de l'avion et de l'avionique. Dans cet exemple, l'arbre est entraîné à une vitesse de 90 000 tours/minute, mais il peut tourner à des vitesses dépassant largement 100 000 tours/minute.

Pour permettre aux rotors 19 et 26 de tourner, à des vitesses élevées, à l'intérieur des stators 20 et 27 avec un faible jeu, il faut que l'arbre 16 soit supporté dans le boîtier 15 de manière à tourner
5 constamment autour d'un axe horizontal bien déterminé, malgré les fluctuations de charge sur l'arbre et malgré les vibrations intenses, les contraintes de choc importantes et les températures élevées qui peuvent être imposées à la machine de réfrigération cyclique d'air
10 lorsque l'avion est en marche. Conformément à la présente invention, des paliers magnétiques sont utilisés pour maintenir l'arbre 16 en lévitation libre à l'intérieur du boîtier 15 et pour assurer la rotation de l'arbre autour d'un axe bien précis sous toutes les
15 conditions de charge et de température. Les paliers magnétiques sont, de loin, plus durables que les paliers mécaniques et, comme expliqué plus loin, procurent plusieurs autres avantages par rapport aux paliers à air classiques utilisés dans les machines de
20 réfrigération cyclique d'air.

Dans le cas particulier, deux paliers magnétiques
40 axialement espacés sont prévus sur l'arbre 16, entre le compresseur 17 et la turbine 18, pour supporter l'arbre radialement dans le boîtier 15. Les deux
25 paliers radiaux sont identiques entre eux et, par conséquent, seulement l'un d'eux sera décrit. D'une façon générale, il comporte plusieurs électro-aimants 42 portés par le boîtier 15 et espacés régulièrement autour d'une frette 44 fixée sur l'arbre et réalisée en
30 un matériau à haute saturation magnétique. Le nombre d'électro-aimants utilisés peut varier mais, de manière classique, huit électro-aimants sont répartis autour de la frette. Les électro-aimants sont arrangés par paire, de manière que les deux électro-aimants de chaque paire
35 soient de polarités opposées et les électro-aimants

adjacents des paires adjacentes soient de la même polarité.

Les électro-aimants 42 de chaque palier 40 sont illustrés schématiquement par la Figure 5. Comme on
5 peut le voir, chaque électro-aimant comporte un noyau 45 définissant une pièce polaire et comportant une face polaire courbe 46 concentrique à la frette 44 et espacée de celle-ci par une fente radiale étroite d'environ 0,25 mm. Une bobine électrique 48 est
10 enroulée autour de chaque noyau et conçue pour être excitée par l'intermédiaire d'une commande de positionnement de l'arbre 50 montré schématiquement sur le Figure 1. Des capteurs de position 52 hors contact sont répartis angulairement autour d'une frette 54 adjacente
15 à la frette 44 pour détecter la position radiale réelle de l'arbre 16 et pour transmettre, à la commande 50, des signaux représentatifs de cette position. Les capteurs sont montés sur des supports 55 dans le boîtier 15, deux capteurs étant, de manière classique,
20 prévus pour chaque palier 40.

Lorsque les bobines 48 sont excités, les électro-aimants 42 des deux paliers 40 engendrent un champ magnétique qui coopère avec les frettes 44 pour placer l'arbre 16 en lévitation, hors contact physique avec
25 les faces polaires 46 des noyaux 45. La position radiale de l'arbre est surveillée, en permanence, par les capteurs 52 et, si l'arbre s'écarte radialement d'un axe déterminé avec précision, la commande de l'arbre 50 corrige le courant fourni aux électro-aimants et provoque le retour de l'arbre dans sa
30 position correcte.

Il est également prévu un palier de butée magnétique 60 pour maintenir l'arbre 16 dans une position axiale prédéterminée dans le boîtier 15. Le palier de
35 butée 60 est situé entre les deux paliers radiaux 40 et comporte, dans l'exemple représenté, un disque 61 fixé

sur l'arbre et s'étendant radialement de celui-ci. Le palier de butée comporte, en outre, des électro-aimants 63, espacés axialement l'un vis-à-vis de l'autre, disposés de part et d'autre du disque et fixés au
5 boîtier 15. Deux électro-aimants sont disposés de chaque côté du disque.

Dans cet exemple, chaque électro-aimant 63 du palier de butée 60 comporte un noyau métallique ayant une face polaire annulaire disposée vis-à-vis du disque
10 61 et séparée de celui-ci par un espace d'air axial étroit d'environ 0,25 mm. Une bobine électrique est enroulée autour de chaque noyau et est capable, lorsqu'elle est excitée, de coopérer avec le disque pour produire un flux magnétique ayant tendance à
15 attirer le disque axialement vers l'électro-aimant respectif. Les bobines sont conçues pour être excitées par du courant fourni par la commande de l'arbre 50. Un capteur de position sans contact 65 montré schématiquement sur la Figure 1 est également associé au palier de
20 butée et détecte la position axiale réelle de l'arbre 16 pour transmettre à la commande 50 un signal représentatif de cette position.

Les électro-aimants 63 du palier de butée 60, espacés axialement, exercent des forces magnétiques
25 axialement opposées sur le disque 61 afin de maintenir l'arbre 16 dans une position axiale prédéterminée. Si l'arbre s'écarte de cette position, la commande 50, en réponse aux signaux du capteurs 65 corrige le courant fourni aux électro-aimants 63 de l'un ou des deux côtés
30 du disque, afin de renvoyer l'arbre dans sa position axiale correcte.

Dans certaines machines de réfrigération cyclique d'air, un disque supplémentaire 67 (Fig. 2 et 4) est fixé sur l'arbre 16 et s'étend axialement de celui-ci à
35 côté du disque 61, ce disque 67 coopérant avec un aimant annulaire permanent 69 fixé sur le boîtier 15,

axialement vis-à-vis du disque. L'aimant permanent 69 est disposé sur le côté du disque 67 qui fait face au compresseur 17 et exerce une force constante qui sollicite l'arbre en direction axiale vers le compresseur 5 afin de compenser la force axiale résultant de la pression différentielle du compresseur vers la turbine 18. L'aimant permanent réduit, pendant la rotation de l'arbre, la puissance nécessaire aux électro-aimants 63.

10 Des paliers mécaniques d'appoint sont prévus pour supporter l'arbre 16 lorsque celui-ci est stationnaire, de même que pendant des périodes de temps relativement courtes (par exemple 7 secondes au maximum) dans le cas d'une perte de puissance aux électro-aimants 42. Dans 15 cet exemple, les paliers d'appoint portent des coussinets stationnaires 70 (Fig. 3) montés dans les parois frontales 71 et 72 du boîtier 15. Les coussinets supportent les extrémités de l'arbre.

Comparé aux paliers à air, l'usage de paliers 20 magnétiques 40 et 60 dans la machine de réfrigération cyclique d'air 10 offre plusieurs avantages. Les jeux de fonctionnement dans les paliers à air doivent être maintenus à environ plus ou moins 0,005 mm, tandis que les jeux de fonctionnement tolérés pour les paliers 25 magnétiques sont des valeurs sensiblement plus abordables d'environ plus ou moins 0,125 mm. Le jeu relativement grand des paliers magnétiques occasionne moins de frictions et de chaleur. En outre, le jeu relativement grand diminue le risque des paliers magnétiques d'être 30 endommagés par de la poussière ou autres souillures. Les paliers magnétiques ne sont pas sujets à des dommages au démarrage et à l'arrêt et ceci, en tenant compte également des faits établis ci-dessus, augmente, de façon significative la durabilité des paliers et 35 réduit, de façon substantielle, les frais d'entretien. D'autre part, contrairement aux paliers à air, les

paliers magnétiques ne nécessitent pas l'usage de l'air d'échappement de la conduite 12 à des fins de refroidissement des paliers.

En outre, conformément à l'invention, le boîtier 15 et les paliers 40 et 60 sont conçus de manière à permettre l'accès à l'arbre 16 et à l'intérieur du boîtier, pour des besoins de réparation, sans nécessité de retirer l'arbre axialement hors du boîtier et des paliers. Par voie de conséquence, une révision totale de la machine de réfrigération cyclique d'air peut être effectuée sur place sans expédition de la machine vers un atelier de réparation.

Ce qui précède est, plus particulièrement, obtenu en réalisant le boîtier 15 sous forme d'un assemblage scindé ayant deux sections de boîtier 15A et 15B (Fig. 3). Les deux sections de boîtier sont formées avec des brides de montage 75 ayant des trous 76 pour recevoir des fixations telles que des vis 77. Lorsque les sections du boîtier sont réunies autour de l'arbre 16, les brides de montage 75 de la section de boîtier 15A sont disposées vis-à-vis des brides de montage 75 de la section de boîtier 15B et l'interface entre les brides accouplées se trouve dans un plan qui coïncide sensiblement avec un plan contenant l'axe de l'arbre. Les sections du boîtier sont maintenues en assemblage à l'aide de vis 77 traversant les trous 76 des brides 75. En retirant ces vis, chacune des sections du boîtier peut être enlevée de l'arbre en dégageant la section du boîtier radialement de l'arbre. Autrement dit, les sections du boîtier se présentent sous forme de coquilles pouvant être ouvertes pour permettre l'accès à l'arbre sans nécessiter d'extraire l'arbre axialement hors du boîtier 15.

Les différents paliers 40, 60 et 70 sont également du type coquilles en ce sens que les paliers sont scindés au niveau de l'axe de l'arbre 16 afin de

permettre un désassemblage radial des sections 15A et 15B du boîtier de la manière décrite ci-dessus. Comme indiqué clairement sur la Figure 4, chacun des paliers radiaux 40 est conçu sous forme de modules scindés 40A et 40B, qui contiennent, chacun, quatre électro-aimants 42 dont, chacun, comporte un support 80A, 80B, globalement circulaire pour porter les électro-aimants. De manière analogue, chacun des composants axialement espacés du palier de butée 60 est réalisé sous forme de deux modules scindés 63A et 63B ayant des supports semi-circulaires 81A, respectivement 81B. Chaque module de chacun des composant axialement espacés du palier de butée comporte un électro-aimant.

L'aimant permanent 69 est également réalisé sous forme de deux modules scindés 69A, 69B ayant des supports semi-circulaires 82A et 82B. Finalement, les parties stationnaires des paliers d'appoint 70 ont la forme de deux parties scindées radialement 70A et 70B (Fig. 3).

Les différents modules décrits ci-dessus sont supportés dans les sections respectives 15A et 15B du boîtier. A titre d'exemple et comme indiqué plus clairement à la Figure 2, des vis 90, réparties angulairement, s'étendent à travers la paroi frontale 71 de la section de boîtier 15A, à travers le support 80A du module de palier radial adjacent 40 et à travers le support 82A du module d'aimant permanent 69 en vue de la fixation des supports à la section du boîtier. Des rondelles 91 autour des vis sont prises en sandwich entre les supports 80A et 82A pour assurer l'espacement axial de ceux-ci.

Des vis 94 (Fig. 2), réparties angulairement, s'étendent à travers la paroi frontale 72 de la section de boîtier 15A à travers le support 80A du module de palier radial adjacent 40 et à travers les supports 81A des modules de palier de butée 63, fixant ainsi ses

composants à l'intérieur des sections de boîtier. Une
rondelle 95 maintient le support 80A à l'écart radial
par rapport au support adjacent 81A, tandis qu'une
rondelle 96 assure l'espacement axial entre les deux
5 supports 81A.

Les divers composants dans la section de boîtier
15B sont supportés d'une manière analogue à celle
décrite ci-dessus.

Grâce à cet arrangement, l'accès à l'arbre 16 et
10 aux rotors de compresseur et de turbine 19 et 26 peut
se faire d'une manière relativement simple. D'abord,
les vis 25 et 30 sont enlevées pour permettre aux cages
de turbine 22 et 28 d'être glissées axialement à
l'écart du boîtier 15. Ensuite, les vis 77 sont
15 enlevées pour permettre à la section de boîtier 15A et
au module de palier d'être retirés radialement de
l'arbre 16 et de la section de boîtier 15B comme
indiqué sur la Figure 3 où, alternativement, de
permettre à la section de boîtier 15B et à ses modules
20 de palier d'être écartés radialement, en sens opposé,
de l'arbre et de la section de boîtier 15A. Dans chacun
des cas, l'arbre 16 avec les rotors de compresseur et
de turbine 19 et 26, qui y sont fixés, peut être enlevé
radialement de la section de boîtier ouverte. Ceci
25 permet à l'entretien, tel que le remplacement des
paliers 40, 60 ou 70 ou de l'arbre, d'être accompli
d'une manière relativement facile. Par exemple, l'arbre
peut être simplement soulevé hors de la section ouverte
du boîtier et être remplacé par un arbre, équilibré
30 auparavant, plutôt que d'expédier la machine entière 10
dans un atelier de réparation avec un équipement
spécialisé pour enlever un arbre axialement des
paliers. En outre, l'équilibrage final de l'arbre peut
être effectué avec les rotors 19 et 26 installés sur
35 l'arbre, améliorant ainsi l'équilibre de tout l'ensem-
ble tournant.

REVENDEICATIONS

1. Machine de réfrigération cyclique d'air pour un avion comprenant un boîtier (15), un arbre (16) ayant un axe central et disposé dans ce boîtier (15), un compresseur (17) monté sur ledit arbre (16) et ayant une entrée (21) pour recevoir du gaz pressurisé pour être comprimé, une turbine (18) montée sur ledit arbre (16), axialement à l'écart du compresseur (17) et ayant des moyens d'admission (28) pour recevoir du gaz comprimé par le compresseur (17), ladite turbine étant entraînée par le gaz comprimé par ledit compresseur (17) et agissant, par ledit arbre (16), pour entraîner ledit compresseur (17), le gaz comprimé reçu par cette turbine (18) s'y détendant, se refroidissant sous l'effet de la détente et s'échappant de la turbine (18) comme gaz réfrigéré, et des paliers espacés axialement pour supporter radialement l'arbre (16) en rotation dans ledit boîtier (15), caractérisée en ce que chacun des paliers (40) comporte une série d'électro-aimants montés dans ledit boîtier (15) et répartis angulairement autour de l'arbre (16), lesdits électro-aimants comprenant des bobinages électriques sélectivement excitables pour produire des forces magnétiques portant l'arbre (16) radialement à l'intérieur du boîtier (15), des moyens pour détecter la position radiale de l'axe de l'arbre (16) et des moyens sensibles à ces moyens de détection pour modifier l'excitation desdits bobinages et maintenir l'axe dudit arbre en coïncidence avec un axe prédéterminé.

2. Machine selon la revendication 1, caractérisée par un palier supplémentaire (60) pour maintenir ledit arbre (16), dans le boîtier (15), dans une position axiale prédéterminée, ledit palier supplémentaire (60) comprenant des électro-aimants (63) axialement espacés et montés, l'un vis-à-vis de l'autre, dans le boîtier (15) de façon sensiblement coaxiale par rapport audit

arbre (16), un disque (61), solidaire de l'arbre (16), s'étendant radialement de celui-ci entre les électro-aimants * (63), axialement opposés, lesdits électro-aimants (103) axialement opposés comprenant des bobina-
5 ges électriques sélectivement excitables pour produire des forces magnétiques agissant, en sens axialement opposés, sur le disque (61), des moyens (65) pour détecter la position axiale dudit arbre (16) et des
10 moyens sensibles à ces moyens de détection (65) pour modifier l'excitation desdits bobinages des électro-aimants axialement opposés et maintenir ledit arbre (16) dans une position axiale déterminée.

3. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisée par un second disque (67),
15 solidaire de l'arbre (16) et s'étendant radialement de celui-ci, un aimant annulaire permanent (69) disposé, dans ledit boîtier (15), axialement vis-à-vis du second disque (67) pour produire des forces magnétiques sollicitant le second disque (67) et ledit arbre (16)
20 axialement contre le gaz comprimé pénétrant par ladite entrée (21) dudit compresseur (17).

4. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ledit boîtier (15) comporte deux sections (15A), (15B) ayant des brides de
25 montage (75) s'épousant mutuellement dans un plan coïncidant sensiblement avec le plan contenant ledit axe prédéterminé, des moyens de connexion (77) pour réunir, de façon détachable, lesdites brides (75) l'une à l'autre, ledit boîtier (15) pouvant être enlevé dudit
30 arbre (16) par une libération des moyens de connexion (77) et en retirant, radialement en sens opposés, lesdites sections de boîtier (15A), (15B) de l'arbre (16).

5. Machine selon la revendication 4, caractérisée
35 en ce que certains des électro-aimants de chaque palier sont montés dans l'une desdites sections (15A), (15B)

du boîtier (15), les autres électro-aimants de chaque palier étant montés dans l'autre des sections de boîtier (15B), (15A), les électro-aimants dans chaque section de boîtier (15A), (15B) étant dégagés dudit
5 arbre (16) lorsque la section de boîtier est enlevée radialement de l'arbre (16).

6. Machine selon la revendication 5, caractérisée en ce que l'une des moitiés des électro-aimants de chaque palier est montée dans une section (15A) du
10 boîtier (15), l'autre moitié des électro-aimants de chaque palier étant montée dans l'autre section (15B) du boîtier (15).

7. Machine selon la revendication 5, caractérisée par un palier supplémentaire (60) pour maintenir ledit
15 arbre (16) dans une position axiale prédéterminé dans ledit boîtier (15), ledit palier supplémentaire (60) comprenant des électro-aimants (63) axialement opposés et espacés, un disque (61) solidaire dudit arbre (16) et s'étendant radialement de celui-ci entre lesdits
20 électro-aimants axialement opposés (63), lesdits électro-aimants axialement opposés (63) comprenant des bobinages électriques excitables sélectivement pour produire des forces magnétiques agissant, en sens opposés, sur ledit disque (61), chacun desdits électro-
25 aimants (63) comprenant un premier et un second électro-aimants montés respectivement dans la première et dans la seconde sections de boîtier et reliées à la section respective du boîtier (15) pour être retirés radialement dudit arbre (16), comme unité, avec ladite
30 section respective du boîtier (15).

115

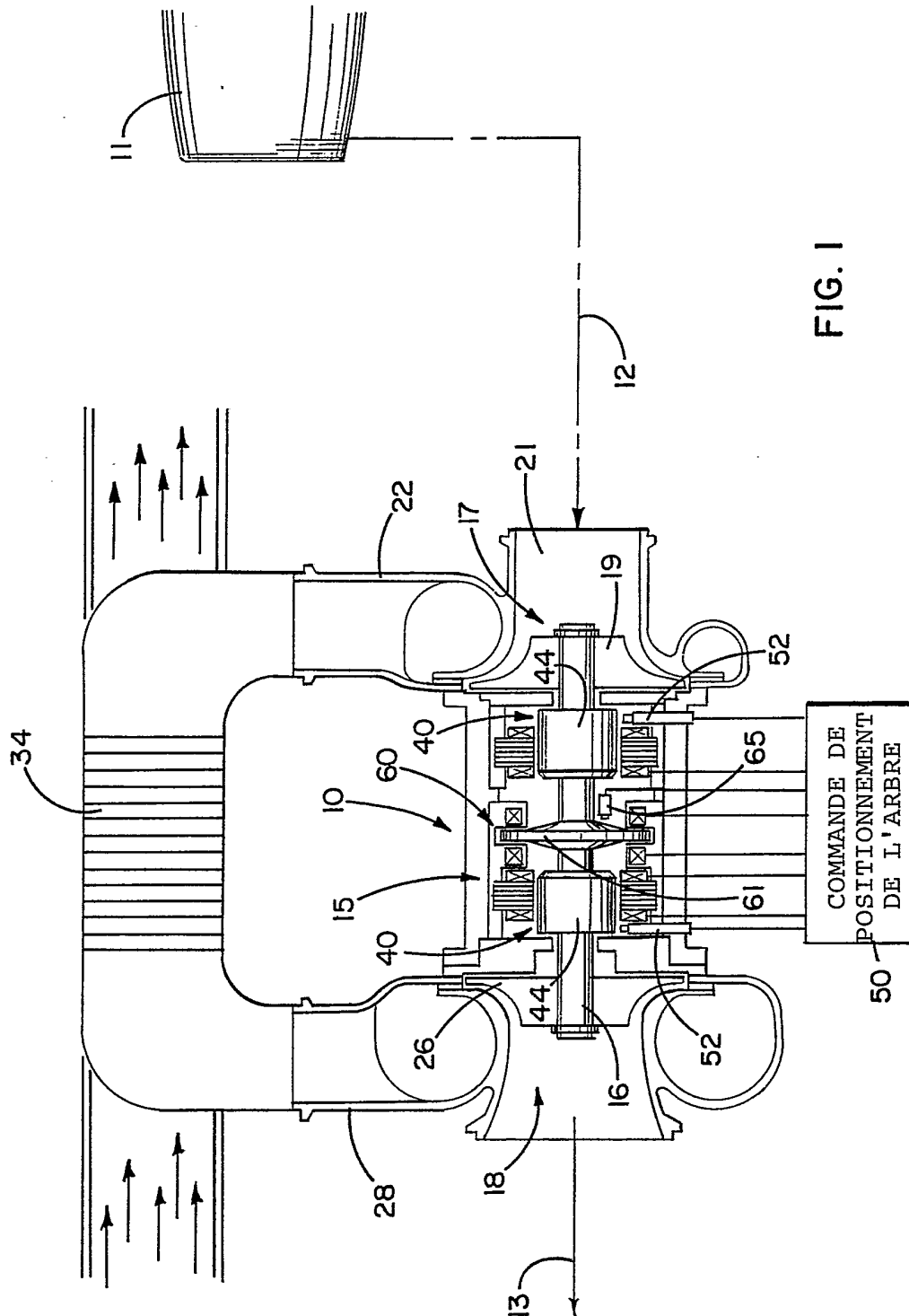


FIG. 1

915

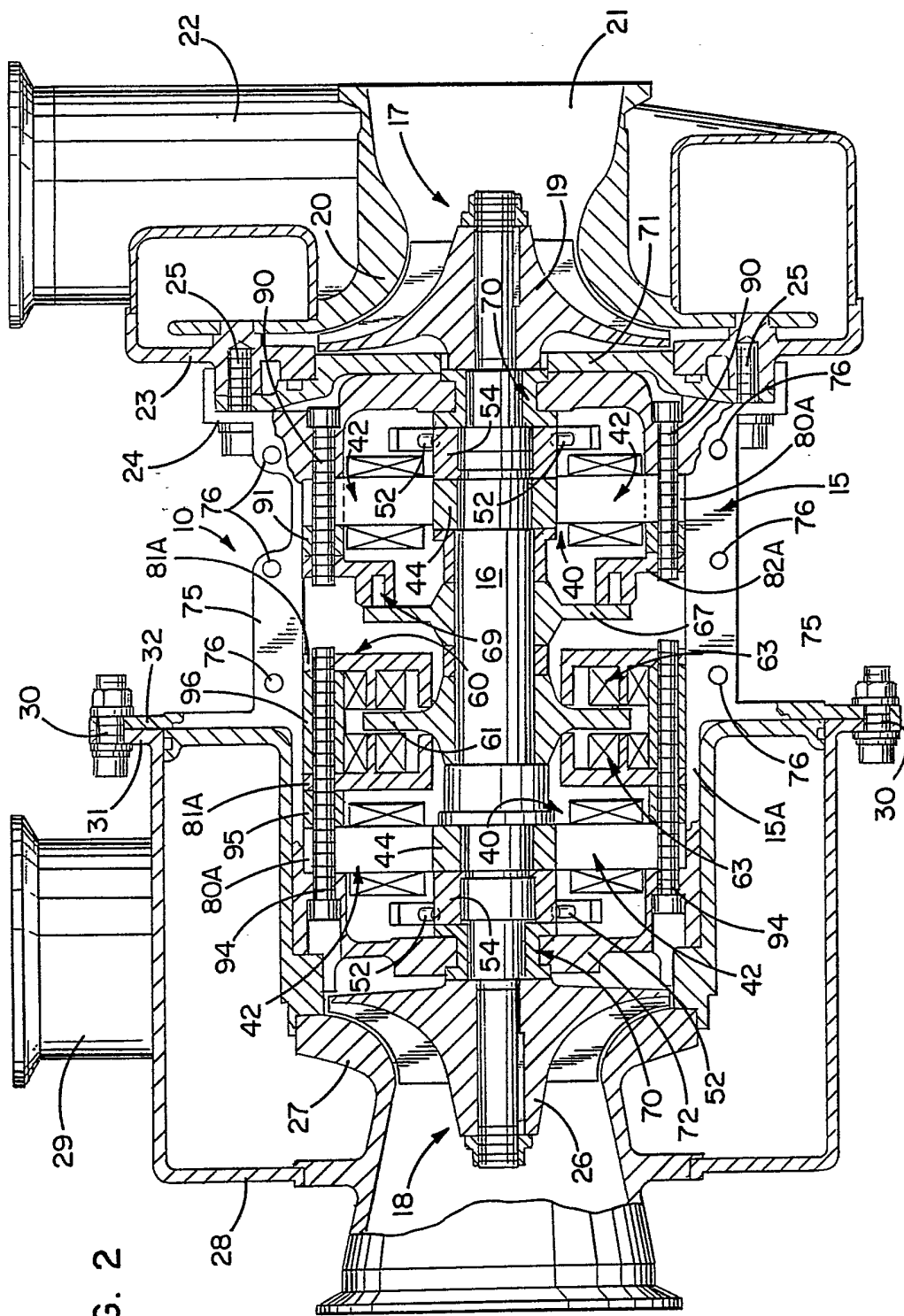


FIG. 2

3/5

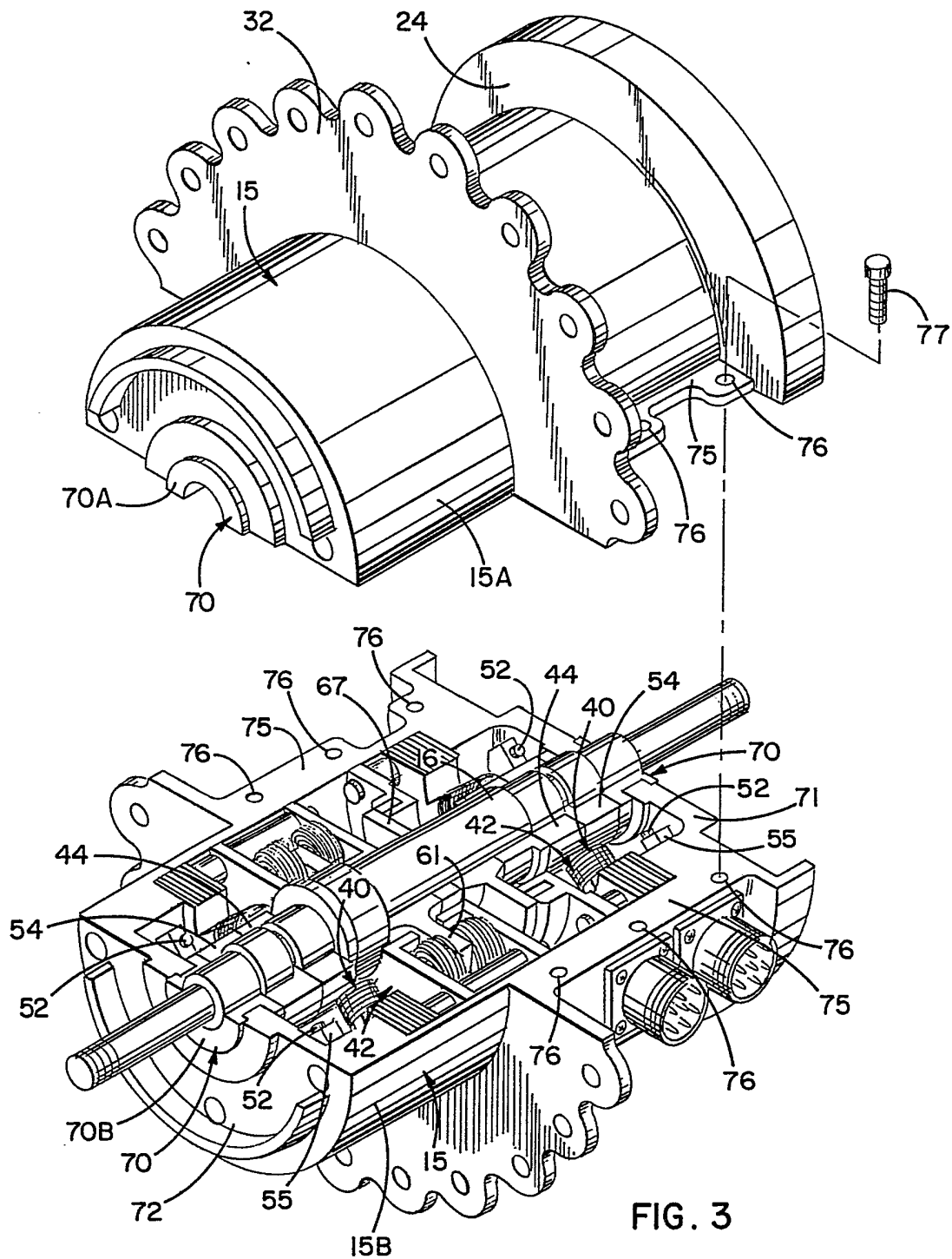
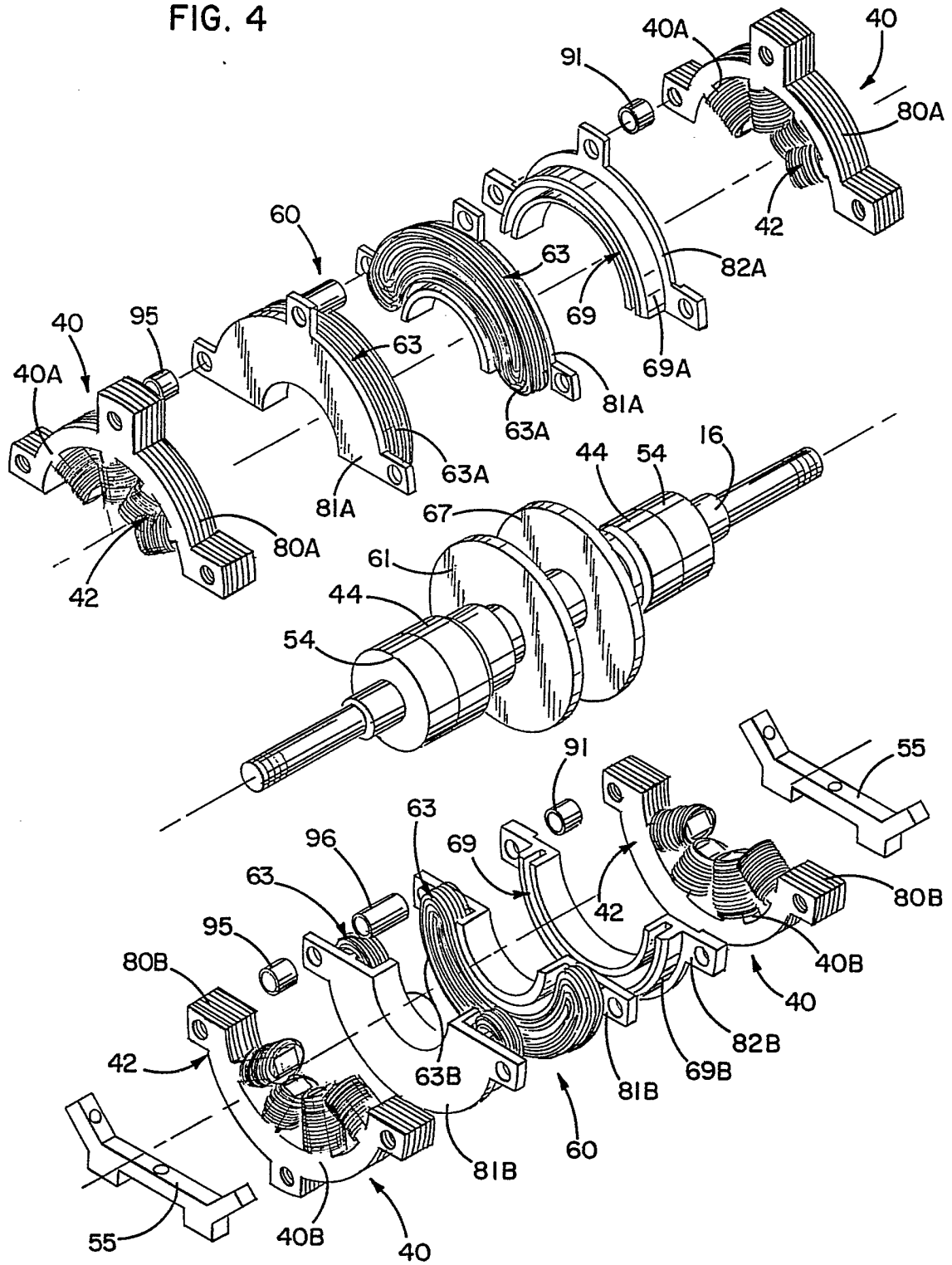


FIG. 3

415

FIG. 4



515

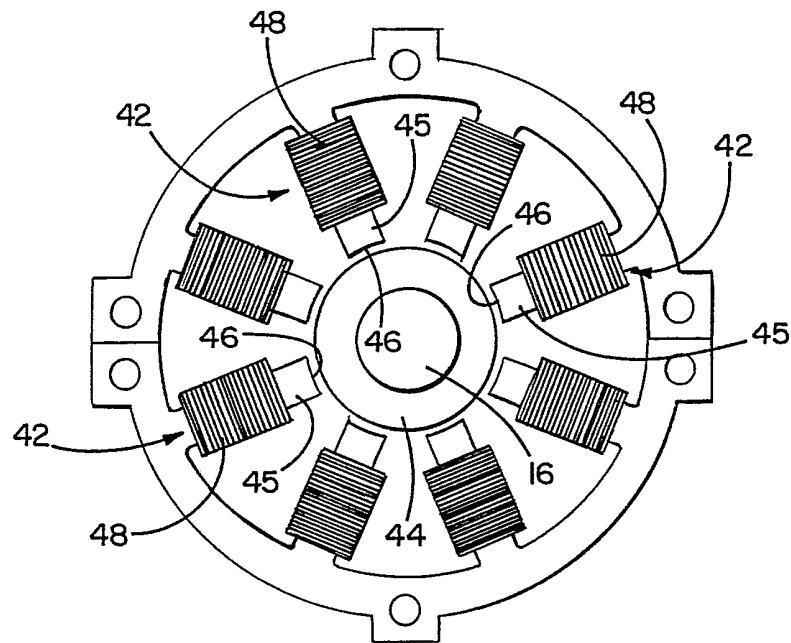


FIG. 5