

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 28918 B1** (51) Cl. internationale : **F03D 11/00; F03D 9/00**
(43) Date de publication : **01.10.2007**

(21) N° Dépôt : **29801**

(22) Date de Dépôt : **04.04.2007**

(30) Données de Priorité : **24.09.2004 DE 10 2004 046 700.5**

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/EP2005/010304 23.09.2005**

(71) Demandeur(s) : **WOBBEN, Aloys, ARGESTRASSE 19 26607 AURICH (DE)**

(72) Inventeur(s) : **WOBBEN, Aloys**

(74) Mandataire : **M. MEHDI SALMOUNI-ZERHOUNI**

(54) Titre : **CENTRALE ELECTRIQUE EOLIENNE AVEC SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DU GENERATEUR**

(57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UNE ÉOLIENNE COMPRENANT UNE TOUR, UNE NACELLE MONTÉE ROTATIVE SUR CETTE TOUR, UN GÉNÉRATEUR PLACÉ À L'INTÉRIEUR DE LADITE NACELLE, CE GÉNÉRATEUR COMPRENANT UN ROTOR ET UN STATOR, AINSI QU'AU MOINS UN VENTILATEUR AU NIVEAU DE LA NACELLE. SELON L'INVENTION, POUR RÉDUIRE L'ENTRÉE D'HUMIDITÉ, DE SABLE ET D'AUTRES CORPS ÉTRANGERS DANS LA NACELLE ET RÉDUIRE ÉGALEMENT LES BRUITS DU VENTILATEUR ÉMIS VERS L'EXTÉRIEUR, LE VENTILATEUR EST DISPOSÉ À L'INTÉRIEUR DE LA NACELLE DE TELLE SORTE QU'IL ASPIRE L'AIR EXTÉRIEUR PAR UNE FENTE D'AÉRATION OUVERTE VERS LE BAS, EN PARTICULIER ENTRE LA TOUR ET LA NACELLE.

Résumé

La présente invention concerne une centrale électrique éolienne ayant une tour, une nacelle fixée en rotation sur ladite tour, un générateur avec rotor et stator disposé à l'intérieur de la nacelle, et au moins un ventilateur dans la zone de la nacelle.

Afin de réduire l'introduction d'humidité, de sable et d'autres impuretés dans la nacelle, ainsi que dans le but de réduire les bruits causés par le courant d'air entendus à l'extérieur, l'on a prévu selon l'invention de disposer le ventilateur dans la nacelle, ledit ventilateur aspirant l'air extérieur par une fente d'aération ouverte vers le bas, située en particulier entre la tour et la nacelle.

L'invention est basée sur le fait reconnu selon lequel l'appel d'air le long de la centrale éolienne, et en particulier dans la zone de la nacelle, présente une composante horizontale très marquée, ainsi qu'une composante verticale d'intensité nettement inférieure. C.-à-d. que le vent, et donc les impuretés transportées par ce dernier, circulent le long de la nacelle du côté du vent vers le côté situé sous le vent, avant d'avoir passé la centrale éolienne. Ainsi lorsque l'air est aspiré par une fente d'aération dirigée vers le bas, au plus des particules très fines, pouvant être entraînées par le courant d'air contre la force de la pesanteur, seront aspirées avec cet air. On évite ainsi en grande partie, ou l'on arrive même à supprimer entièrement, l'aspiration de grandes quantités de grains de sable et de poussière ainsi que de gouttes de pluie, qui sont, elles, nettement plus lourdes, ce qui constitue un fait bien connu en général.

(Fig. 1)

Centrale électrique éolienne avec système de refroidissement du générateur

La présente invention concerne une centrale électrique éolienne ayant une tour, une nacelle fixée en rotation sur ladite tour, un générateur avec rotor et stator disposé à l'intérieur de la nacelle, et au moins un ventilateur dans la zone de la nacelle.

Selon l'état de la technique, de telles centrales éoliennes sont connues depuis longtemps. Il existe un grand nombre de formes de réalisation, travaillant en partie avec un refroidissement à l'huile, par air ou encore à l'eau. Dans tous les cas on se trouve confronté au problème des pertes se manifestant entre autres sous forme de chaleur devant être évacuée. Comme chaque composant est soumis à certaines limites de charges thermiques devant être respectées, il faudra prévoir un refroidissement suffisant pour évacuer la chaleur en excès et éviter ainsi des dommages dus à des excès de température.

L'invention se dirige en particulier aux centrales éoliennes travaillant avec refroidissement par air. De tels systèmes de refroidissement sont connus des centrales éoliennes de la Société Enercon (types E-40, E-44, E-58 ou encore E-66). Dans le cas de ces systèmes, un ventilateur est installé dans la nacelle, qui aspire de l'air de refroidissement extérieur et le souffle à l'intérieur de la nacelle, de sorte que l'air de refroidissement circule par des ouvertures du générateur, refroidissant de ce fait les composants structurels qui s'échauffent. L'air échauffé retourne alors régulièrement dans un circuit de refroidissement fermé ou s'échappe vers l'extérieur par la fente d'aération entre le support tournant du rotor et la partie fixe de la nacelle.

Avec le rendement des générateurs augmentent les besoins en puissance de refroidissement nécessaires au maintien de la température de ces générateurs en dessous des limites critiques, aussi sous fonctionnement à plein rendement.

Les centrales éoliennes selon l'état de la technique sont des systèmes marchant au vent. Cela signifie que la nacelle de la centrale éolienne est orientée de telle sorte que les pales de rotor se trouvent à l'extrémité de la nacelle faisant face au vent. Un ventilateur est installé dans la paroi de la nacelle située du côté opposé au vent (sous le vent). Ce ventilateur aspire l'air extérieur et le fait entrer dans la nacelle. Là, cet air circule autour des composants à l'intérieur de la nacelle, assurant une évacuation de la chaleur, et de ce fait, un refroidissement.

Cependant, le ventilateur aspire également la poussière, l'humidité et la pluie se trouvant dans l'air extérieur et les transporte à l'intérieur de la nacelle. Ceci cause une souillure intempestive à l'intérieur de la nacelle, menant à une usure prématurée des composants (ne fut ce qu'à cause de l'effet abrasif de la poussière et du sable) et, par temps de pluie, à une humidité de l'air de niveau indésirable dans la nacelle, avec tous les phénomènes secondaires négatifs y afférant.

Le but de la présente invention sera donc de réduire l'introduction d'humidité, de sable et d'autres substances étrangères dans la nacelle, ainsi que les bruits de ventilateur perceptibles depuis l'extérieur, en plus d'assurer un refroidissement plus efficace.

Ceci est résolu pour une centrale éolienne du type mentionné au début en disposant le ventilateur à l'intérieur de la nacelle, ledit ventilateur aspirant de l'air extérieur par une fente d'aération tournée vers le bas, et située en particulier entre la tour et la nacelle.

L'invention est basée sur le fait reconnu selon lequel l'appel d'air le long de la centrale éolienne, et en particulier dans la zone de la nacelle, présente une composante horizontale très marquée, ainsi qu'une composante verticale d'intensité nettement inférieure. C.-à-d. que le vent, et donc les impuretés transportées par ce dernier, circulent le long de la nacelle du côté du vent vers le côté situé sous le vent, avant d'avoir passé la centrale éolienne. Ainsi lorsque l'air est aspiré par une fente d'aération, au plus des particules très fines, pouvant être entraînées par le courant d'air contre la force de la pesanteur, seront aspirées avec cet air. On évite ainsi en grande partie ou l'on arrive même à supprimer entièrement l'aspiration de grandes quantités de grains de sable et de poussière ainsi que de gouttes de pluie, qui sont, elles, nettement plus lourdes, fait qui est généralement connu.

Afin d'obtenir une aspiration de l'air extérieur distribuée autant que possible uniformément sur l'aire totale de la fente d'aération évitant ainsi une forte aspiration concentrée à un ou deux endroits, on proposera selon un développement préférentiel de l'invention l'installation de plusieurs ventilateurs à l'intérieur de la nacelle, situés à une certaine distance entre eux.

De manière préférentielle, il est prévu une plateforme dans la nacelle, avec des ventilateurs disposés sous ladite plateforme et des sorties pour l'air aspiré au dessus de la passerelle. On réussira ainsi à utiliser la plateforme comme guide du courant d'air. On obtient en même temps une sorte de chambre de repos sous la plateforme, dans laquelle l'air aspiré peut se tranquilliser, permettant ainsi aux impuretés entraînées, telles que poussières et grains de sable, de se déposer sous l'effet de la pesanteur, de sorte qu'ils ne seront entraînés qu'en quantité diminuée vers l'intérieur de la nacelle par les ventilateurs.

Dans un développement particulièrement préféré de l'invention, la plateforme est colmatée latéralement et vers le bas par rapport à la nacelle, de telle sorte que le restant de la nacelle est rendu étanche par rapport à la zone d'aspiration des ventilateurs. De ce fait, les ventilateurs seront en mesure de transporter l'air aspiré dans la région située au dessus de la plateforme, cet air ne pouvant cependant pas circuler autour de la plateforme et retourner aux ventilateurs au travers d'un court-circuit de circulation. Bien au contraire, l'air transporté par les ventilateurs restera dans la partie supérieure de la nacelle, où il pourra exercer son action de refroidissement.

Pour obtenir un refroidissement du générateur particulièrement efficace, une réalisation particulièrement préférée de l'invention sera caractérisée par un colmatage du générateur en soi et par rapport à la nacelle, de telle sorte que seul l'entrefer entre le rotor et le stator du générateur permettra la sortie de l'air aspiré. L'air ne pourra donc plus circuler que par l'entrefer, refroidissant de ce fait le rotor et le stator du générateur avec la meilleure efficacité pouvant être obtenue.

Afin de réaliser cet effet de refroidissement de manière avantageuse pour les têtes de bobine de l'enroulement du stator, une centrale éolienne selon l'invention sera préférentiellement caractérisée par la présence de déflecteurs d'air distribués sur l'entièreté du pourtour extérieur du rotor, couvrant l'entrefer entre rotor et stator à une distance prédéterminée et s'étendant radialement dans une mesure donnée, essentiellement en direction parallèle du stator du générateur.

Un développement particulièrement préféré concerne une centrale éolienne avec une section inférieure de la nacelle s'étendant dans une mesure prédéterminée de manière essentiellement parallèle à la tour et aboutissant sous un bord inférieur. Afin d'obtenir une entrée d'air aussi uniforme, et de ce fait aussi silencieuse, que possible entre tour et nacelle, le bord inférieur de la nacelle présentera un renflement formant bourrelet. Ce bord muni d'un renflement formant bourrelet empêche en grande partie la formation de tourbillons dans l'air aspiré, comme il s'en produit sur un bord obtus, contribuant ainsi à éviter un rétrécissement du canal de circulation d'air dû aux tourbillons, et de ce fait une réduction intempestive de la section efficace, menant à des quantités d'air aspiré nettement trop réduites et suivies nécessairement d'un effet de refroidissement insuffisant.

Un développement préférentiel de la réalisation présente une centrale éolienne selon l'invention avec un bord inférieur s'ouvrant en forme d'entonnoir dans une mesure prédéterminée. Ceci donne des résultats satisfaisants, même en l'absence d'un renflement formant bourrelet, du fait que le courant d'air peut épouser le bord qui va s'élargissant, pouvant ainsi pénétrer dans la nacelle avec un courant lisse, sans tourbillons, ni bruits correspondants ou pertes dues à la circulation.

L'invention concerne également une centrale éolienne avec une tour et une nacelle montée en rotation sur ladite tour, présentant un générateur équipé d'un rotor et d'un stator ainsi qu'au moins un ventilateur, caractérisé en ce que le générateur divise la nacelle en une zone avant et en une zone arrière, lesdites zones étant reliées par l'entrefer entre rotor et stator, au moins un ventilateur faisant circuler l'air de la partie arrière de la nacelle dans la partie avant au travers de l'entrefer, de telles garnitures de joint étant prévues dans la nacelle, qu'un courant d'air passant à côté de l'entrefer soit essentiellement empêché.

L'invention est basée sur la connaissance du fait que l'air de refroidissement doit être amenée au générateur ou aux parties de ce dernier qui s'échauffent, de manière plus efficace que cela n'a été le cas jusqu'ici. Pour atteindre ce but, l'invention prévoit que, dans la mesure du possible, la totalité de l'air de refroidissement, ou du moins la plus grande partie de cet air de refroidissement, circule par l'entrefer séparant rotor et stator, tous les autres orifices du rotor et du stator du générateur étant autant que possible obturés, forçant l'air de refroidissement aspiré par les ventilateurs ou autres systèmes de ventilation, à circuler en passant dans l'entrefer.

De ce fait, l'invention n'est non seulement adaptée à l'équipement original de centrales éoliennes neuves, mais aussi au renouvellement de centrales éoliennes existantes.

Ainsi l'invention permet-elle d'augmenter la puissance du générateur d'une centrale éolienne existante et donc d'améliorer l'effectivité totale de l'installation, les mesures de mise en œuvre de l'invention présentant un volume relativement faible et permettant une amélioration permanente du refroidissement, et de ce fait la diminution de la charge thermique totale de l'installation.

D'autres réalisations de l'invention font l'objet des revendications secondaires.

On procédera maintenant à décrire plus en détail un exemple de réalisation, en se référant aux figures, sur lesquelles sont représentés:

- Fig. 1 une vue latérale de la nacelle d'une centrale éolienne selon l'invention;
- Fig. 2 une vue partielle agrandie et simplifiée de la nacelle montrée à la figure 1;
- Fig. 3 une vue du dessus de la plateforme à l'intérieur de la nacelle;
- Fig. 4 une vue de devant de l'intérieur de la nacelle, avec vue sur le générateur;
- Fig. 5 une vue détaillée simplifiée et agrandie d'une partie du générateur;
- Fig. 6 une vue partielle latérale d'une centrale éolienne selon un autre exemple de réalisation;
- Fig. 7 une section schématisée de la nacelle d'une centrale éolienne selon une autre réalisation;
- Fig. 8 une section schématisée de la nacelle d'une centrale éolienne selon un autre exemple de réalisation de l'invention, et
- Fig. 9 une vue latérale partielle en perspective d'une nacelle selon un autre exemple de réalisation de l'invention.

La figure 1 montre une vue latérale d'une nacelle d'une centrale éolienne selon l'invention. On voit à la figure 1 sur la tête de la tour 2 un support machine 4 portant à son tour un support de stator 6 et un tourillon d'essieu 8. Autour dudit tourillon 8 sont disposés en rotation un moyeu 14 avec les pales de rotor 16 qui y sont attachés, ainsi que le rotor 10 du générateur.

Le support de stator 6 porte le stator 20 du générateur, alors que le rotor 10 avec les bobinages d'excitation et les épanouissements polaires 12 tournent à l'intérieur du générateur, ensemble avec le moyeu 14, tournant sur le tourillon 8. La construction installée sur la

tête de tour 2 est enfermée dans une nacelle 30, 32, consistant en un revêtement de nacelle 30 et un revêtement de moyeu 32. Alors que le revêtement du moyeu 32 tourne ensemble avec le moyeu 14, le revêtement de la nacelle 30 renferme la partie immobile de la nacelle. Le terme «immobile» désigne évidemment seulement la rotation due au vent, transmise par les pales de rotor 16 au moyeu 14 et au générateur. L'orientation face au vent n'est pas encore prise en compte ici.

La partie arrière de la nacelle, entourée par le revêtement 30 de la nacelle, contient une plateforme de nacelle 34 accessible aux personnes. En dessous de cette plateforme de nacelle 34 on a représenté un ventilateur 41. Ce ventilateur 41 aspire l'air extérieur au travers d'une fente d'aération 6 situé entre la tête de la tour 2 et l'extrémité inférieure ouverte du revêtement de la nacelle 3. Comme la sortie du ventilateur 41 est située à la partie supérieure de la plateforme de nacelle 34, le courant d'air LS aspiré par le ventilateur sortira au dessus de la plateforme de nacelle 34, étant ensuite conduit par le revêtement de ladite nacelle 30 vers le générateur. Ainsi, un courant d'air LS de direction définie atteint le générateur et y pénètre bien sûr aussi par les orifices dudit générateur. Ce faisant, le courant d'air LS évacue de la chaleur, refroidissant ainsi le générateur.

Vu que le revêtement de la nacelle 30 présente une section inférieure 100 avec une fente d'aération 36 ouverte vers le bas, à travers laquelle l'air est aspiré par le ventilateur 41, tout au plus de petites particules suspendues dans l'air seront-elles aspirées avec l'air, la majorité des particules plus lourdes, telles que poussières, grains de sable, gouttes de pluie ou grêlons restant, quant à elles, en dehors de la nacelle.

On reconnaît des déflecteurs 45 montés dans la zone du revêtement du moyeu 32, entre le générateur et le moyeu 14, lesdits déflecteurs d'air déviant le courant d'air LS passant par le générateur vers le pourtour extérieur du générateur, ce qui fait que les têtes de bobine 22 du stator se trouvant là, dans le courant d'air LS, soient donc sélectivement situées dans le passage dudit courant d'air sortant, de manière à être refroidies, de manière également sélective. L'air peut sortir par une fente d'aération située entre le revêtement de la nacelle 30 et le revêtement du moyeu 32, ce qui fait que le ventilateur 41 fait toujours suivre de l'air frais.

La figure 2 représente une vue agrandie et simplifiée d'une partie de la nacelle de la centrale éolienne montrée à la figure 1. On reconnaît dans cette figure également le support machine 4 installé sur la tête de la tour 2, ainsi que le tourillon d'essieu 8 et le support du stator 6 qui y sont fixés. Le stator 20 du générateur, avec son enroulement et les têtes de bobine 22 sont montés sur le support du stator 6. Le rotor 10 du générateur, avec les bobi-

nes d'excitation et les épanouissements polaires 12, sont montés en rotation autour du tourillon d'essieu 8. Des déflecteurs d'air 45 sont disposés sur le côté du rotor 10 tourné vers le moyeu (non représenté sur cette figure). Lesdits déflecteurs d'air 45 étendent le long du périmètre total du rotor, étant radialement repliés vers l'extérieur manière à s'étendre essentiellement et dans une proportion préétablie parallèlement au stator 20 et à l'enroulement du stator avec les têtes de bobine 22. On reconnaît d'autre part clairement la plateforme 34 de la nacelle dans la zone du revêtement de la nacelle 30, avec le ventilateur 41 situé en dessous de la plateforme 34, dont la sortie d'air se trouve, lui, au dessus de la plateforme 34 de la nacelle. Le ventilateur 41 aspire l'air extérieur au travers de la fente d'aération 36. Cette fente d'aération 36 se trouve entre la tête de la tour 2 et la section 100 du revêtement de la nacelle 30 ouverte vers le bas. On voit clairement sur cette figure que le bord inférieur 100 du revêtement de la nacelle s'ouvre en entonnoir vers l'extérieur, dans des proportions prédéterminées. Ceci permet au courant d'air de mieux épouser la paroi intérieure de cette zone du revêtement 30 de la nacelle et donc de pénétrer sans former de tourbillons dans la nacelle. Ceci assure l'utilisation de la section totale de la fente d'aération 36 en tant que surface d'aspiration effective, qui n'est ni gênée ni réduite par la formation de tourbillons.

L'air aspiré au travers de la fente d'aération 36 peut se tranquilliser un peu dans l'espace 110 situé sous la plateforme 34 de la nacelle, dû à la section augmentée et au ralentissement du courant d'air qui s'en suit, avant d'être transporté par le ventilateur 41 vers la face supérieure 120 de la plateforme 34 de la nacelle. L'air sortant sur la face supérieure 120 de la plateforme 34 de la nacelle est à son tour conduit par le revêtement 30 de la nacelle vers le générateur 6, 10, 12, 20, 22, après quoi il traverse ledit générateur dont il peut évacuer la chaleur et, ce faisant, le refroidir.

Une fois que l'air a traversé le générateur, il est conduit sélectivement par les déflecteurs d'air 45 sur les têtes de bobine 22, avant de sortir par une fente d'aération située entre le revêtement 30 de la nacelle et le revêtement 32 du moyeu, évacuant ainsi la chaleur.

La figure 3 est une vue du dessus de la partie arrière de la nacelle. On reconnaît bien le support machine 4 sur cette figure, sur lequel est monté le support du stator 6 du générateur. Dans cette figure, la plateforme 34 du stator renferme le support machine 4, et on reconnaît sur la plateforme 34 de la nacelle trois ventilateurs 41, 42, 43 ou encore, vu qu'il s'agit d'une vue plongeante, les sorties d'air correspondantes. Il en découle que le courant d'air LS nécessaire au refroidissement du générateur peut être non seulement généré par un ventilateur, mais aussi par une multitude de ventilateurs.

Un autre aspect de l'invention est constitué par le colmatage de la plateforme 34 de la nacelle par rapport au revêtement 30 de la nacelle. Ce colmatage doit être réalisé avec grand soin, afin d'éviter un court-circuit de circulation d'air. Un tel court-circuit de circulation serait susceptible de se produire si l'air envoyé par les ventilateurs 41, 42, 43 dans l'espace situé au dessus de la plateforme 34 de la nacelle pouvait contourner la plateforme par des fuites entre la plateforme 34 de la nacelle et le revêtement 30 de la nacelle, retournant de ce fait dans la zone d'aspiration des ventilateurs 41, 42, 43. Ceci aurait pour conséquence que ce courant d'air circulant autour de la plateforme 34 de la nacelle ne s'écoulerait pas en direction du générateur, ne participant donc pas au refroidissement.

D'autres mesures de colmatage seront à prévoir afin d'augmenter l'efficacité du refroidissement du générateur par le courant d'air. Ces dernières sont montrées à la figure 4. Cette figure montre une vue de face du générateur depuis la direction de la plateforme de la nacelle, qui n'est cependant pas représentée dans cette figure.

On reconnaît le tourillon d'essieu 8 dans la zone centrale. Le rotor 10 du générateur est monté en rotation autour dudit tourillon d'essieu 8. Le rotor 10 tourne à l'intérieur du stator 20, laissant un entrefer générateur 24 entre le rotor 10 et le stator 20.

Afin d'obtenir un refroidissement aussi performant que possible, l'air devra circuler exclusivement dans l'entrefer générateur 24. C'est pourquoi le rotor 10 est colmaté en soi de telle sorte qu'il ne puisse pas être traversé par le courant d'air. De plus, le stator 20 est également colmaté par rapport au revêtement 30 de la nacelle. Ainsi, le seul chemin restant au courant d'air LS est celui passant dans l'entrefer générateur 24. On obtient ainsi le meilleur rendement possible.

Afin d'éviter également un court-circuit de circulation sur la face de la plateforme de la nacelle (non représentée dans cette figure) tournée vers le générateur, des tôles de recouvrement 26 seront à prévoir. Ces dernières se raccordent directement en dessous de la plateforme de la nacelle (non représentée dans cette figure), colmatant la zone d'aspiration par rapport au restant de la nacelle ou vice-versa. Ainsi, l'air se trouvant dans la nacelle et au-dessus de la plateforme de la nacelle est conduit au générateur, pouvant circuler également par l'entrefer générateur 24 se trouvant là, en sortant du plan d'observation de cette figure derrière les tôles de recouvrement 26. A cette fin, les tôles de recouvrement 26 sont situées à une distance prédéterminée du générateur, permettant ainsi cette circulation de l'air.

De ce fait, la totalité de l'air déplacé par les ventilateurs passe dans l'entrefer générateur 24, évacuant ainsi un maximum de chaleur.

La figure 5 représente encore une vue agrandie d'un secteur du générateur et des voies empruntées par le courant d'air LS dans ce secteur. On reconnaît la tour 2 dans la zone de droite de la figure, ainsi que la fente d'aération 36 constituée entre la tour 2 et le bord du revêtement de la nacelle ouvert vers la bas et s'ouvrant en entonnoir, ladite fente d'aération étant aussi nommée fente azimutale. La description des figures 1 à 4 fournit également la description de l'aspiration de l'air, de son introduction à l'intérieur de la nacelle et de son amenée au générateur. On reconnaît dans cette figure que le courant d'air circule par l'entrefer générateur 24, entre les épanouissements polaires 12 fixées au rotor 10 et l'enroulement du stator avec les têtes de bobine 22 se trouvant sur le stator 20, lui-même tenu par le support 6 du stator. Une fois que l'air a passé ledit entrefer générateur 24, il rencontre les défecteurs d'air 45 disposés sur le rotor 10, étant déviés par ces derniers de telle manière qu'il circule sélectivement autour de la tête de bobine 22 située sur la gauche de la figure, en évacuant également la chaleur de manière efficace. Ensuite, le courant d'air ressort vers l'extérieur par une fente d'aération située entre le revêtement 32 du moyeu et le revêtement 30 de la nacelle.

La figure 6 montre une vue partielle d'un autre exemple de réalisation d'une centrale éolienne. Contrairement aux centrales éoliennes montrées aux figures 1 à 5, celle-ci présente un ventilateur 38 situé à une extrémité de la nacelle 30. Ce ventilateur 38 a pour but d'induire un courant d'air dans la nacelle, afin de refroidir le générateur et d'autres composants susceptibles d'échauffement. Comme décrit précédemment, le rotor 10 et le stator 20 du générateur sont colmatés de sorte que le courant d'air induit par le ventilateur 38 ne puisse circuler de la partie arrière de la nacelle vers l'avant de la nacelle qu'en traversant l'entrefer entre rotor 10 et stator 20, participant ainsi au refroidissement du générateur. Autrement dit, le refroidissement du générateur a lieu comme expliqué dans les exemples de réalisation décrits plus haut, un ventilateur 38 étant cependant utilisé sur le côté extérieur de la nacelle 30 pour assurer l'amenée d'air frais.

Selon l'invention, les systèmes de ventilation sont installés sur la plateforme de la nacelle, faisant circuler l'air aspiré vers le haut dans le secteur de la nacelle voisinant la partie arrière du générateur (vue du côté rotor). L'air aspiré doit être aspiré soit depuis la tour en soi, ou de manière préférée depuis la fente d'aération de la tour, c.-à-d. la fente située entre le support machine et la tour, là ou se trouve également le pallier azimutal, permettant d'orienter la centrale au vent selon l'angle désiré.

L'espace d'aspiration est colmaté vers l'avant en direction du générateur, par exemple au moyen de tôles, la fente entre la plateforme de la nacelle et l'enveloppe de la nacelle (faite de matière plastique renforcée aux fibres de verre) étant par exemple aussi colmatée au moyen de tôles.

Du côté du rotor de pales de la nacelle, les déflecteurs d'air font circuler l'air de refroidissement passant par la fente d'aération le long de la tête de bobine du stator, l'air ainsi échauffé pouvant ressortir directement par la fente d'aération située entre le rotor de pales et la nacelle.

Préférentiellement, tous les orifices du rotor sont totalement fermés, ce qui n'est cependant non seulement valable pour de simples perforations, mais aussi pour le trou d'homme, c.-à-d. l'ouverture permettant au besoin à un mécanicien du service d'entretien de passer de la partie arrière de la nacelle dans le rotor de pales, pour y effectuer des travaux d'entretien éventuellement nécessaires. Ce trou d'homme peut par exemple être fermé au moyen d'une bâche pouvant facilement être enlevée ou encore ouverte, au cas où il y aurait des réparations à effectuer. Une fois ces travaux finis, ledit trou d'homme peut à nouveau être hermétiquement fermé au moyen de ladite bâche.

La nacelle entoure uniformément l'anneau du stator, et il est également prévu selon l'invention, qu'une fente existant possiblement entre la nacelle et ledit anneau du stator soit fermée hermétiquement au moyen d'une garniture adaptée.

Une conséquence de l'invention est non seulement l'obtention d'une meilleure utilisation d'un générateur en place, mais aussi une réduction notable des besoins en énergie électrique nécessaires pour assurer une ventilation suffisante.

Compte-tenu du fait que pour une centrale éolienne du type Enercon E-48 l'aire de la section de l'entrefer générateur soit de l'ordre de $0,5 \text{ m}^2$, et que d'autres orifices dans le rotor présentent une section de $0,1 \text{ m}^2$, ces mesures réduisent à elles seules d'au moins 20 % la puissance de ventilation nécessaire.

Alternativement à la fente d'aération située entre la tour et la partie inférieure 100 de la nacelle décrite ci-dessus, on pourra également prévoir des orifices dans la partie inférieure de la nacelle. De tels orifices pourront être par exemple des grilles, des fentes ou des orifices semblables. Alternativement, ou en supplément, un capot orienté sous le vent ou des orifices

orientés au vent peuvent être prévus dans la nacelle, afin d'aspirer l'air circulant le long de la nacelle par l'arrière.

La figure 7 montre une section schématique d'une nacelle de centrale éolienne selon un autre exemple de réalisation. La nacelle 170 contient un générateur 180, une chambre pressurisée 176 et une chambre d'aspiration 175, séparées entre elles par une paroi ou par une plateforme 177. La paroi 177 sera de préférence hermétique et soigneusement colmatée par rapport à la nacelle. Deux ventilateurs 600, 610 sont prévus dans la paroi intermédiaire 177, l'un des deux ventilateurs 600, 610 étant orienté horizontalement et le second ventilateur 610 étant orienté verticalement. Le ventilateur orienté verticalement sera disposé de préférence de telle manière que l'air aspiré soit introduit dans la zone de l'entrefer du générateur 180. Le second ventilateur 610 fait circuler l'air depuis la chambre d'aspiration 175 à travers l'entrefer générateur en tant que courant d'air 700, dans une zone située derrière le générateur 180. Ainsi, de l'air est aspiré à travers une fente située dans la tour ou à l'arrière de la nacelle, pour être conduit dans la chambre d'aspiration 175, d'où l'air sera forcé d'entrer dans la chambre pressurisée 176 par les ventilateurs 600, 610. Vu qu'il règne un certain excès de pression dans la chambre pressurisée 176, l'air s'échappera par l'entrefer générateur 180, refroidissant le générateur en conséquence. Ensuite, l'air sortira par une fente d'aération 179 constitué dans le capot de la nacelle 170.

Le courant d'air 700 traversant l'entrefer générateur est appuyé par le premier ventilateur 600 orienté horizontalement. Aussi bien le premier ventilateur 600 que le second ventilateur 610 peuvent être constitués d'un seul ou de plusieurs ventilateurs.

Il est important, lors de la réalisation de l'espace intérieur de la nacelle et de la paroi de colmatage 177, que ces éléments soient hermétiquement colmatés par rapport à la nacelle, vu que d'éventuelles fuites réduiraient la puissance de ventilation et de ce fait du refroidissement du générateur.

La figure 8 représente une section schématique d'une nacelle de centrale éolienne selon un autre exemple de réalisation de l'invention. La figure 8 montre en particulier les endroits où pourraient apparaître des fuites. Une première fuite A pourrait par exemple se produire entre la plateforme 177 et le capot 170 de la nacelle. D'autres fuites B peuvent se produire entre la plateforme 177 et un support machine de la nacelle, en particulier dû à des orifices pour le passage de câbles pratiqués dans la plateforme 177. De plus, des fuites C peuvent se produire entre la paroi avant de la séparation entre la chambre d'aspiration et la chambre pressurisée ainsi que le capot 170 de la nacelle. Une autre fuite D peut être causée par des

trous dans le rotor du générateur de la centrale éolienne. Encore une autre fuite E peut être causée par l'écouille du capot. Finalement, une autre fuite peut aussi être causée par les orifices pour le passage de câbles pratiqués dans le support machine.

Toutes les fuites possibles mentionnées ci-dessus doivent être colmatées en adaptant des mesures adaptées, afin d'obtenir le meilleur refroidissement possible du générateur.

Le fait de prévoir une plateforme avec une paroi avant et, au besoin, une autre paroi parallèle à la paroi arrière de la nacelle, permet de partager l'intérieur de la nacelle en une chambre pressurisée et une chambre d'aspiration.

La figure 9 montre une vue partielle en perspective d'une nacelle selon un autre exemple de réalisation de l'invention. Sous la plateforme de la nacelle sont disposées des tôles de nacelle G, ainsi qu'une bâche de nacelle H. Les bords des tôles et de la bâche prennent appui par des tôles I faisant office de joints d'herméticité contre la paroi extérieure de la nacelle. A l'arrière de la nacelle, une bâche de plateforme J sépare la chambre d'aspiration de la chambre pressurisée. On y a représenté cinq ventilateurs F aspirant de l'air par la fente de la tour et/ou par l'orifice arrière et injectant cet air vers le haut ou respectivement vers l'avant. Une telle disposition des ventilateurs et de la nacelle est avantageuse, vu que l'émission de bruit vers l'extérieur s'en trouve réduite, et la quantité de pluie et de poussière aspirés ou soufflés dans l'installation est également réduite. On pourra, de plus, envisager l'installation de ventilateurs plus puissants. En outre, les ventilateurs sont susceptibles d'être échangés plus tard.

Selon un autre exemple de réalisation de l'invention, une pluralité de ventilateurs sont répartis le long du périmètre du générateur, afin d'injecter de l'air par la fente d'aération du générateur. Le nombre de ventilateurs peut être redondant, de sorte qu'en cas de défaillance d'un ventilateur, les autres ventilateurs soient en mesure d'injecter une quantité d'air suffisante par la fente d'aération du générateur, afin de maintenir le refroidissement. Alternative-ment, ou en plus de ceci, on pourra installer une puissance de ventilateurs redondante, afin que les ventilateurs soient en mesure de remplacer un ventilateur défaillant, du moins brièvement. Dans ce cas, les ventilateurs seront de préférence installés au voisinage de la fente d'aération, distribués le long du périmètre du générateur.

La chambre pressurisée sera conçue de manière à ce qu'il y règne un excès de pression, de sorte qu'un ventilateur puisse tomber en panne, sans que l'air ne cesse de circuler par la fente d'aération du générateur, dû à la différence de pressions entre la chambre pres-

surisée et la zone située devant le générateur. Comme indiqué plus haut, ceci nécessitera un colmatage correspondant de la chambre pressurisée.

Selon un autre exemple de réalisation, on pourra installer des grilles de ventilation au dessus des ventilateurs orientés de préférence horizontalement, afin d'éviter que des objets ne puissent tomber dans les ventilateurs. Alternativement, ou de façon supplémentaire, on pourra prévoir de couvrir les grilles de ventilation d'une natte empêchant que des objets ne puissent tomber dans le ventilateur. Dans ce cas, la natte sera de préférence attachée par une seule extrémité, de manière à être déplacée vers le haut par le courant d'air généré par le ventilateur lorsque ce dernier est en fonctionnement, ladite natte retombant sur la grille de ventilation aussitôt le ventilateur arrêté. Ceci assurera la protection des ventilateurs même contre les petits objets, le fonctionnement des ventilateurs ne s'en trouvant pas gêné outre mesure.

Grâce au ventilateur 600 orienté vers le haut représenté à la figure 7, on pourra raccourcir la courant d'air, ce dernier pouvant être dirigé directement sur ou encore dans le voisinage de la fente d'aération du générateur. Ceci assurera la formation d'un courant d'air dirigé aussi bien vers le haut que vers l'avant. L'air nécessaire sera obtenu par la fente de la tour et par une ouverture pratiquée à l'arrière de la nacelle.

Typiquement, l'aire de l'entrefer générateur est de $0,5 \text{ m}^2$. Mais si par exemple un seul passage de câbles dans la plateforme restait ouvert ($0,1 \text{ m}^2$), la puissance de ventilation s'en trouverait réduite de 20 % environ.

Revendications

1. Centrale électrique éolienne ayant une tour, une nacelle montée en rotation sur la tour, un générateur avec rotor et stator installé à l'intérieur de la nacelle et au moins un ventilateur situé dans la zone de la nacelle,

caractérisée par une disposition du ventilateur (41, 42, 43) à l'intérieur de la nacelle (30), ledit ventilateur (41, 42, 43) aspirant de l'air à l'extérieur par une première fente d'aération (36) ouverte vers le bas, située en particulier entre la tour (2) et la nacelle (30).

2. Centrale éolienne selon la revendication 1, caractérisée par une pluralité de ventilateurs (41, 42, 43) installés à l'intérieur de la nacelle à une certaine distance l'un de l'autre.

3. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par une plateforme (34) de la nacelle (30) et par des ventilateurs (41, 42, 43) disposés en dessous de la plateforme (34), des sorties pour l'air aspiré étant disposées au dessus de la plateforme (34).

4. Centrale éolienne selon la revendication 3, caractérisée par une plateforme (34) colmatée latéralement et vers le bas par rapport à la nacelle (30), de sorte que la nacelle (30) soit colmatée par rapport à la zone des ventilateurs (41, 42, 43¹).

5. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par un colmatage du rotor (10) lui-même et du stator (20) par rapport à la nacelle (30), de sorte qu'il ne reste ouverte essentiellement qu'une seconde fente d'aération (24) entre le rotor (10) et le stator (20) du générateur, permettant l'évacuation de l'air aspiré.

6. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée par des déflecteurs d'air (45) prévus sur tout le pourtour du rotor (10), couvrant la seconde fente d'aération (24) entre rotor (10) et stator (20) à une distance prédéterminée, et s'étendant parallèlement au stator (20) du générateur sur une distance prédéterminée.

7. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes, la nacelle présentant une zone inférieure (100) s'étendant sur une distance prédéterminée parallèlement à la tour, et se terminant par un bord ouvert vers le bas, caractérisé par un bord inférieur renflé formant bourrelet.

8. Centrale éolienne selon la conception générique de la revendication 7, caractérisée par une section inférieure (100) de la nacelle (30) s'ouvrant en forme d'entonnoir dans une mesure prédéterminée.

9. Centrale électrique éolienne ayant une tour et une nacelle montée en rotation sur ladite tour, présentant un générateur avec un rotor (10) et un stator (20) ainsi qu'au moins un ventilateur (41, 42, 43),

caractérisée en ce que le générateur divise la nacelle (30) en une zone avant et une zone arrière, lesdites zones étant reliées entre elles par l'entrefer entre stator (20) et rotor (10), au moins un ventilateur (41, 42, 43) installé dans la nacelle faisant passer de l'air de la zone arrière de ladite nacelle dans la zone avant au travers de l'entrefer,

des garnitures de joint ayant été prévues dans la nacelle, de telle sorte qu'il n'y ait pratiquement pas de courant d'air passant à côté de l'entrefer.

10. Centrale éolienne selon la revendication 9,

caractérisée en ce que moins de 20 %, et de préférence moins de 5 % de l'air soufflé par les ventilateurs (41, 42, 43) de la zone arrière dans la zone avant de la nacelle ne suivent pas le chemin passant par la fente d'aération entre le stator (20) et le rotor (10).

11. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10,

caractérisée en ce que la nacelle (30) présente une paroi de séparation (34) dans sa zone arrière, divisant la zone arrière de la nacelle en une première et une seconde section.

12. Centrale éolienne selon la revendication 11,

caractérisée en ce que au moins un ventilateur soit agencé dans la seconde section de la zone arrière de la nacelle (30), soufflant l'air au travers de la paroi de séparation (34) dans la première section de la zone arrière de la nacelle (30).

13. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12,

caractérisée en ce que la paroi de séparation (34) consiste en une tôle présentant une partie horizontale, une partie accessible aux personnes et une partie verticale.

14. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications 9 à 13,
caractérisée en ce que des éléments (45) dirigeant le courant d'air sont disposés dans la partie avant de la nacelle, faisant passer le courant d'air sortant de la fente d'aération sur les bobinages (têtes de bobines) du stator (20).
15. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications 9 à 14,
caractérisée en ce que le rotor (10) du générateur présente une ouverture de passage (trou d'homme) fermée, de sorte que ladite ouverture ne permette pratiquement pas, ou pas du tout, le passage d'air.
16. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications 9 à 15,
caractérisée en ce que le stator (20) du générateur présente un anneau de stator, des moyens de colmatages étant insérés entre cet anneau de stator et la nacelle entourant ledit anneau.
17. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications 9 à 16,
caractérisée en ce que les ventilateurs (41, 42, 43) aspirent de l'air venant de l'extérieur par une fente d'aération située entre la tour (2) et la nacelle (30), faisant entrer cet air dans ladite nacelle (30).
18. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications 11 à 13,
caractérisée en ce qu'une seconde paroi de séparation verticale est prévue, accolée de telle sorte à la plateforme, qu'elle s'étend parallèlement au générateur, un ventilateur supplémentaire étant disposé de telle sorte dans la seconde paroi de séparation verticale que l'air aspiré par ledit ventilateur soit dirigé sur ou dans le voisinage de la fente d'aération du générateur.
19. Centrale éolienne selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce qu'une grille d'aération est installée au dessus de chaque ventilateur, une natte étant uniquement fixée par l'une de ses extrémités à la grille d'aération-

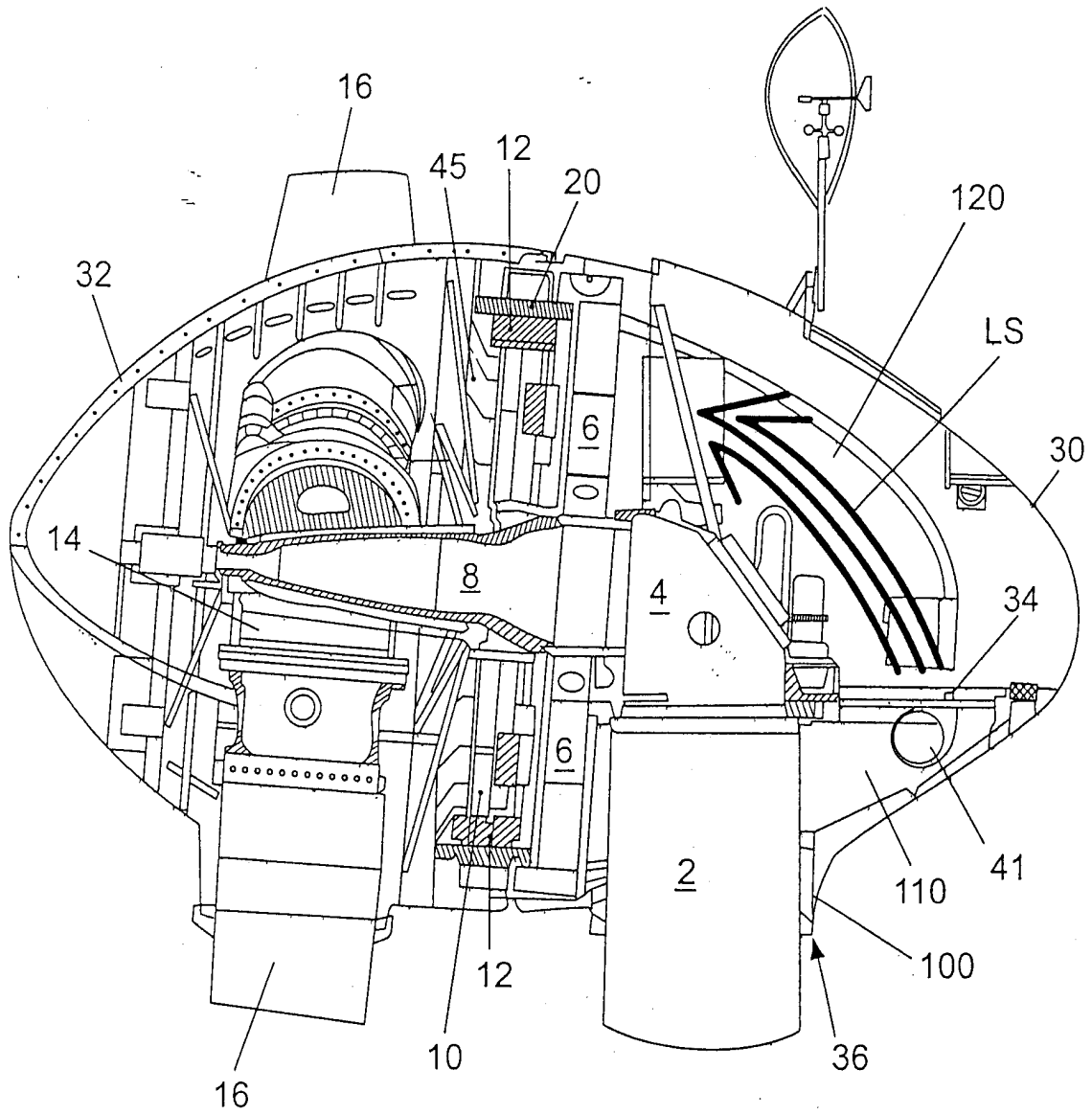
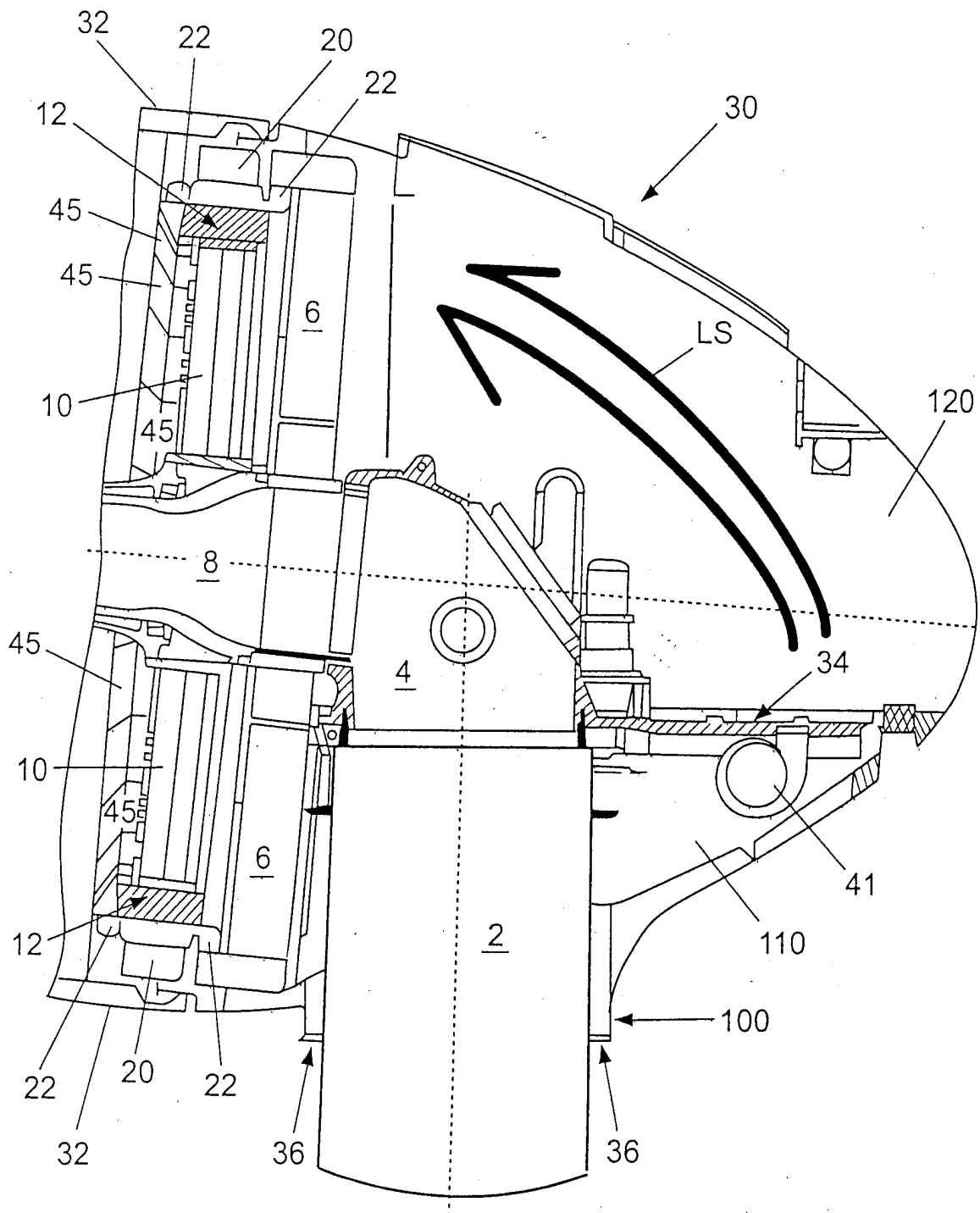


Fig.1



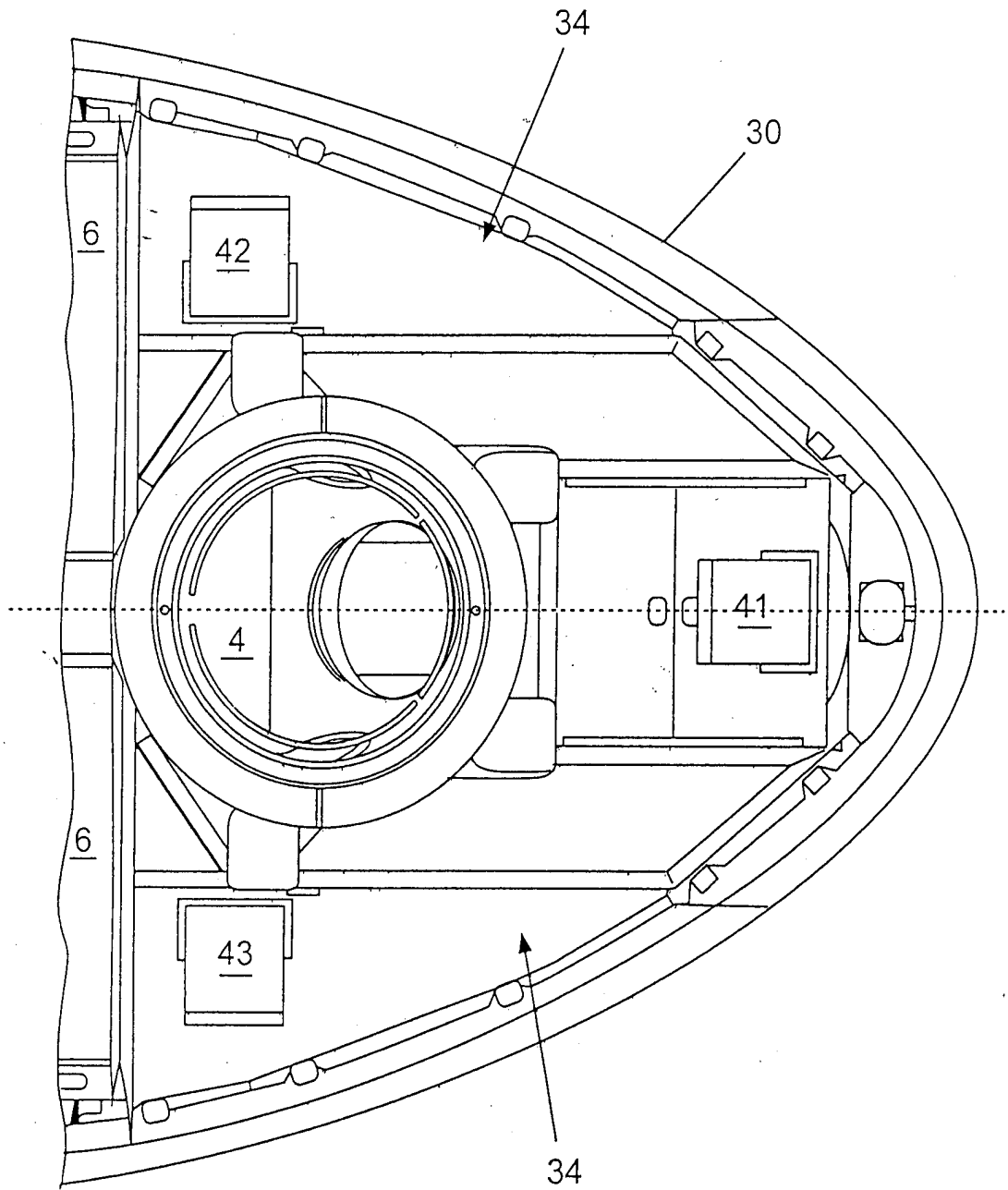


Fig.3

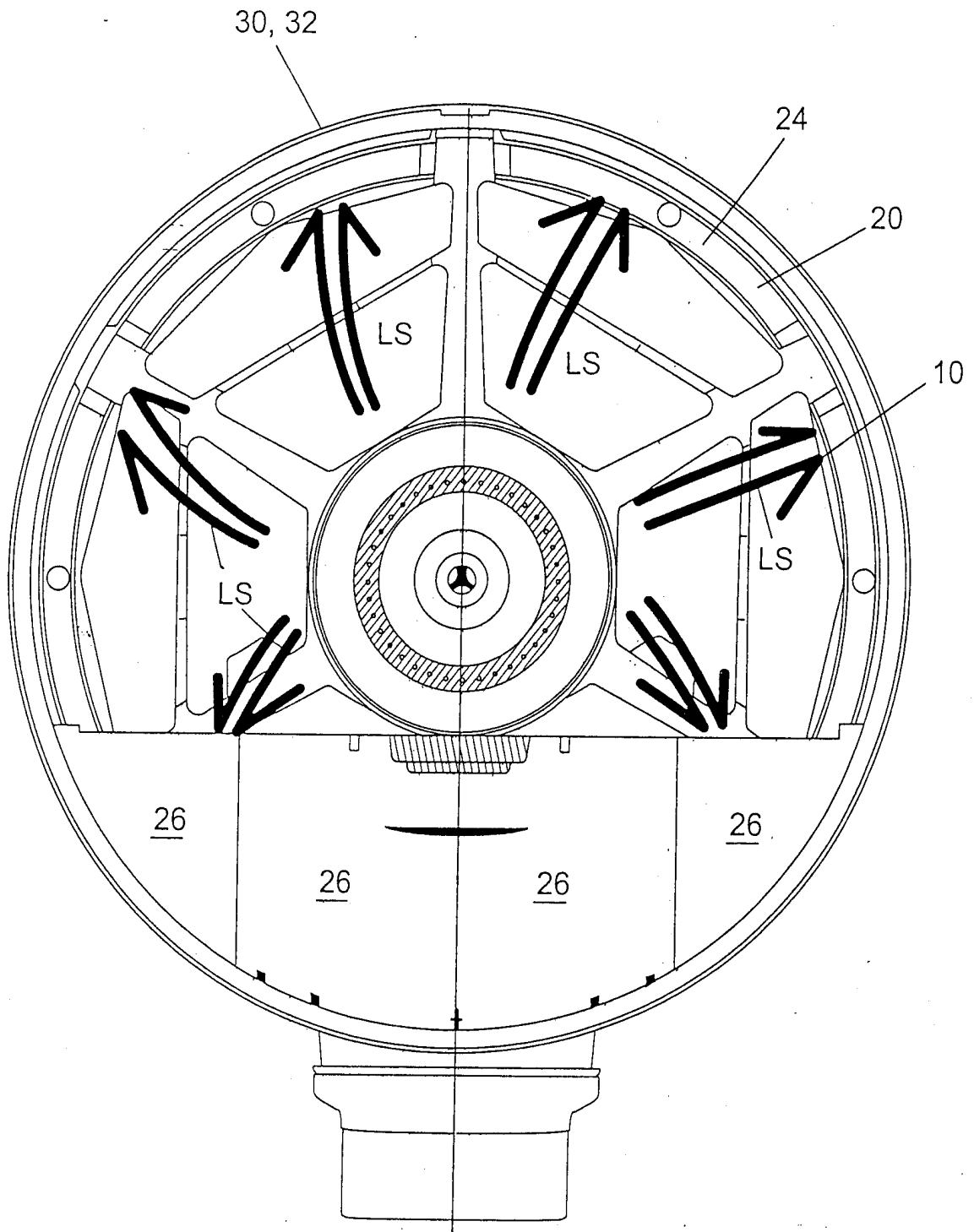


Fig.4

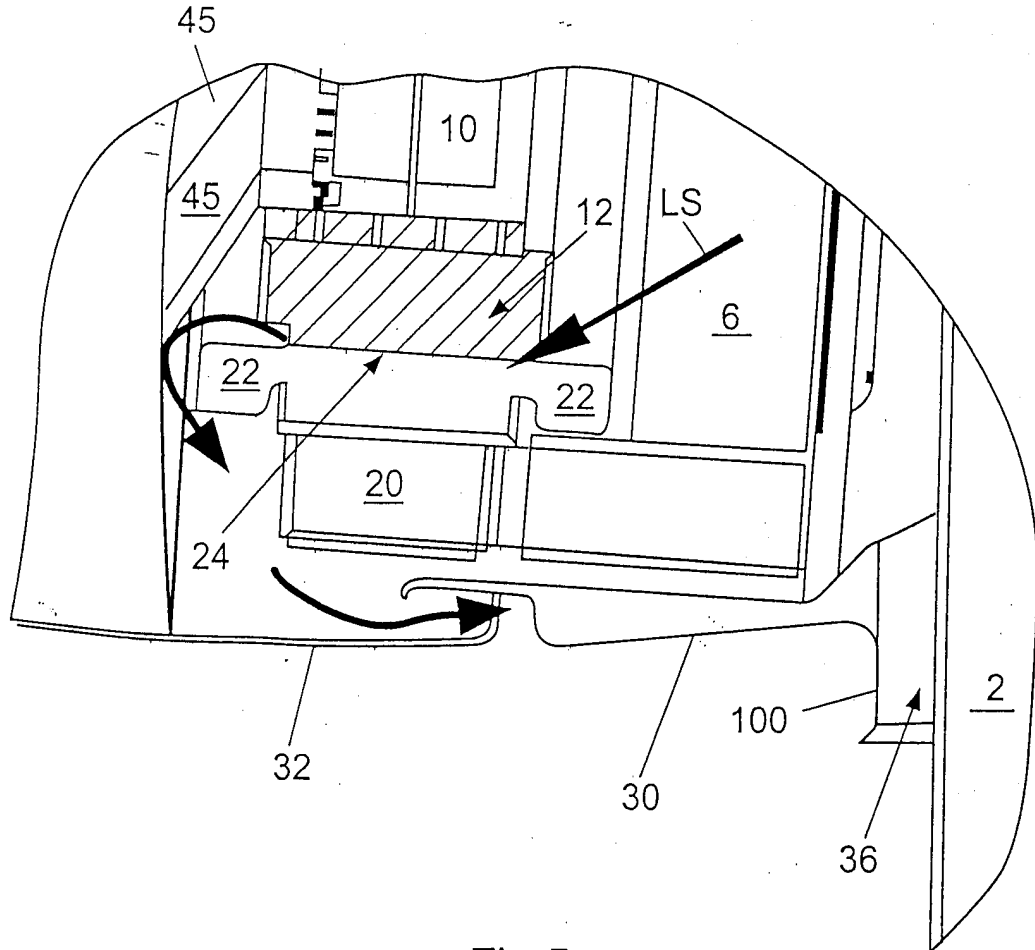


Fig.5

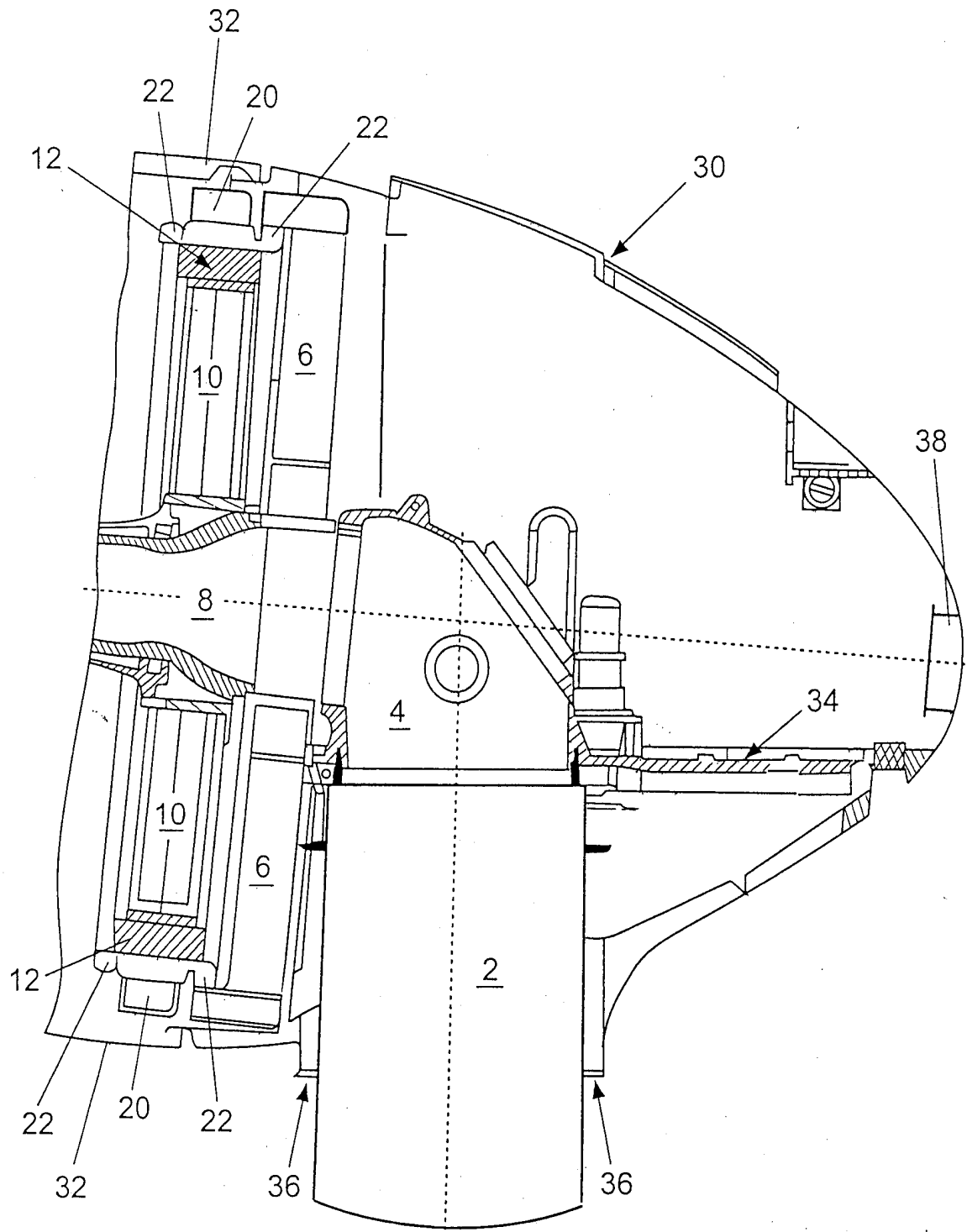


Fig.6

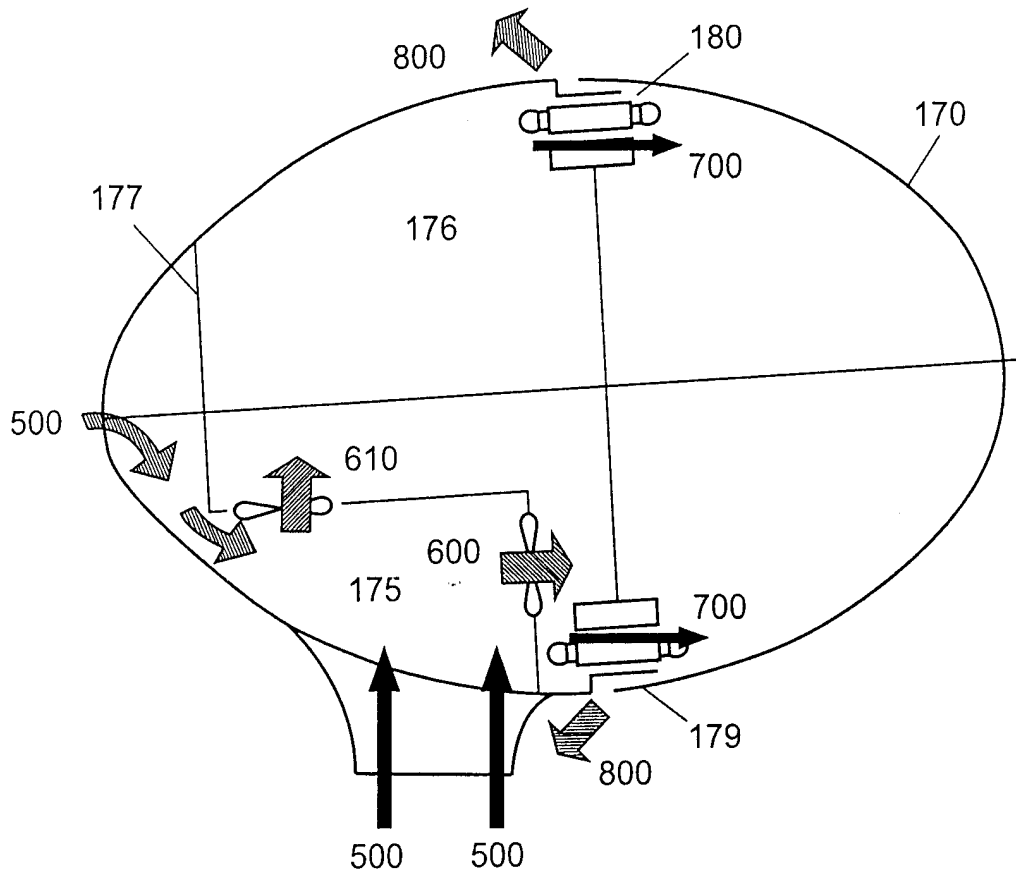


Fig.7

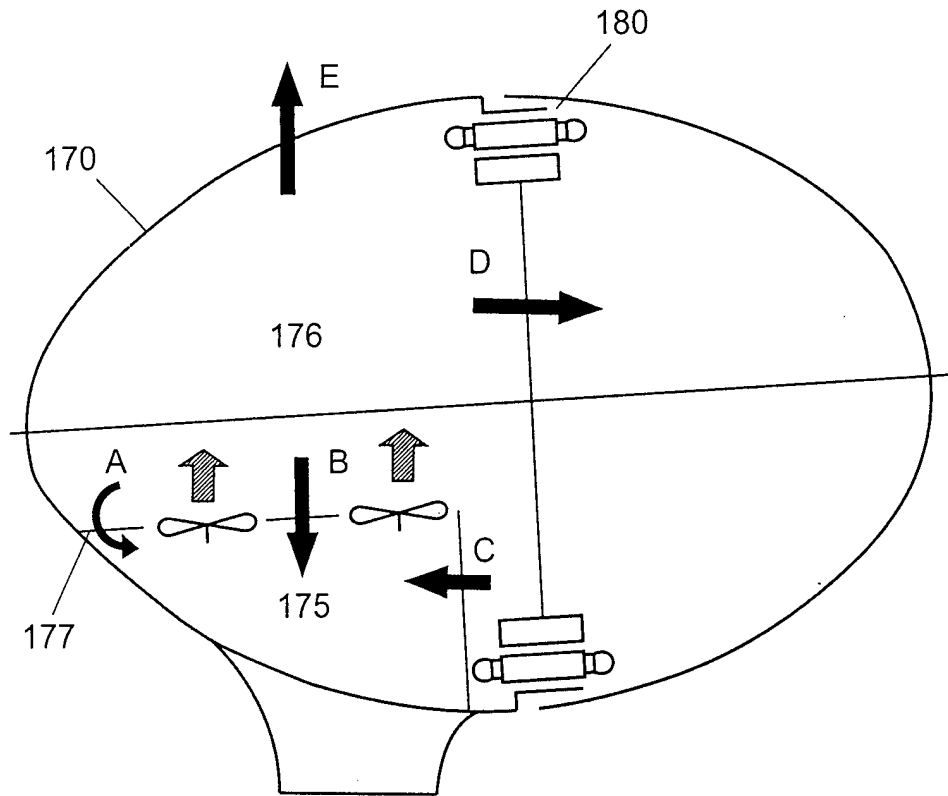


Fig.8

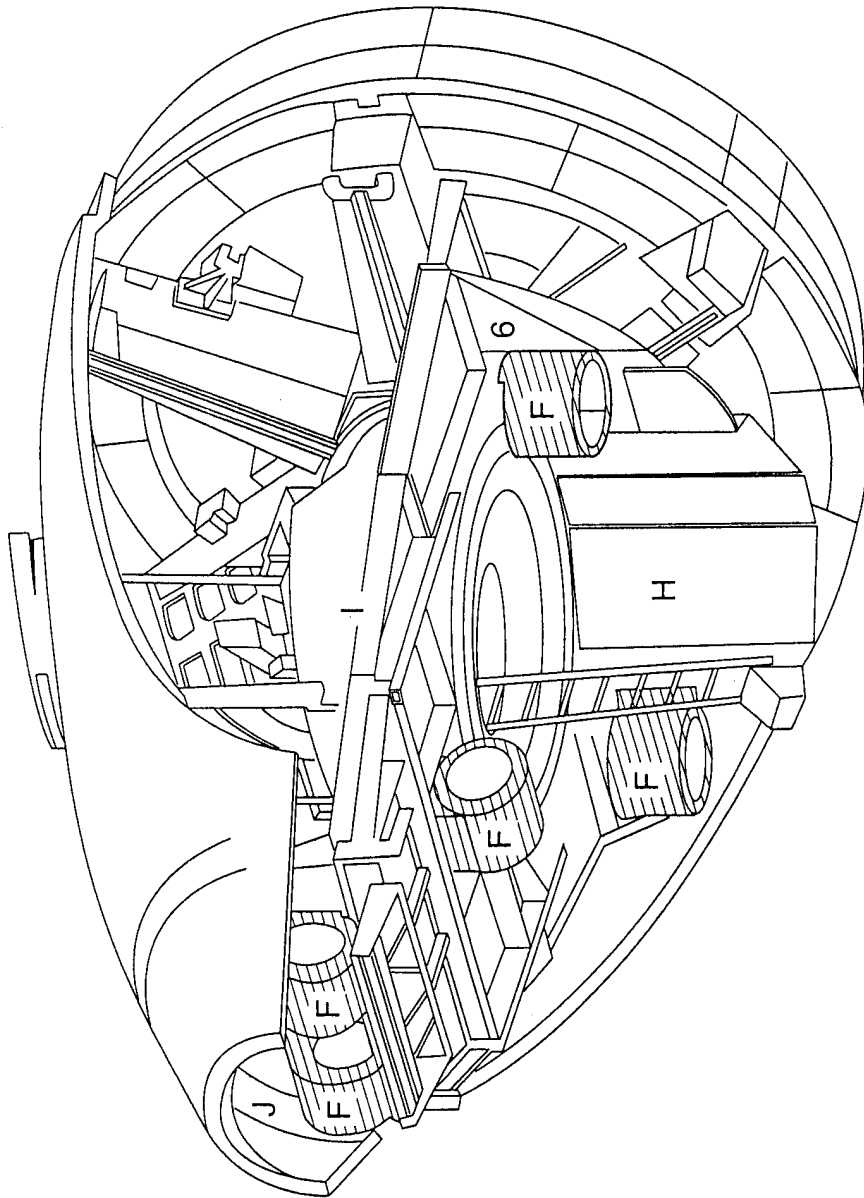


Fig.9