

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : **2 645 366**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **89 04063**

⑤1 Int Cl<sup>5</sup> : H 02 K 9/20.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 29 mars 1989.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 40 du 5 octobre 1990.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : VSESOJUZNY NAUCHNO-ISSLEDOVA-  
TELSKY, PROEKTNO-KONSTRUKTORSKY I TEKHOLOGI-  
CHESKY INSTITUT VZRYVOZASCHISCHENNOGO I RUD-  
NICHNOGO ELEKTROBORUDOVANIA (VNIIVE). — SU.

⑦2 Inventeur(s) : Viktor Alexeevich Sevostyanov ; Ivan Gri-  
gorievich Boiko ; Fedor Kondratievich Zinziver ; Ivan Gri-  
gorievich Shirnin ; Leonid Pinkhusovich Gindes ; Anatoly  
Vladimirovich Miroshnichenko ; Alexandr Ivanovich Park-  
homenko ; Alexandr Fedorovich Cherkashin.

⑦3 Titulaire(s) :

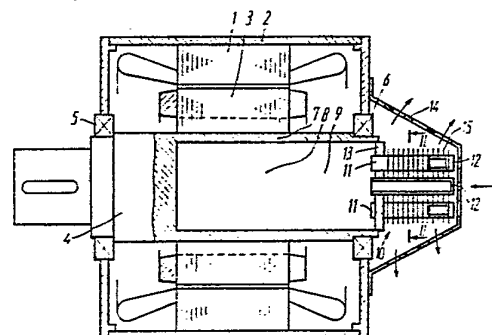
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Hirsch, Conseil en Brevets d'In-  
vention.

⑤4 Machine électrique à tube d'échange centrifuge de chaleur pour le refroidissement du rotor.

⑤7 Le rotor de la machine électrique est refroidi à l'aide d'un  
tube d'échange centrifuge de chaleur, la zone de condensation  
des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur étant disposée à  
l'extérieur de la zone du rotor et formée par un groupe de  
tubes, fixés dans des trous d'un disque rendu solidaire de  
l'arbre.

Les extrémités des tubes 12 qui sont engagées dans le  
disque 13 sont ouvertes et orientées vers la zone 9 de  
transfert des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur qui se  
forment dans la zone 8 d'évaporation de l'agent d'échange de  
chaleur prévu dans la zone du rotor 3. Les extrémités oppo-  
sées des tubes 12 situées à l'extérieur de l'enveloppe 2 de la  
machine sont obturées.

Application aux moteurs à courant continu à fort couple et  
aux moteurs asynchrones à rotor en court-circuit à glissement  
élevé et à démarrages fréquents.



FR 2 645 366 - A1

D

MACHINE ELECTRIQUE A TUBE D'ECHANGE CENTRIFUGE DE CHALEUR  
POUR LE REFROIDISSEMENT DU ROTOR

5 La présente invention concerne les machines électriques  
tournantes et a, notamment, pour objet les machines électri-  
ques à tube d'échange centrifuge de chaleur pour le refroi-  
dissement du rotor.

L'invention peut être utilisée pour des moteurs à cou-  
rant continu à couple élevé, les moteurs asynchrones réglables  
10 à rotor en court-circuit ainsi que pour des moteurs à rotor à  
bagues, à glissement élevé et démarrages fréquents.

On connaît une machine électrique (DE-A-1 928 358) dans  
laquelle le rotor est monté d'une manière étanche sur un arbre  
creux fermé et réalisé sous la forme d'un tube d'échange de  
15 chaleur rempli partiellement d'un agent liquide d'échange de  
chaleur. Le tronçon sur lequel est fixé le rotor constitue la  
zone d'évaporation de l'agent d'échange de chaleur. Les tron-  
çons de l'arbre, disposés des deux côtés du rotor, servent de  
zone de transfert et de zone de condensation des vapeurs  
20 émises par l'agent d'échange de chaleur. La surface intérieure  
de tous les tronçons de l'arbre est cylindrique et son rayon  
est constant sur toute la longueur de l'arbre. Pendant le  
fonctionnement de la machine électrique, le rotor s'échauffe.  
Sous l'action de la chaleur, l'agent liquide d'échange de  
25 chaleur passe dans la zone d'évaporation à l'état de vapeur en  
se déplaçant vers les zones de condensation disposée à l'ex-  
trémité de l'arbre de deux côtés de la zone d'évaporation.  
Après la condensation des vapeurs, la chaleur de condensation  
est cédée au milieu environnant. Pendant la rotation du rotor,  
30 un courant fermé d'agent d'échange de chaleur se forme sous  
l'action des forces centrifuges dans la cavité intérieure de

l'arbre qui assure ainsi l'évacuation de la chaleur suivant le principe du tube d'échange centrifuge de chaleur.

Dans la structure envisagée ci-dessus, le tube d'échange de chaleur présente une surface faiblement développée tant  
5 dans la zone de condensation de l'agent d'échange de chaleur (surface intérieure de l'arbre dans la zone de condensation) que dans la zone où la chaleur est cédée à l'espace environnant (surface extérieure de l'arbre dans la zone de condensation) et, en outre, la paroi de l'arbre dans la zone de condensation  
10 est très épaisse. Ces particularités de la structure d'échange de chaleur limitent les capacités de transmission de chaleur du tube d'échange de chaleur de la machine électrique qui dégage la chaleur à évacuer.

On connaît une machine électrique qui est munie d'un  
15 tube d'échange centrifuge de chaleur pour le refroidissement du rotor (SU-A-678 599), et dont le stator logé dans une carcas- se entoure un rotor monté suivant son axe longitudinal. Le rotor est monté sur un arbre creux, réalisé sous la forme d'un tube d'échange de chaleur et monté rotatif dans le corps par  
20 l'intermédiaire des paliers d'appui. L'un des tronçons de l'arbre placé dans la zone du rotor constitue la zone d'évaporation de l'agent d'échange de chaleur et la zone de transfert des vapeurs d'agent d'échange de chaleur remplissant partiellement le tube d'échange de chaleur. La surface intérieure  
25 de ce tronçon présente une forme cylindrique à rayon constant sur toute sa longueur. L'autre secteur de l'arbre, disposé à l'extérieur de la zone du rotor constitue la zone de condensation des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur et est réalisé sous la forme d'un cône tronqué dont la surface exté-  
30 rieure est munie des nervures et dont la plus grande base est orientée vers le rotor. Les nervures sont réalisées sous la forme de gaufrages longitudinaux dont la hauteur variable diminue à partir de la petite base vers la grande base et elles sont pourvues d'une bague de guidage entourant la sur-  
35 face extérieure des gaufrages de la petite base. Dans la machine électrique connue, la zone de condensation des vapeurs d'agent d'échange de chaleur est caractérisée également par

des surfaces faiblement développées sur lesquelles les vapeurs se condensent et sur lesquelles s'effectue l'échange extérieur de la chaleur et, par conséquent, les possibilités de refroidissement du rotor se trouvent limitées. Il en résulte que la  
5 puissance des machines électriques refroidies par un tube d'échange centrifuge de chaleur est limitée.

On s'est donc proposé de créer une machine électrique munie d'un tube d'échange centrifuge de chaleur pour le refroidissement du rotor, dans laquelle le mode de réalisation  
10 du tube d'échange centrifuge de chaleur permettrait, grâce à l'augmentation notable de la surface sur laquelle se produit la condensation des vapeurs d'agent d'échange de chaleur et de la surface extérieure qui cède la chaleur, d'augmenter l'efficacité du refroidissement de la machine électrique et d'assu-  
15 rer le refroidissement des machines électriques de grande puissance.

Le problème ainsi posé est résolu à l'aide d'une machine électrique munie d'un tube d'échange centrifuge de chaleur pour le refroidissement du rotor et comportant: un stator  
20 monté dans une enveloppe en carcasse et entourant un rotor qui est logé avec du jeu suivant son axe longitudinal et monté sur un arbre creux fixé dans les parois latérales de l'enveloppe par l'intermédiaire de paliers d'appui et qui constitue un tube d'échange de chaleur, l'un des tronçons de l'arbre creux  
25 disposé dans la zone du rotor et dont la surface intérieure est cylindrique faisant fonction de zone d'évaporation d'un agent d'échange de chaleur qui remplit partiellement le tube d'échange de chaleur et de zone de transfert des vapeurs d'agent d'échange de chaleur, l'autre tronçon de l'arbre creux  
30 étant disposé à l'extérieur de la zone du rotor servant de zone de condensation des vapeurs d'agent d'échange de chaleur, caractérisée selon l'invention en ce que le tronçon de l'arbre creux servant de zone de condensation des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur est constitué par un groupe de tubes dont  
35 les extrémités d'un côté sont fixées dans des trous traversants ménagés dans un disque rendu solidaire de l'arbre creux et sont ouvertes et orientées vers la zone de transfert des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur et en ce que les

extrémités des tubes de l'autre côté sont obturées et disposées à l'extérieur du corps.

Il est avantageux que la machine électrique comporte un boîtier perforé fixé sur le corps et recevant les extrémités  
5 ouvertes des tubes disposés à l'extérieur du corps.

Selon l'un des modes de réalisation de la machine électrique, chaque tube peut présenter une section transversale ronde ou ovale.

Dans le but d'augmenter la transmission de la chaleur,  
10 il est avantageux que les tubes soient réalisés en un matériau à haute conductibilité thermique.

Pour augmenter la surface extérieure à partir de laquelle est évacuée la chaleur, il est utile que les tubes soient munis d'un groupe de plaques ou d'ailettes montées superposées  
15 dans le sens de la longueur des tubes dans les plans sensiblement perpendiculaires aux axes longitudinaux des tubes, chaque plaque étant munie de trous dans lesquels les tubes sont engagés et fixés.

Afin d'améliorer les conditions d'entrée des vapeurs  
20 d'agent d'échange de chaleur dans les cavités intérieures des tubes, il est avantageux que le disque soit fixé à l'extrémité du tronçon de l'arbre creux dont la surface intérieure est cylindrique et qui sert de zone de transfert des vapeurs d'agent d'échange de chaleur.

Dans le but de réduire l'encombrement de la machine électrique et de diminuer l'influence des pertes de chaleur du rotor sur les paliers d'appui, il est avantageux que le disque soit fixé à l'intérieur du tronçon de l'arbre creux qui présente une surface intérieure cylindrique et qui sert de zone  
25 de transfert des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur.

Pour supprimer la fuite de la phase liquide de l'agent d'échange de chaleur depuis la zone d'évaporation dans les cavités intérieures des tubes, il est avantageux que les trous soient disposés sur le disque suivant des circonférences  
30 concentriques et que les tubes fixés dans ces trous de la circonférence périphérique soient disposés à distance de la surface intérieure de l'arbre creux.

Dans le but de réduire l'excès de condensat de l'agent d'échange de chaleur dans les tubes et d'accélérer son évacuation hors de ceux-ci vers la zone d'évaporation, il est avantageux que les tubes soient montés sur le disque de façon que  
5 l'axe longitudinal de chaque tube forme avec l'axe longitudinal de l'arbre un angle aigu, les extrémités des tubes disposés à l'extérieur du corps étant inclinées par rapport à l'axe susmentionné de l'arbre creux.

L'extrémité de chaque tube peut être obturée séparément  
10 mais dans le but de réduire l'influence du gaz non condensable sur le rendement de transmission de la chaleur, il est plus avantageux que les extrémités des tubes soient obturées à l'aide d'un collecteur commun monté sur ceux-ci et qui est relié par sa cavité intérieure aux cavités intérieures des  
15 tubes.

L'invention permet d'augmenter la surface d'échange de chaleur de deux à trois fois et le coefficient de transmission de chaleur jusqu'à deux fois. Cela permet de réduire notablement la température du rotor et du stator et d'élever simulta-  
20 nément le rendement de la machine électrique. L'invention s'applique avantageusement au refroidissement des rotors et des stators des machines électriques dont la puissance est de l'ordre de 110 à 132 kW.

D'autres buts, avantages et caractéristiques de l'invention  
25 apparaîtront à la lecture de la description suivante explicative de différents modes de réalisation et faite à titre non limitatif et en regard du dessin annexé où:

- la figure 1 représente en coupe schématique une vue  
30 d'ensemble d'une machine électrique comportant un tube d'échangeur centrifuge de chaleur pour le refroidissement du rotor, selon l'invention;
- la figure 2 représente un disque auquel sont fixés des tubes, selon l'invention;
- 35 - la figure 3 représente une variante de réalisation de la machine électrique selon l'invention, dans laquelle le disque est monté à l'intérieur du tronçon de l'arbre creux dont la surface intérieure est cylindrique, et qui

sert de zone de transfert des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur, selon l'invention;

- 5 - la figure 4 représente un ensemble de tubes d'échange de chaleur comportant une zone de condensation des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur dans lequel l'axe longitudinal de chacun des tubes forme avec l'axe longitudinal de l'arbre un angle aigu, selon  
10 l'invention; et
- la figure 5 représente un ensemble de tubes d'échange de chaleur comportant une zone de condensation des vapeurs d'agent de chaleur, selon l'invention.

15 La machine électrotechnique ou électromotrice munie d'un tube d'échange centrifuge de chaleur comporte un stator 1 (figure 1), monté dans une enveloppe 2. Un rotor 3 est logé avec du jeu dans le stator 1 suivant son axe longitudinal et est monté sur un arbre creux 4 servant de tube d'échange de  
20 chaleur. L'arbre 4 est fixé dans les parois latérales de l'enveloppe ou carcasse 2 aux moyens de paliers intermédiaires 5 et 6. Un tronçon 7 de l'arbre 4, à surface intérieure cylindrique et qui est disposé dans la zone du rotor 3, sert de zone 8 d'évaporation de l'agent d'échange de chaleur, remplissant partiellement le tube d'échange de chaleur et de  
25 zone 9 de transfert de l'agent d'échange de chaleur. Un tronçon 10 de l'arbre 4 servant de zone 11 de condensation des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur est formé par un groupe de tubes 12 montés coaxialement dans des trous réalisés  
30 dans un disque 13 qui vient fermer l'extrémité du tronçon 7 de l'arbre 4.

Les extrémités des tubes 12 fixés sur le disque 13 sont ouvertes et orientées vers la zone 9 de transfert des vapeurs d'agent d'échange de chaleur tandis que les extrémités oppo-  
35 sées des tubes 12, qui sont disposés à l'extérieur du corps 2, sont obturées. L'extrémité de chacun des tubes 12 est obturée séparément. La machine électrique est munie d'un boîtier perforé 14 fixé sur l'enveloppe 2 et entourant les extrémités

des tubes 12 disposés à l'extérieur de l'enveloppe 2. Les tubes 12 sont munis d'un groupe de plaques ou d'ailettes 15, montées successivement l'une derrière l'autre dans le sens de la longueur des tubes 12 dans des plans perpendiculaires aux axes longitudinaux des tubes 12.

Les trous peuvent être disposés sur le disque 13 de différentes façons. Les figures 1 et 2 représentent une disposition suivant les diamètres des circonférences concentriques  $d_1$  et  $d_2$ , les tubes 12 étant fixés dans les trous disposés selon des circonférences périphériques sont montés à distance de la surface intérieure de l'arbre creux 4.

Les tubes 12 sont réalisés à partir d'un matériau à haute conductibilité thermique et peuvent présenter une section transversale ronde mais aussi ovale.

Pour réduire l'encombrement de la machine et diminuer l'influence des pertes thermiques du rotor 3 sur les paliers d'appui 6, on monte le disque 3 (figure 3) à l'intérieur du tronçon 7 de l'arbre creux 4, dont la surface intérieure est cylindrique entre le rotor 3 et les paliers 6.

Afin de réduire l'accumulation de condensat dans les tubulures 12 et d'accélérer son évacuation hors de ces tubes vers la zone d'évaporation 8 de l'agent d'échange de chaleur, on monte les tubes 12 (figure 4) dans une position telle que l'axe longitudinal de chaque tube 12 forme, avec l'axe longitudinal de l'arbre creux 4, un angle aigu  $\alpha$ , les extrémités obturées des tubes 12 étant inclinées par rapport à l'axe de l'arbre creux 4.

Pour réduire la perte de rendement du transfert thermique provoquée par les gaz non condensés, on ferme les extrémités des tubes 12 (figure 5) à l'aide d'un collecteur creux 16 dans l'une des parois latérales duquel sont réalisés des trous dans lesquels sont engagés des tubes 12, dont l'espace intérieur est relié à la cavité intérieure du collecteur 16. Une cavité axiale 17 de forme conique est ménagée dans la paroi opposée du collecteur 16.

La machine selon l'invention équipée d'un tube d'échange centrifuge de chaleur pour le refroidissement du rotor fonctionne de la manière suivante. Pendant la rotation, le rotor

du moteur 3 (figure 1) s'échauffe sous l'effet des pertes électriques qui s'y développent et sa chaleur est transmise à l'agent liquide d'échange de chaleur se trouvant dans la zone 8 d'évaporation du tube d'échange de chaleur. En absorbant la chaleur, l'agent d'échange de chaleur s'évapore partiellement et la vapeur, qui se forme alors, se déplace vers les tubes d'échange de chaleur 12 grâce à la différence entre la pression régnant dans la zone 8 et celle régnant dans la zone de condensation 11 formée par les cavités intérieures des tubes 12 et l'agent d'échange se condense sur les parois des tubes 12 en cédant à ceux-ci sa chaleur de vaporisation. Sous l'action des forces centrifuges, le condensat qui se forme s'accumule sur les tronçons des surfaces intérieures des tubes 12 les plus éloignés de l'axe longitudinal de l'arbre 4 d'où il s'écoule vers la surface cylindrique de l'arbre creux 4 et revient dans la zone d'évaporation 8. Ainsi, un cycle fermé de circulation de l'agent d'échange de chaleur se forme pour évacuer les pertes thermiques dans le rotor 3.

Dans le cas où les extrémités des tubes 12 (figure 5) sont obturées à l'aide du collecteur 16, le gaz non condensable entraîné dans le tube d'échange de chaleur s'accumule dans la cavité du collecteur 16. Dans ce mode de réalisation, la totalité de la surface des tubes 12 est utilisée dans le processus de transfert de chaleur.

L'amélioration du refroidissement de la machine électrique et l'augmentation de la puissance des machines électriques refroidies à l'aide d'un tube d'échange centrifuge de chaleur est obtenue du fait que la zone 11 de condensation des vapeurs d'agent d'échange de chaleur est constituée par un grand nombre de tubes 12 de petit diamètre qui assurent une augmentation notable de la surface intérieure sur laquelle les vapeurs de l'agent d'échange de chaleur se condensent ainsi que de la surface extérieure qui cède la chaleur au milieu ambiant et également du fait de l'augmentation du coefficient de transmission de chaleur de ces surfaces.

La surface totale de la zone de condensation 11 formée par les cavités intérieures de la pluralité de tubes 12 de

petit diamètre peut être plusieurs fois (de 2 à 3 fois) supérieure à celle du cylindre de grand diamètre dans le plan transversal duquel ils pourraient être inscrits.

L'application d'un tube d'échange de chaleur réalisé  
5 selon l'invention a un moteur asynchrone de 55 kW a permis de réduire la température de l'enroulement stator de 30°C et de réduire celle du rotor en court-circuit de 90°C tout en augmentant simultanément le rendement de 0,5 %.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée  
10 aux modes de réalisation décrits et représentés mais elle est susceptible de nombreuses variantes accessibles à l'homme de l'art sans que l'on ne s'écarte de l'esprit de l'invention.

15

20

25

30

35

REVENDEICATIONS

1.- Machine électrique munie d'un tube d'échange centrifuge de chaleur pour le refroidissement du rotor et comportant: un stator monté dans une enveloppe ou carcasse et entourant un rotor qui est logé avec jeu suivant son axe longitudinal et monté sur un arbre creux fixé dans les parois latérales de l'enveloppe par l'intermédiaire de paliers d'appui et qui constitue un tube d'échange de chaleur, l'un des tronçons de l'arbre creux, disposé dans la zone du rotor et dont la surface intérieure est cylindrique, faisant fonction d'évaporation d'un agent d'échange de chaleur qui remplit partiellement le tube d'échange de chaleur et de zone de transfert des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur, l'autre tronçon de l'arbre creux étant disposé à l'extérieur de la zone du rotor servant de zone de condensation des vapeurs d'agent d'échange de chaleur, caractérisée en ce que le tronçon (7) de l'arbre creux (4) servant de zone (11) de condensation des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur est constitué par un groupe de tubes (12) dont les extrémités d'un côté sont fixées dans des trous traversants ménagés dans un disque (13) relié à l'arbre creux (4) et sont ouvertes et orientées vers la zone (9) de transfert des vapeurs de l'agent d'échange de chaleur et en ce que les extrémités desdits tubes de l'autre côté sont obturées et disposées à l'extérieur du corps (2).

2.- Machine électrique selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte un boîtier perforé (14) fixé sur le corps (2) et recevant les extrémités ouvertes des tubes (12) disposés à l'extérieur du corps (2).

3.- Machine électrique selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que la section transversale de chaque tube (12) est ronde.

4.- Machine électrique selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que la section transversale de chaque tube (12) est ovale.

5.- Machine électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que les tubes (12) sont fabriqués en un matériau à haute conductibilité thermique.

6.- Machine électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que les tubes (12) sont munis d'un groupe de plaques ou d'ailettes (15) montées superposées dans le sens de la longueur des tubes (12) dans des plans  
5 sensiblement perpendiculaires aux axes longitudinaux des tubes (12), les plaques étant munies de trous dans lesquels les tubes (12) sont engagés et fixés.

7.- Machine électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le disque (13) est  
10 fixé à l'extrémité du tronçon (7) de l'arbre creux (4), qui présente une surface intérieure cylindrique et qui sert de zone (9) de transfert des vapeurs de l'agent échangeur de chaleur.

8.- Machine électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que le disque (13) est  
15 fixé à l'intérieur du tronçon (7) de l'arbre creux (4), qui présente une surface intérieure cylindrique et qui sert de zone (9) de transfert des vapeurs de l'agent d'échange de la chaleur.

20 9.- Machine électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que les trous sont disposés sur le disque (13) suivant des circonférences concentriques, les tubes (12) fixés dans les trous de la circonférence périphérique étant montés à distance de la surface intérieure  
25 de l'arbre creux (4).

10.- Machine électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que les tubes (12) sont montés sur le disque (13) de façon que l'axe longitudinal de chaque tube forme, avec l'axe longitudinal de l'arbre  
30 creux (4), un angle aigu ( $\alpha$ ) et en ce que les extrémités des tubes (12) disposées à l'extérieur du corps (2) sont inclinées par rapport audit axe de l'arbre creux (4).

11.- Machine électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que l'extrémité de  
35 chaque tube (12) est obturée séparément.

12.- Machine électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que les extrémités des tubes (12) sont obturées au moyen d'un collecteur

commun (16), monté sur lesdits tubes et qui comporte sur l'une de ses parois latérales, des orifices et à travers lesquels sont engagés les tubes (12), la cavité intérieure du collecteur commun (16) étant reliée aux cavités intérieures des tubes (12).

10

15

20

25

30

35

1/3

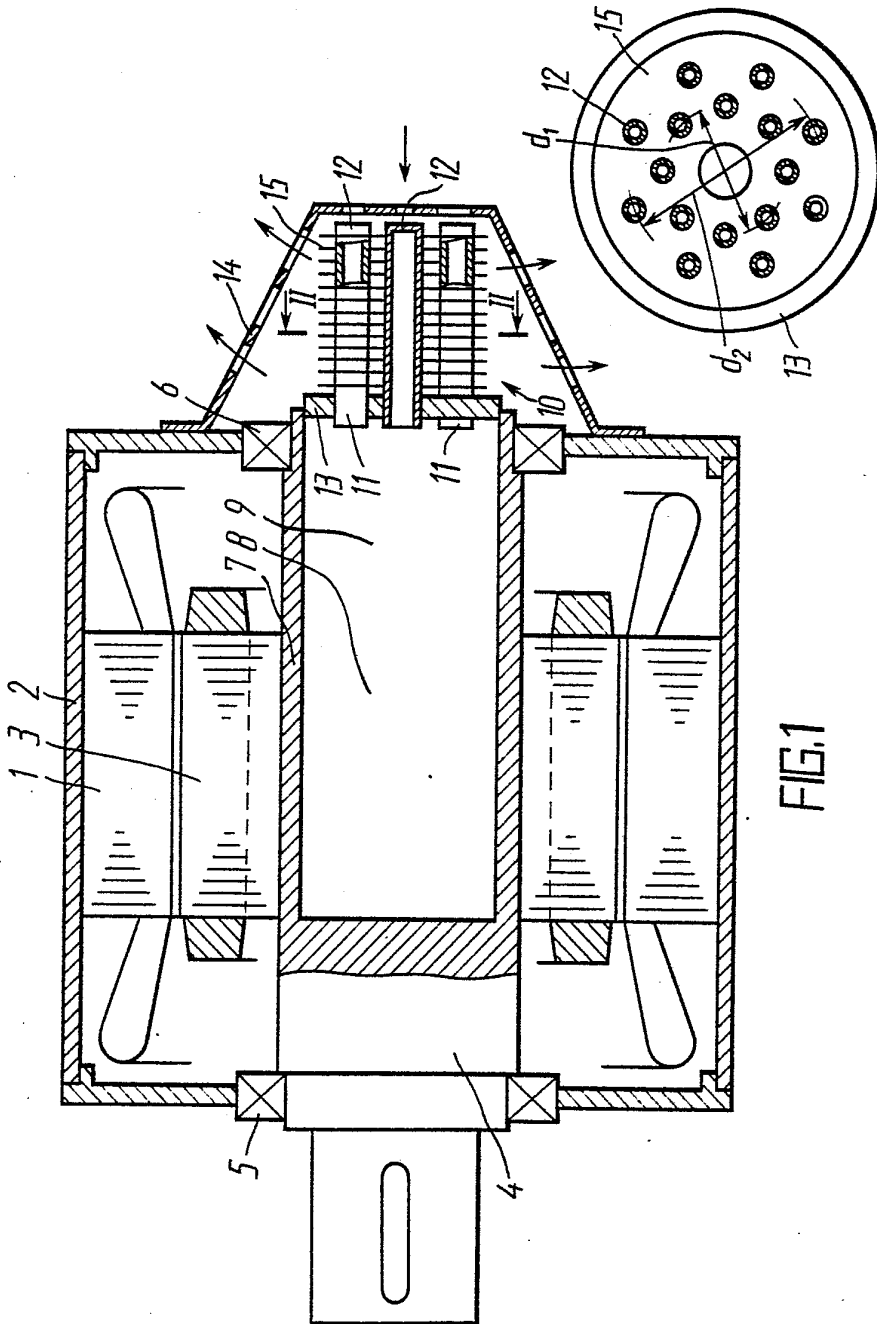


FIG. 1

FIG. 2

FIG. 3

2/3

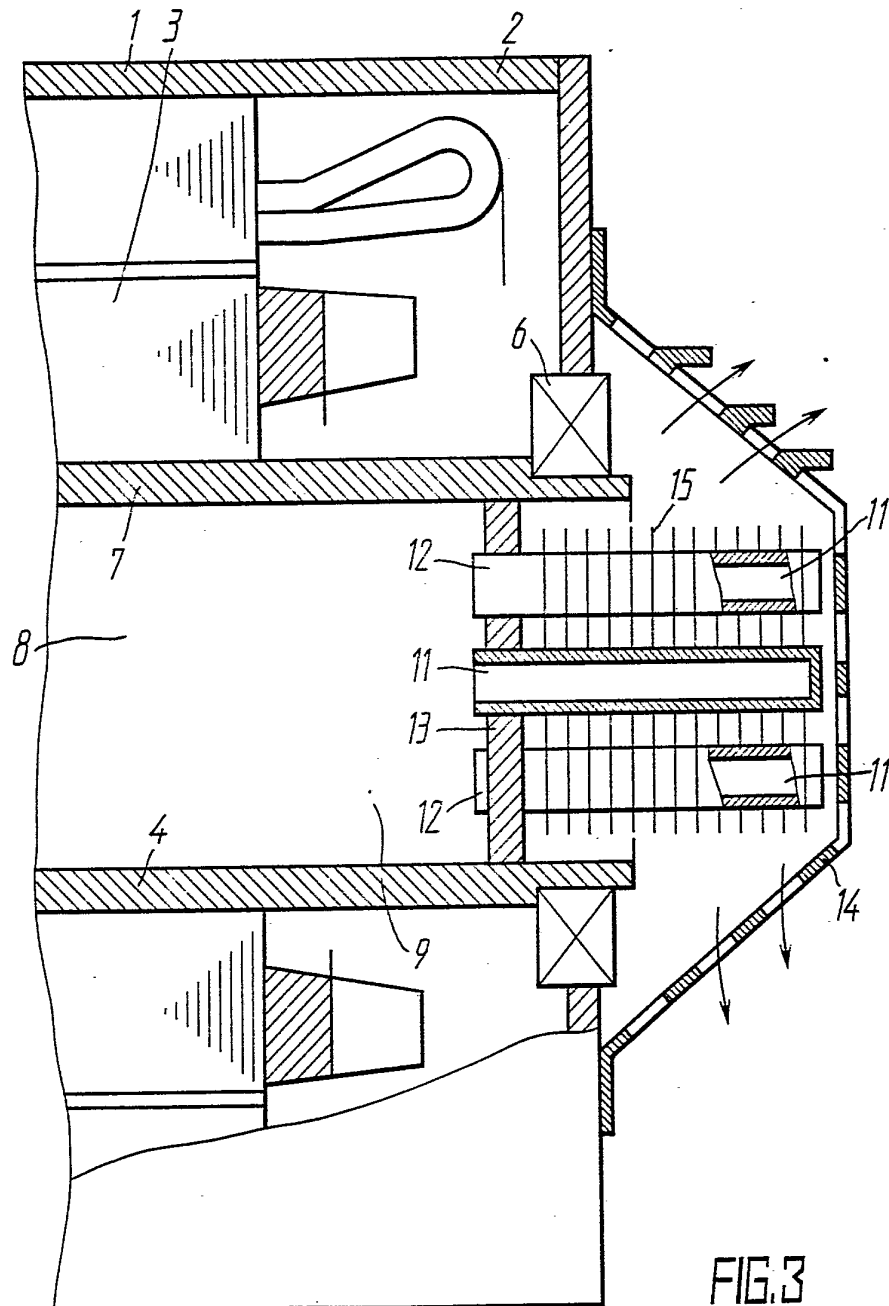


FIG. 3

3/3

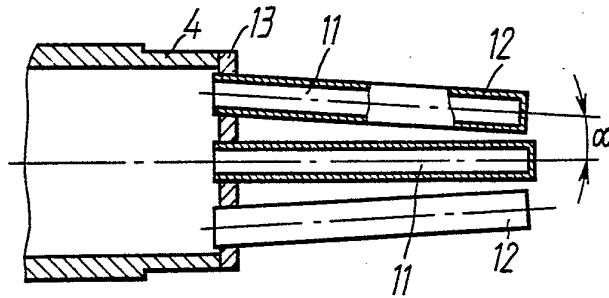


FIG. 4

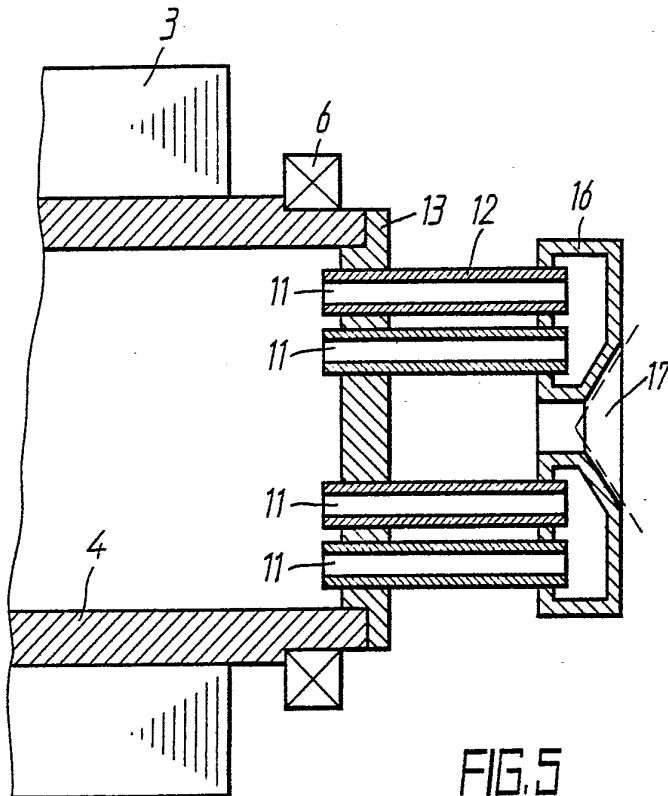


FIG. 5