

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 76.808

N° 1.502.811

Classification internationale :

H 02 k

Machine électrique à réductance variable à faible inertie.

MM. JEAN JARRET et JACQUES JARRET résidant en France

**Demandé le 19 septembre 1966, à 14^h 41^m, à Paris.**

Délivré par arrêté du 16 octobre 1967.

*(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 47 du 24 novembre 1967.)**(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)*

La présente invention concerne une machine électrique à réductance variable dont le rotor présente autour de son axe une inertie particulièrement réduite.

On sait que l'on peut réaliser des machines à réductance variable à performances élevées en constituant ces machines de telle manière que les dents du rotor présentent une induction ferrique moyenne sous champ fort plus faible que l'induction de saturation des autres parties des circuits magnétiques de la machine. En effet, par cette disposition qui conduit à saturer les dents sans qu'aucune autre partie de la machine soit saturée, on peut localiser les champs forts aux emplacements où ils sont les plus efficaces, et on peut assurer un contrôle des variations de flux permettant de maintenir constante la somme des flux modulés dans la machine. Dans de telles machines, qui ont fait l'objet des brevets français n°s 1.258.306 du 29 février 1960, 1.302.630 du 21 juillet 1961, 1.423.751 du 20 octobre 1964 et 1.445.572 du 19 mai 1965 des actuels demandeurs, les dents font partie du rotor de la machine qui comprend en outre une partie plus ou moins importante du circuit magnétique. Cette partie mobile du circuit magnétique dont la masse est généralement plusieurs dizaines de fois supérieure à la masse des dents présente une inertie considérable qui peut être préjudiciable aux variations rapides de vitesse angulaire.

L'objet de l'invention est de permettre la réalisation de machines à réductance variable à dents saturées conformes aux dispositions générales sus-mentionnées, mais dont le rotor présente autour de son axe une inertie beaucoup plus faible.

Conformément à l'invention, l'arbre du rotor de la machine est rendu solidaire mécaniquement des seules dents saturées à l'exclusion de toute autre partie du circuit magné-

tique, ledit circuit magnétique, qui comprend la totalité des matériaux ferromagnétiques utiles, restant fixe à l'exception des dents et constituant, avec les bobinages et le bâti, le stator de la machine.

Conformément à une forme particulière de réalisation de l'invention, une machine électrique comprend :

D'une part : un rotor constitué d'un arbre, d'un certain nombre de dents composées de lamelles parallèles à l'axe, de préférence en matériau ferromagnétique à induction ferrique (induction moins champ) constante sous champ fort, et de deux flasques qui maintiennent les dents dans une position radiale et qui les rendent rigidement solidaires de l'arbre;

D'autre part : un stator comportant deux couronnes parallèles et symétriques portant chacune des plots en matériau ferromagnétique feuilleté respectivement en regard les unes des autres et munies de bobinages convenables, et un bâti qui ferme le circuit magnétique par l'extérieur de la machine et qui assure, par l'intermédiaire de portées ou de roulements, le positionnement de l'arbre du rotor.

Les dents disposées radialement se déplacent dans les entrefers constitués par les extrémités des plots des deux couronnes, en regard les unes des autres en transmettant au rotor le couple dû aux champs magnétiques qui règnent dans les entrefers et en n'opposant qu'une faible inertie aux variations de vitesse angulaire.

Une caractéristique dudit mode de réalisation est que, les dents étant constituées par des lamelles de matériau ferromagnétique, chacune de ces lamelles présente à sa base une surlargeur qui, encastrée dans les flasques du rotor, assure par des épaulements

un ancrage qui s'oppose très efficacement aux efforts résultant de la force centrifuge.

Une autre caractéristique dudit mode de réalisation est que les dents sont constituées par un empilage de lamelles de matériau ferromagnétique et de lamelles de matériau isolant contenant une forte proportion de fibres de verre, chaque lamelle de matériau ferromagnétique se trouvant enrobée dans le matériau isolant stratifié, ce qui assure aux dents une excellente tenue mécanique et diminue l'induction ferrique moyenne sous champ fort.

Une autre caractéristique dudit mode de réalisation est que les plots du stator sont constitués chacun par la réunion de deux branches de deux paquets de tôles en forme de U, de préférence en tôle à cristaux orientés, la partie semi-circulaire des paquets de tôles assurant, quand la machine fonctionne, le mélange des flux modulés en un flux constant.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante, et à l'examen des dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 est une vue, en demi-coupe axiale, d'un moteur synchrone triphasé conforme à l'invention;

La figure 2 est une demi-coupe de la figure 1 vue de la droite et prise selon la ligne de coupe II-II pour montrer les dents du rotor et les extrémités des plots du stator; et

La figure 3 est une section suivant la ligne de coupe III-III qui illustre la disposition des plots du stator.

Le moteur représenté par ces dessins à titre d'exemple est construit suivant les principes déjà mentionnés des machines électriques à réluctance variable à dents saturées. Ce moteur, comportant, pour chaque dent, trois entrefers entre plots statoriques, est un moteur synchrone triphasé destiné à fonctionner sous courant industriel à 50 Hertz, et l'inertie du rotor doit être dans un rapport tel avec les forces appliquées aux dents que le rotor atteigne sa vitesse de synchronisme en moins de $1/100^{\circ}$ de seconde, ce qui permet le démarrage sans entraînement mécanique externe.

Le rotor 1 est constitué :

Par un arbre 10 en matériau non magnétique monté sur des roulements 11 et 12;

Par deux flasques métalliques 13 et 14 fixés rigidement sur l'arbre; et

Par des dents 15, au nombre de huit, qui sont maintenues par les flasques. Chaque dent est constituée par un empilage de lamelles de fer pur 16 de 0,2 mm d'épaisseur. Chaque lamelle de fer pur, dont les faces principales sont parallèles à l'axe de la machine, est séparée des lamelles voisines par une couche 17

de matériau isolant de 0,144 mm d'épaisseur, le matériau isolant étant un matériau chargé de fibres de verre qui adhèrent fortement sur la surface des lamelles. Chaque lamelle comporte une embase qui est plus large que la dent et qui présente deux épaulements symétriques 18 assurant un ancrage très efficace dans les rainures circulaires 19 des faces intérieures des flasques 13 et 14.

Le stator 2 est constitué :

Par des plots 20 et 21 de section trapézoïdale et disposés sous la forme de deux couronnes de chacune vingt-quatre plots;

Par des bobines principales 22, au nombre de quarante-huit, montées sur chaque plot, trois bobines principales successives étant alimentées par les trois phases d'une distribution triphasée;

Par des bobines d'excitation 23, au nombre de deux, ayant la forme d'anneaux circulaires entourant l'ensemble des bobines principales, et alimentées en courant continu;

Par deux flasques 24 et 25 sensiblement symétriques en acier extra-doux, flasques qui portent les plots et assurent la fermeture du circuit magnétique à l'extrados des bobines d'excitation.

Les plots sont en tôles d'acier au silicium à cristaux orientés, l'orientation dans les plots étant parallèle à l'axe de la machine. Les tôles sont empilées, pour former un circuit en U, par bobinage d'un ruban continu et coupage en deux tronçons symétriques. Chaque plot 20, 21 est constitué de deux branches accolées de deux circuits en U 26 et 27 ou 28 et 29.

Les deux couronnes de plots sont disposées symétriquement et constituent vingt-quatre entrefers dans lesquels se déplacent les huit dents. Lorsque le moteur fonctionne, les ampères-tours des bobinages d'excitation (ou éventuellement l'action d'un aimant permanent) créent dans ces entrefers un champ magnétique qui est augmenté ou diminué par les ampères-tours des bobinages principaux. Sous l'action de ces différences de champs magnétiques, les dents saturées sont sollicitées et, par l'intermédiaire des flasques du rotor, elles appliquent à l'arbre un couple qui en assure la rotation.

La force qui s'exerce par unité de surface frontale de dent est exprimée par le produit de l'induction ferrique moyenne (ou induction intrinsèque) sous champ fort de la dent, par la différence de champ existant entre l'entrefer où pénètre la dent et l'entrefer que quitte la dent. Dans la présente machine, la valeur de l'induction ferrique moyenne est 1,25 tesla, la différence de champ moyenne efficace atteint 400 000 ampères par mètre, la force par unité de surface frontale de dent est donc

$1,25 \times 400\,000 = 500\,000$ newtons par m^2 . Cette force s'applique à une masse de dent dont la valeur est égale à la densité moyenne de la dent multipliée par sa longueur moyenne suivant une circonférence autour de l'axe de la machine. En l'occurrence, la densité moyenne de la dent est $5\,550$ kg par m^3 et la longueur $0,03$ mètre; la masse de dents à laquelle s'applique la force est donc $5\,550 \times 0,03 = 167$ kg; si l'inertie de la dent est majorée de 50% pour tenir compte de la masse des flasques et de l'arbre du rotor, cette masse devient $167 + 83 = 250$ kg; l'accélération appliquée à la dent du rotor est donc

$$\text{environ } \frac{500\,000}{250} = 2\,000 \text{ m/s}^2.$$

La vitesse périphérique moyenne des dents pour un fonctionnement sous courant de 50 Hertz étant environ 3 m/s, le rotor atteindra cette vitesse en $\frac{3}{2\,000} = 0,0015$

seconde, ce qui assure le démarrage autonome du moteur synchrone sans disposition particulière (sous la seule réserve que l'inertie immédiate des masses entraînées à l'extérieur de la machine ne soit pas trop élevée).

Les dispositions qui ont été décrites permettent donc la réalisation de machines électriques, moteurs ou alternateurs, dans lesquelles le rapport du couple utile à l'inertie du rotor est beaucoup plus faible que dans les machines de fabrication usuelle. Il en résulte des avantages techniques et économiques, les fortes variations de vitesse angulaire

améliorant les performances d'un grand nombre d'engins mécaniques.

RÉSUMÉ

La présente invention concerne une machine électrique à réluctance variable composée d'un stator en matériau ferromagnétique muni de bobinages et d'un rotor comportant des dents radiales, caractérisée par les points suivants pris indépendamment ou en combinaison :

1° Les dents ont une caractéristique de perméabilité telle que la saturation y soit atteinte sans que le circuit magnétique du stator soit saturé et elles sont reliées à l'arbre du rotor par au moins un flasque léger non-magnétique, la totalité du circuit magnétique, à l'exception desdites dents, restant fixe et étant reliée rigidement au bâti de la machine;

2° Les dents sont constituées par un empilage de tôles de faible épaisseur séparées les unes des autres par un matériau collant stratifié avec inclusion de fibres de verre;

3° Le rotor comprend deux flasques délimitant entre eux une rainure et les lamelles de matériau ferromagnétique constituant les dents comportent une embase munie d'épaulements permettant leur ancrage dans ladite rainure;

4° Les plots du stator sont constitués par l'assemblage de deux branches accolées de deux demi-circuits magnétiques en forme de U constitués par un ruban de tôle à cristaux orientés bobiné et coupé.

JEAN JARRET et JACQUES JARRET

Par procuration :

Cabinet René MARTINET

FIG.1

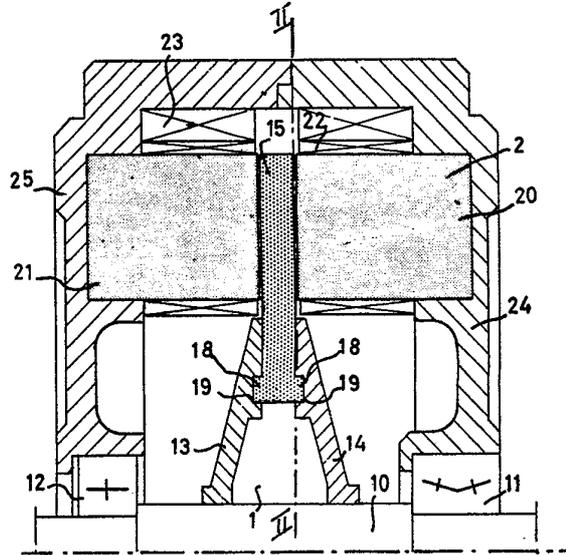


FIG.2

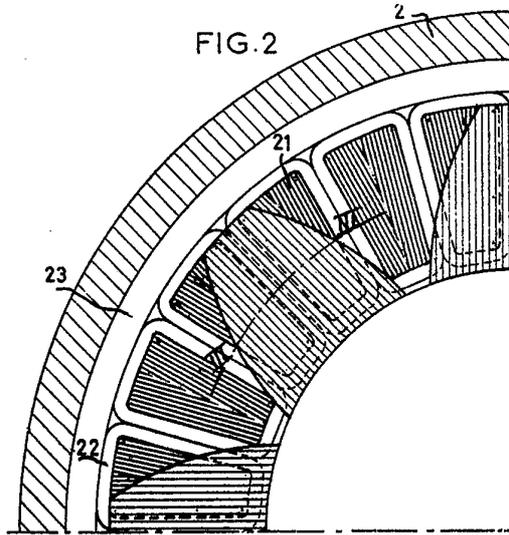


FIG.3

