

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 22.10.08.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 23.04.10 Bulletin 10/16.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : MOTEURS LEROY SOMER Société
anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : MAKKI ALI et COUPART ERIC.

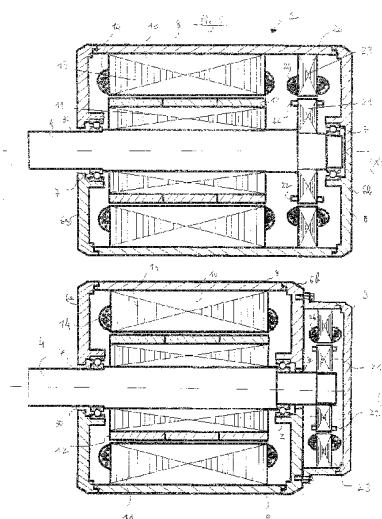
⑦3 Titulaire(s) : MOTEURS LEROY SOMER Société ano-
nyme.

⑦4 Mandataire(s) : NONY & ASSOCIES.

⑤4 MACHINE HYBRIDE COMPORTANT UN MOTEUR SYNCHRONE ET UN MOTEUR ASYNCHRONE.

⑤7 Machine électrique tournante (1) à relier à un réseau
électrique polyphasé, comportant:

- un moteur synchrone polyphasé (10) comportant un ro-
tor (11) à aimants permanents (12) et un moteur asynchrone
polyphasé (20) accouplés axialement et,
- un système de commutation, agencé pour:
- relier électriquement pendant une phase de démarrage
de la machine le moteur asynchrone (20) au réseau afin
d'amener le moteur synchrone (10) à une vitesse lui permet-
tant de fonctionner en étant directement relié au réseau et,
- relier électriquement le moteur synchrone (10) au ré-
seau pendant une phase ultérieure.



La présente invention pour objet une machine électrique tournante comportant un moteur synchrone et un moteur asynchrone, encore appelée « machine hybride ».

Pour réaliser le démarrage d'une machine synchrone, il est connu par WO 89/03936 ou US 2003/0071533 d'utiliser des rotors à aimants permanents comportant une cage de démarrage. Une telle solution peut se révéler inadaptée lorsque le démarrage doit être effectué avec une charge importante telle que le couple nominal du moteur.

En outre, en raison de la présence au rotor d'aimants permanents et d'une cage, il est préférable que le flux magnétique des aimants ne soit pas d'intensité supérieure au flux statorique, au détriment de la densité de puissance massique de la machine.

Il existe un besoin pour perfectionner encore les machines hybrides.

L'invention vise à répondre à ce besoin et y parvient grâce à une machine électrique tournante, à relier à un réseau électrique polyphasé, comportant :

- un moteur synchrone polyphasé comportant un rotor à aimants permanents et un moteur asynchrone polyphasé, accouplés axialement, et
- un système de commutation, agencé pour :
 - relier électriquement pendant une phase de démarrage de la machine le moteur asynchrone au réseau électrique afin d'amener le moteur synchrone entraîné par le moteur asynchrone à une vitesse lui permettant de fonctionner en étant directement relié au réseau et,
 - relier électriquement, pendant une phase ultérieure, le moteur synchrone au réseau électrique.

On entend par « moteurs accouplés axialement » deux moteurs ayant au moins un arbre commun, par exemple un arbre monolithique ou formé de deux tronçons de même axe assemblés l'un à la suite de l'autre.

L'invention peut permettre, en combinant un moteur synchrone et un moteur asynchrone, de bénéficier d'un rendement nettement plus important qu'avec un seul moteur asynchrone, le gain étant par exemple compris entre 10 et 15 %.

La présence du rotor à aimants permanents du moteur synchrone peut permettre d'obtenir un facteur de puissance plus important pour la machine par rapport à un seul moteur asynchrone.

En outre, le fait de pouvoir relier directement le moteur synchrone au réseau électrique, c'est-à-dire sans l'intermédiaire d'un variateur de fréquence, peut permettre

d'obtenir un rendement par exemple supérieur d'au moins 5 % par rapport à un moteur synchrone fonctionnant au travers d'un variateur de fréquence.

Le moteur synchrone peut comporter $2 \cdot N_{Sy}$ pôles et le moteur asynchrone peut comporter $2 \cdot N_{As}$ pôles, avec $N_{As} = N_{Sy} - 1$, ce qui peut faciliter l'opération de synchronisation.

5 Les phases du moteur synchrone sont agencées pour être dans le même ordre que les phases du réseau électrique, afin d'éviter que le champ électromagnétique du stator ne tourne dans le sens inverse de la rotation du rotor du moteur synchrone, sens initialement imposé par le moteur asynchrone auquel le rotor du moteur synchrone est accouplé.

10 Le moteur asynchrone peut comporter un rotor à cage. La cage rotorique est par exemple réalisée en aluminium ou cuivre ou autre alliage comme laiton ou bronze.

Les encoches de la cage rotorique peuvent être simples ou doubles.

Le moteur synchrone peut comporter un rotor dépourvu de cage.

15 Avec un tel moteur synchrone, il est souhaitable, pour faciliter la synchronisation, que le couple moteur maximal délivré par le moteur asynchrone, qui dépend entre autres de la résistance électrique de la cage rotorique et du choix des enroulements du stator, soit obtenu pour une vitesse de rotation du rotor du moteur asynchrone, et par conséquent du rotor du moteur synchrone accouplé au rotor du moteur asynchrone, sensiblement égale à la vitesse de synchronisme. La vitesse de synchronisme de la machine synchrone est déterminée par la fréquence du réseau électrique et par le nombre de paires de pôles du moteur synchrone.

20 On entend par « sensiblement égale à la vitesse de synchronisme » une vitesse de rotation du rotor du moteur synchrone égale à la vitesse de synchronisme du moteur synchrone à $\pm 10\%$.

25 Les enroulements du moteur asynchrone sont ainsi avantageusement réalisés de façon à générer, lorsqu'ils sont reliés au réseau électrique, un couple moteur maximal à une vitesse sensiblement égale à la vitesse de synchronisme.

L'invention introduit une plus grande liberté pour la fabrication de la machine asynchrone en évitant d'imposer des dimensions et matériaux particuliers à la cage rotorique comme dans les machines hybrides connues où la cage et les aimants permanents sont portés par le même rotor.

30 Grâce à l'invention, on dispose de trois degrés de liberté, à savoir les dimensions de la cage rotorique du moteur asynchrone, le ou les matériaux utilisés pour sa réalisation ainsi que le choix des enroulements du stator du moteur asynchrone, pour faire varier le couple moteur maximal délivré par le moteur asynchrone de façon à obtenir, à une fréquence

donnée du réseau électrique, un couple moteur maximal à des vitesses de synchronisme de moteurs synchrones à quatre, six, huit, dix, douze, quatorze ou seize pôles, voire plus. La vitesse d'un moteur asynchrone à quatre pôles, lorsque le couple moteur délivré par ce dernier est maximal, est par exemple voisine de la vitesse de synchronisme d'un moteur à six pôles ou huit pôles selon le bobinage et le matériau de la cage du rotor.

En variante, le rotor du moteur synchrone comporte des aimants permanents et une cage rotorique. Avec un tel moteur synchrone, le couple moteur maximal délivré par le moteur asynchrone, peut être obtenu pour une vitesse de rotation du rotor du moteur asynchrone, et par conséquent du rotor du moteur synchrone accouplé au rotor du moteur asynchrone, inférieure à la vitesse de synchronisme du moteur synchrone, par exemple pour une vitesse inférieure à 80 % de la vitesse de synchronisme, par exemple pour une vitesse comprise entre 50 % et 80 % de la vitesse de synchronisme.

Le moteur asynchrone peut n'être relié électriquement au réseau que pendant la phase de démarrage ou rester relié au réseau après la phase de démarrage.

Selon un premier mode de réalisation, la machine comporte un unique carter à l'intérieur duquel le moteur synchrone et le moteur asynchrone sont logés.

Selon un autre mode de réalisation, seul le moteur synchrone est logé à l'intérieur d'un premier carter, le moteur asynchrone étant disposé à l'extérieur de ce premier carter, dans un deuxième carter. Ce dernier est par exemple vissé sur un flasque situé sensiblement à l'une des extrémités longitudinales du premier carter.

Le moteur asynchrone peut être relativement compact, le rapport entre la longueur du moteur asynchrone, mesurée entre les têtes de bobines des enroulements du stator du moteur asynchrone, et celle du moteur synchrone, mesurée entre les têtes de bobines des enroulements du stator du moteur synchrone, étant par exemple compris entre 20 % et 35 %.

L'arbre des moteurs synchrones et asynchrones est par exemple monté sur le carter unique de la machine ou, lorsque la machine comporte deux carters, sur le premier carter de la machine. L'arbre peut être supporté par des roulements disposés aux deux extrémités longitudinales du carter unique de la machine ou, le cas échéant, du premier carter de la machine.

Le système de commutation peut comporter un circuit de commande et un circuit de synchronisation.

Le circuit de commande peut comporter des interrupteurs électromécaniques ou des interrupteurs de puissance à semi conducteurs.

Le circuit de synchronisation comporte par exemple un observateur de tension agencé pour comparer la tension du réseau d'alimentation et la force électromotrice induite dans les enroulements du stator du moteur synchrone, lorsque ce dernier est entraîné par le moteur asynchrone.

Le circuit de synchronisation est par exemple agencé pour comparer l'ordre des phases du réseau électrique et de la force électromotrice induite dans les enroulements du stator du moteur synchrone, lorsque ce dernier est entraîné par le moteur asynchrone.

Le circuit de synchronisation peut ou non comporter un observateur de vitesse agencé pour détecter la fréquence de rotation du moteur synchrone. Le circuit de synchronisation est par exemple dépourvu de capteur à effet Hall, de codeur ou de résolveur tachymètre.

Le circuit de synchronisation comporte par exemple au moins un composant électronique programmable, par exemple un micro contrôleur.

Le circuit de commande est par exemple agencé pour alimenter sélectivement le moteur synchrone ou le moteur asynchrone en fonction d'une information reçue depuis le circuit de synchronisation.

L'invention peut permettre de réaliser une synchronisation communément qualifiée de souple, cette synchronisation étant effectuée lorsque la fréquence de la tension induite dans les enroulements du moteur synchrone est sensiblement égale à la fréquence d'alimentation du réseau, avec des différences de potentiel entre les phases du réseau et entre les phases du moteur synchrone s'annulant en même temps.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un procédé de démarrage d'une machine électrique tournante à relier à un réseau électrique polyphasé, comportant un moteur asynchrone accouplé axialement à un moteur synchrone et comportant un système de commutation, ce procédé comportant les étapes consistant à :

- ne relier électriquement au réseau pendant une phase de démarrage de la machine que le moteur asynchrone afin d'amener le moteur synchrone à une vitesse lui permettant de fonctionner en étant directement relié au réseau, et
- relier électriquement au réseau le moteur synchrone pendant une phase ultérieure.

La vitesse permettant au moteur synchrone de fonctionner en étant directement relié au réseau est par exemple la vitesse de synchronisme du moteur synchrone.

En variante, la vitesse permettant au moteur synchrone de fonctionner en étant directement relié au réseau est inférieure à la vitesse de synchronisme du moteur synchrone, étant par exemple inférieure à 80 % de la vitesse de synchronisme, étant notamment comprise entre 50 % et 80 % de la vitesse de synchronisme.

Lors de la phase de démarrage, le moteur asynchrone peut être soumis à un couple de charge.

La machine électrique tournante est par exemple un ventilateur et le couple de charge, par exemple quadratique, est fourni par un système de ventilation.

En variante, la charge correspond à un couple résistant constant ou linéaire, par exemple un couple de charge linéaire en fonction de la vitesse ou constant.

Lors de la phase ultérieure, seul le moteur synchrone peut être électriquement relié au réseau.

Le procédé selon l'invention peut comporter l'étape consistant à comparer, lors de la phase de démarrage, la force électromotrice induite dans les enroulements du moteur synchrone et la tension du réseau électrique avant de relier électriquement au réseau le moteur synchrone.

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 représente de manière schématique et partielle un premier exemple, en coupe axiale, de machine électrique selon l'invention,
- la figure 2 est une vue analogue à la figure 1 d'un deuxième exemple de machine électrique selon l'invention,
- la figure 3 est une représentation schématique d'une machine selon l'invention
- la figure 4 représente de façon schématique un exemple de circuit de commande selon l'invention,
- la figure 5 représente une séquence de fonctionnement du circuit représenté à la figure 4,
- la figure 6 est une représentation sous forme logique d'un exemple de circuit de synchronisation selon l'invention,

- la figure 7 est un diagramme illustrant la possibilité, grâce à l'invention, d'obtenir différentes vitesses de synchronisme pour une fréquence donnée du réseau électrique et

5 - la figure 8 est une vue en coupe d'un autre exemple de moteur synchrone selon l'invention.

On a représenté aux figures 1 et 2 deux exemples de machine électrique tournante hybride 1 selon l'invention.

La machine 1 est une machine électrique tournante polyphasée, par exemple triphasée.

10 Cette machine 1 présente une puissance nominale allant par exemple de 250 W à 4 kW.

La machine électrique 1 comporte un moteur synchrone 10 et un moteur asynchrone 20, accouplés axialement le long d'un axe X de rotation de la machine.

15 Comme on peut le voir sur les figures 1 et 2, le moteur asynchrone 20 est relativement compact par rapport au moteur synchrone 10.

Le moteur asynchrone 20 est par exemple une machine à quatre pôles et le moteur synchrone 10 est par exemple une machine à six pôles.

20 Le moteur synchrone 10 comporte un rotor 11 comportant des aimants permanents 12, qui peuvent par exemple être des aimants disposés en surface ou enterrés. Le rotor 11 est par exemple à concentration de flux.

Dans l'exemple représenté aux figures 1 et 2, le rotor 11 est dépourvu de cage rotorique mais on ne sort pas du cadre de la présente invention lorsque le rotor 11 du moteur synchrone 10 comporte une cage rotorique.

25 Dans l'exemple de la figure 8, le moteur synchrone 10 comporte un rotor comportant des aimants permanents 12 et une cage rotorique 15 dont on n'a représenté que les barreaux.

Dans les exemples considérés, le moteur synchrone est une machine radiale et à rotor interne, le rotor 11 étant entouré par un stator 13 comportant des enroulements 14.

30 Le moteur asynchrone 20 est également dans les exemples des figures 1 et 2 une machine radiale à rotor interne 21.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à de tels exemples et le moteur synchrone et le moteur asynchrone peuvent être des machines radiales à rotor externe par

exemple. Le moteur synchrone 10 peut, dans une variante non représentée, être une machine discoïde.

Le moteur asynchrone 20 comporte, dans les exemples des figures 1 et 2, un rotor 21 à cage, cette dernière étant formée par une pluralité de barreaux 22 conducteurs électriques reliés à leurs extrémités par deux anneaux conducteurs électriques non représentés.

Comme on peut le voir sur les figures 1 et 2, les deux moteurs présentent un arbre commun 4, qui peut être monolithique. Cet arbre 4 est, dans l'exemple de la figure 1, monté dans le carter 8 de la machine sur deux roulements 7 portés par des flasques avant et arrière 6a et 6b définissant les deux extrémités longitudinales du carter 8.

Dans l'exemple décrit, le flasque avant 6a présente une ouverture centrale 30 par laquelle l'arbre 4 s'étend à l'extérieur du carter 8.

Comme on peut le voir sur la figure 1, l'arbre 4 ne s'étend selon cet exemple à l'extérieur du carter 8 qu'à une extrémité de celui-ci.

Toujours dans cet exemple, les moteurs synchrone 10 et asynchrone 20 sont tous deux logés à l'intérieur du carter 8 de la machine.

Dans la variante représentée à la figure 2, la machine 1 comporte un premier carter 8 à l'intérieur duquel le moteur synchrone 10 est logé et un deuxième carter 9 à l'intérieur duquel est disposé le moteur asynchrone 20.

Comme on peut le voir sur la figure 2, le deuxième carter 9 est par exemple fixé à l'aide de vis sur le flasque arrière 6b du premier carter 8.

Dans l'exemple de la figure 2, l'arbre 4 traverse chacun des flasques 6a et 6b à la faveur d'ouvertures centrales 30 respectives.

L'arbre 4 est supporté par des roulements 7 respectivement portés par les flasques avant 6a et arrière 6b.

La machine électrique 1, représentée de façon schématique à la figure 3, comporte encore un système de commutation 5 destiné à relier au réseau électrique 2 les stators 13 et 23 des moteurs synchrones et asynchrones.

Le système de commutation 5 comporte des interrupteurs qui sont dans l'exemple de la figure 3 des relais électromécaniques 100 et 200, respectivement associés au moteur synchrone 10 et au moteur asynchrone 20. Chaque relais 100 et 200 comporte dans l'exemple décrit des bobinages et une série de contacts.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à l'emploi de relais électromécaniques pour réaliser les interrupteurs 100 et 200.

En variante, ces interrupteurs pourraient être des contacteurs, des transistors, des thyristors, des triacs ou des relais statiques.

5 Le système de commutation 5 comporte dans l'exemple décrit un circuit de commande 40 et un circuit de synchronisation 60, respectivement représentés de façon schématique aux figures 4 et 6.

Comme on peut le voir sur la figure 4, le circuit de commande 40 peut comporter deux portions de circuit 41 et 42, chaque portion de circuit assurant l'alimentation électrique des bobinages d'un relais 100 ou 200 afin de permettre le passage de ce relais d'un état ouvert à un état fermé par exemple.

Dans l'exemple décrit, les deux portions de circuit 41 et 42 sont montées en parallèle entre un interrupteur 43 et la masse 45. L'interrupteur 43 est monté en série avec une source de tension 44, délivrant par exemple une tension comprise entre 12V et 400V.

15 La portion de circuit 41 comporte le relais 100, relié en série à deux branches 46 et 47 montées en parallèle, la branche 46 comportant un interrupteur 101 et la branche 47 comportant deux interrupteurs 201 et 103, montés en série.

La portion de circuit 42 comporte le relais 200, relié en série à un interrupteur 102, ce dernier étant relié en série à deux branches 48 et 49 montées en parallèle, la branche 20 48 comportant un interrupteur 202 et la branche 49 comportant un interrupteur 203.

Les interrupteurs 43, 101, 102, 103, 201 et 203 peuvent être des interrupteurs électromécaniques ou des interrupteurs à semi-conducteurs. Les interrupteurs 43, 101, 102, 103, 201 et 203 sont par exemple du même type que les interrupteurs 100 et 200.

L'interrupteur 202 est par exemple un interrupteur commandable. Dans l'exemple 25 de la figure 4, l'interrupteur 202 est commandable en fermeture, par exemple grâce à un bouton-poussoir.

Les interrupteurs 101, 102 et 103, respectivement 201, 202 et 203, sont agencés pour changer d'état en fonction de l'état de l'interrupteur 100, respectivement 100.

Lorsque l'interrupteur 200 passe de l'état ouvert à l'état fermé, les interrupteurs 30 201 et 203 passent par exemple de l'état ouvert à l'état fermé.

Lorsque l'interrupteur 100 passe de l'état ouvert à l'état fermé, l'interrupteur 102 passe par exemple de l'état fermé à l'état ouvert tandis que l'interrupteur 101 passe de l'état ouvert à l'état fermé.

On va maintenant décrire en référence à la figure 5 une séquence de fonctionnement du circuit de commande représenté à la figure 4.

Avant démarrage de la machine, les interrupteurs 101, 103, 201, 202 et 203 sont ouverts et l'interrupteur 102 est fermé.

5 A une première étape 51, l'interrupteur 202 est commandé en fermeture, notamment par actionnement d'un bouton-poussoir. A la suite de cette étape 51, les bobinages du relais 200 sont électriquement reliés à la source électrique 44 par le biais des interrupteurs fermés 102 et 202, ce qui provoque l'alimentation du moteur asynchrone 20 par le réseau électrique 2 et, par conséquent, le démarrage du moteur asynchrone 20.

10 A l'étape 52, les interrupteurs 201 et 203 passent en position fermée, ce qui permet entre autres d'assurer une auto-alimentation des bobinages du relais 200, indépendamment de l'évolution ultérieure de l'interrupteur 202.

 A l'étape 53, le circuit de commande 40 reçoit, comme on le verra par la suite, un ordre d'alimentation du moteur synchrone 10 provenant du circuit de synchronisation 60. La
15 réception de cet ordre provoque la fermeture de l'interrupteur 103. A l'issue de cette étape, les bobinages du relais 100 sont électriquement reliés par le biais des interrupteurs fermés 201 et 103 à la source électrique 44.

 A l'étape 54, l'interrupteur 101 passe en position fermée tandis que l'interrupteur 102 passe en position ouverte, ce qui a pour conséquence d'interrompre l'alimentation
20 électrique des bobinages du relais 200 par la source électrique 44 et par conséquent l'alimentation du moteur asynchrone 20 par le réseau électrique.

 A l'étape 55, les interrupteurs 201 et 203 passent en position ouverte du fait du changement d'état de l'interrupteur 200, l'alimentation des bobinages du relais 100 étant alors assurée par le biais de l'interrupteur fermé 101. Ainsi, à l'issue de cette séquence, seuls
25 les bobinages du relais 100 sont électriquement alimentés par la source 44 et, par conséquent, seul le moteur synchrone 10 est électriquement relié au réseau 2.

On va maintenant décrire sous forme de représentation logique un exemple de circuit de synchronisation 60 selon l'invention.

 Ce circuit de synchronisation est par exemple réalisé à l'aide d'un composant
30 électronique programmable, par exemple un microcontrôleur.

 Le circuit de synchronisation 60 est dans l'exemple décrit agencé pour réaliser une fonction d'observation de la tension en comparant la tension du réseau d'alimentation 2

et la force électromotrice induite dans les enroulements 14 du stator 13 du moteur synchrone 10, lorsque ce dernier est entraîné par le moteur asynchrone 20 auquel il est accouplé.

La fonction d'observation de la tension est réalisée à l'aide de blocs 61, 62 et 63, chacun de ces blocs étant dédié à l'observation d'une phase de la tension.

5 Le bloc 61 reçoit comme entrées la tension U_s aux bornes de la phase U du stator 13 du moteur synchrone 10 et la tension U_r aux bornes de la phase U du réseau électrique 2.

Similairement, le bloc 62 reçoit les entrées V_s et V_r , relatives à la phase V et le bloc 63 reçoit les entrées W_s et W_r relatives à la phase W.

10 Ces blocs 61, 62 et 63 présentent en sortie un signal représentatif de la différence de potentiel entre les phases du moteur synchrone et celles du réseau électrique.

Le signal de sortie des blocs 61, 62 et 63 est par exemple:

- un signal radio comportant une porteuse et une amplitude, en cas de déphasage entre la force électromotrice induite aux bornes du stator du moteur synchrone et la tension du réseau ou lorsque ces deux tensions présentent des fréquences différentes ou,
- 15 - une onde sinusoïdale d'amplitude correspondant à la différence entre l'amplitude de la force électromotrice induite dans les enroulements du stator du moteur synchrone et l'amplitude de la tension du réseau d'alimentation, lorsque les deux tensions comparées présentent les mêmes fréquences.

20 Le cas échéant, une opération de démodulation est effectuée par le bloc 64 afin de séparer l'amplitude de la porteuse.

Le circuit de synchronisation 60 est également agencé pour effectuer une opération de détection du minimum de différence de potentiel entre la force électromotrice induite dans les enroulements 14 du stator 13 du moteur synchrone 10 et le réseau électrique 2 par l'intermédiaire du bloc 65. Comme on peut le voir sur la figure 6, le bloc 65 reçoit en

25 entrée le signal de sortie du bloc 64.

Le circuit de synchronisation est également agencé pour comparer par l'intermédiaire du bloc 66 l'ordre des phases de la force électromotrice induite dans les enroulements 14 du stator 13 du moteur synchrone 10, lorsque ce dernier est entraîné par le moteur asynchrone 20 auquel il est accouplé, et l'ordre des phases de la tension du réseau

30 électrique 2.

Les signaux en sortie des blocs 65 et 66 sont transmis à un circuit logique 67 représenté de façon schématique à la figure 6.

Le circuit logique 67 présente trois sorties 70, 71 et 72.

La sortie 70 correspond à l'envoi au circuit de commande 40 d'un ordre d'alimentation du moteur synchrone 10 selon l'étape 53 précédemment décrite.

Les sorties 71 et 72 correspondent à l'envoi au circuit de commande 40 d'un ordre d'arrêt du système provoquant l'arrêt de l'alimentation du moteur asynchrone 20 en agissant sur un relais non représenté.

Lorsque la détection du minimum de tension a été effectuée par le bloc 65 et qu'à l'issue de la comparaison de l'ordre des phases par le bloc 66, l'identité d'ordre des phases entre la force électromotrice induite dans les enroulements 14 du stator 13 du moteur synchrone 10 et le réseau électrique 2 a été détectée, la sortie 70 du circuit logique est activée pour envoyer au circuit de commande 40 l'ordre d'alimentation du moteur synchrone 10 selon l'étape 53.

Lorsque l'identité d'ordre des phases entre la force électromotrice induite dans les enroulements 14 du moteur synchrone 10 et le réseau électrique 2 n'a pas été détectée par le bloc 66, la sortie 71 du circuit logique 67 est activée pour donner l'ordre d'arrêt du système au circuit de commande 40.

Si l'identité des phases a été détectée par le bloc 66 mais qu'aucun minimum n'a été détecté par le bloc 65, le circuit logique 67 active une temporisation 74. Au bout d'un intervalle de temps prédéfini, si aucun minimum n'a été détecté par le bloc 65, la sortie 72 du circuit logique 67 est activée pour donner l'ordre d'arrêt du système au circuit de commande 40.

On a représenté sous forme de diagramme à la figure 7 des exemples de vitesses de synchronisme pouvant être obtenues grâce à une machine électrique 1 selon des exemples de réalisation de l'invention dans lesquels le moteur synchrone est dépourvu de cage rotorique.

La fréquence du réseau électrique 2 est par exemple de 50Hz. L'invention n'est bien entendu pas limitée à une telle valeur de fréquence électrique, cette dernière pouvant par exemple être de 60Hz. Le moteur asynchrone délivre par exemple un couple moteur maximal compris entre 15 et 40 Nm à une vitesse de 1000 min^{-1} , notamment compris entre 20 et 25 Nm. Les courbes 100, 110, 120 et 130 donnent le couple moteur du moteur asynchrone 20 en fonction de la vitesse de rotation du rotor 21, pour différentes valeurs de la résistance électrique de la cage rotorique 22. Les droites 140, 150 et 160 représentent respectivement les vitesses de synchronisme de machines synchrones 10 à quatre, six et huit pôles.

Comme on peut le voir, en faisant varier les valeurs de résistance électrique de la cage rotorique 22, on obtient des points de charge 200, 210 et 220 adaptés à différentes valeurs de vitesses de synchronisme.

5 Dans un autre exemple non représenté, on peut choisir les enroulements 24 du stator 23 du moteur asynchrone 20 de façon à ce que le couple moteur maximal du moteur asynchrone 20 puisse être adapté à différentes valeurs de vitesse de synchronisme selon le nombre de pôles de la machine synchrone 10.

10 L'invention s'applique plus particulièrement aux domaines de l'aéraulique, notamment pour réaliser des moto ventilateurs, et de l'hydraulique, notamment pour réaliser des pompes hydrauliques.

Dans les revendications, l'expression "comportant un" doit être comprise comme "comportant au moins un" sauf lorsque le contraire est spécifié.

REVENDICATIONS

1. Machine électrique tournante (1) à relier à un réseau électrique polyphasé (2), comportant :

- 5 - un moteur synchrone polyphasé (10) comportant un rotor (11) à aimants permanents (12) et un moteur asynchrone polyphasé (20) accouplés axialement et,
- un système de commutation (5), agencé pour :
 - relier électriquement pendant une phase de démarrage de la machine le moteur asynchrone (20) au réseau (2) afin d'amener le moteur synchrone (10) à une vitesse
 - 10 lui permettant de fonctionner en étant directement relié au réseau (2) et,
 - relier électriquement le moteur synchrone (10) au réseau (2) pendant une phase ultérieure.

2. Machine selon la revendication précédente, le moteur synchrone (10) comportant $2 \cdot N_{sy}$ pôles et le moteur asynchrone (20) comportant $2 \cdot N_{As}$ pôles, avec $N_{As} = N_{sy}$.

15 1.

3. Machine selon l'une des revendications précédentes, le moteur asynchrone (20) comportant un rotor à cage (21).

4. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, le moteur synchrone (10) comportant un rotor (11) dépourvu de cage rotorique.

20 5. Machine selon la revendication précédente, le moteur asynchrone générant un couple moteur maximal à une vitesse de rotation sensiblement égale à la vitesse de synchronisme du moteur synchrone (10).

6. machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, le moteur synchrone comportant un rotor à cage.

25 7. Machine selon la revendication précédente, le moteur asynchrone générant un couple moteur maximal à une vitesse de rotation inférieure à la vitesse de synchronisme du moteur synchrone (10), notamment inférieure à 80% de la vitesse de synchronisme du moteur synchrone (10).

8. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant

30 un carter (8) à l'intérieur duquel le moteur synchrone (10) et le moteur asynchrone (20) sont logés.

9. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comportant un premier carter (8) à l'intérieur duquel le moteur synchrone (10) est logé, et un deuxième carter (9) à l'intérieur duquel est logé le moteur asynchrone (20).

5 10. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, le rapport entre la longueur du moteur asynchrone (10) et celle du moteur synchrone (20) étant compris entre 20 % et 35 %.

11. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, le système de commutation (5) comportant un circuit de commande (40) et un circuit de synchronisation (60).

10 12. Machine selon la revendication précédente, le circuit de synchronisation (60) comportant un observateur de tension (61, 62, 63) agencé pour comparer la tension du réseau d'alimentation et la force électromotrice induite dans les enroulements (14) du moteur synchrone (10), lorsque ce dernier est entraîné par le moteur asynchrone (20).

15 13. Machine selon la revendication 11 ou la revendication 12, le circuit de synchronisation (60) étant agencé pour comparer l'ordre des phases de la tension du réseau électrique (2) et de la force électromotrice induite dans les enroulements (14) du moteur synchrone (10), lorsque ce dernier est entraîné par le moteur asynchrone (20).

14. Machine selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, le circuit de synchronisation (60) étant dépourvu d'observateur de vitesse.

20 15. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, le circuit de commande (40) étant agencé pour alimenter sélectivement le moteur synchrone (10) ou le moteur asynchrone (20) en fonction d'une information reçue depuis le circuit de synchronisation (60).

25 16. Procédé de démarrage d'une machine électrique tournante (1) à relier à un réseau électrique polyphasé (2), et comportant un moteur asynchrone (20) accouplé axialement à un moteur synchrone (10) et un système de commutation (5), le procédé comportant les étapes consistant à :

- ne relier électriquement au réseau (2) pendant une phase de démarrage de la machine que le moteur asynchrone (20) afin d'amener le moteur synchrone (10) à une vitesse
30 lui permettant de fonctionner en étant directement relié au réseau (2), et
- relier électriquement au réseau (2) le moteur synchrone (10) pendant une phase ultérieure.

17. Procédé selon la revendication 16, dans lequel la vitesse permettant au moteur synchrone (10) de fonctionner en étant directement relié au réseau (2) est la vitesse de synchronisme du moteur synchrone (10).

5 18. Procédé selon la revendication 16, dans lequel la vitesse permettant au moteur synchrone (10) de fonctionner en étant directement relié au réseau (2) est inférieure à la vitesse de synchronisme du moteur synchrone (10), étant notamment inférieure à 80% de la vitesse de synchronisme du moteur synchrone (10).

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, dans lequel on ne relie que le moteur synchrone (10) électriquement au réseau (2) pendant la phase ultérieure.

10 20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, comportant l'étape consistant à comparer, lors de la phase de démarrage, la force électromotrice induite dans le moteur synchrone (10) et la tension du réseau électrique (2) avant de relier électriquement au réseau (2) le moteur synchrone (10).

1/4

Fig. 1

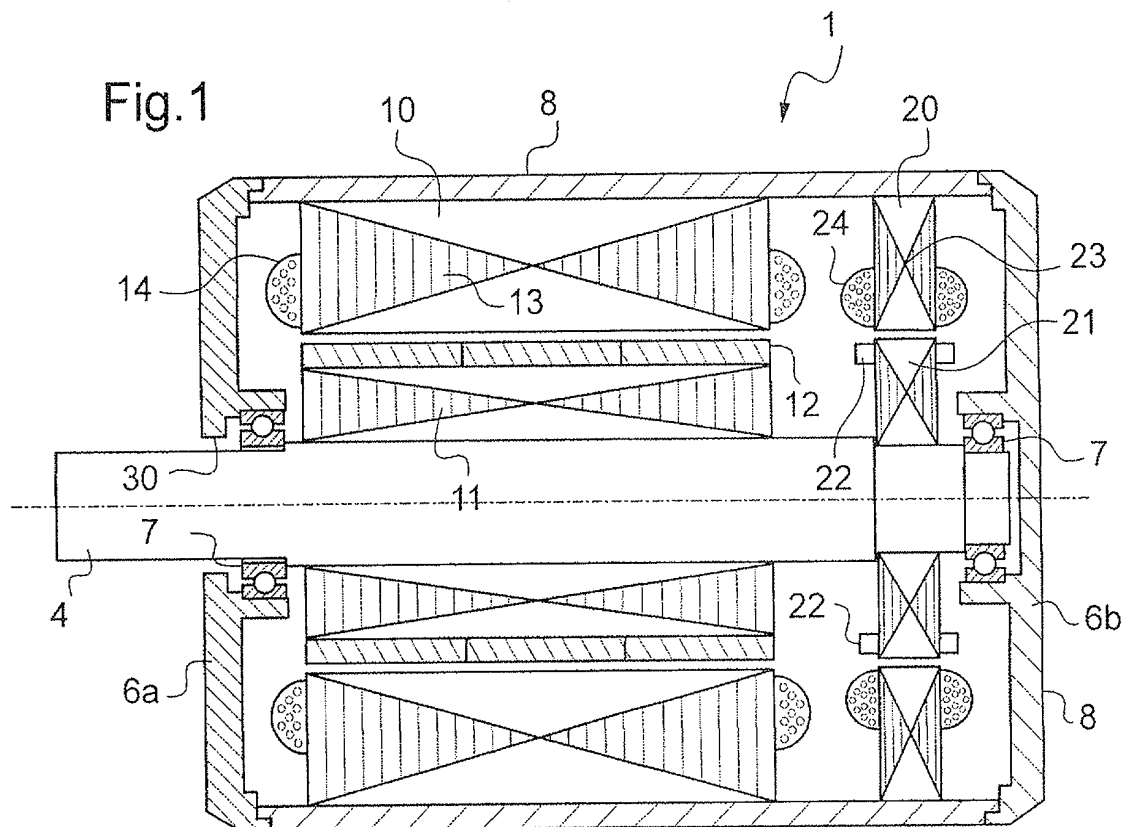
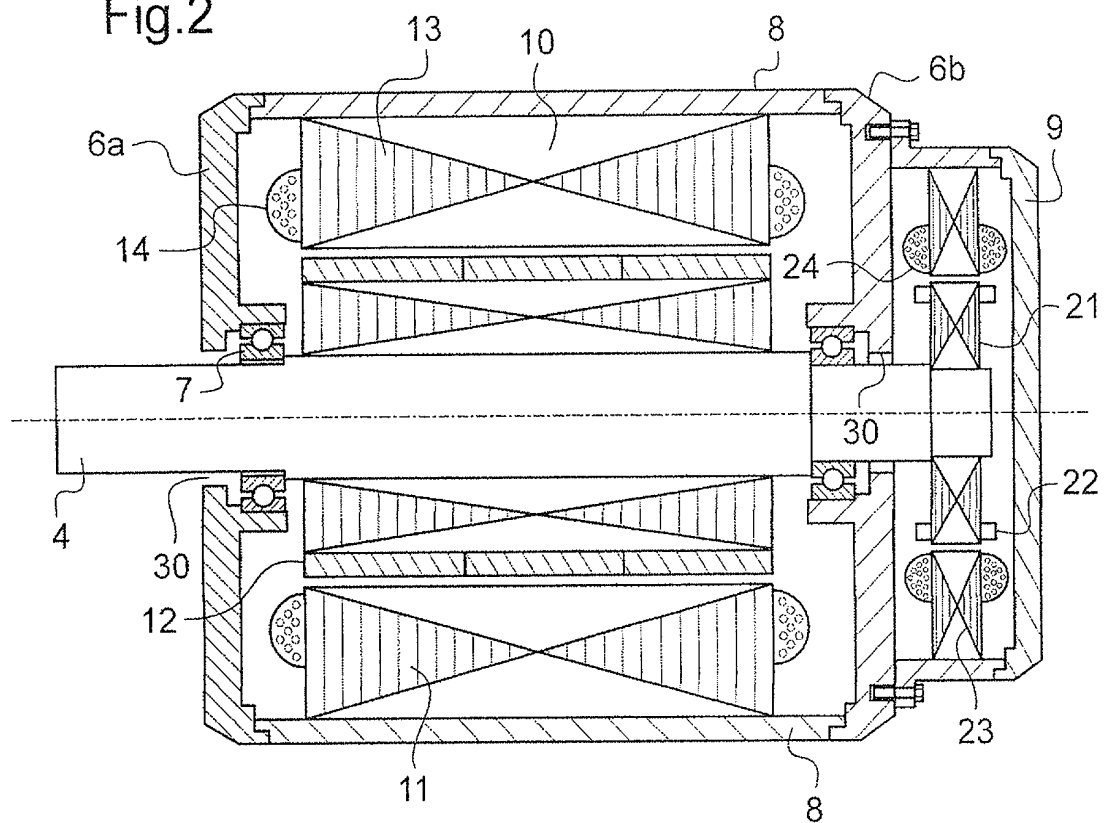


Fig.2



2/4

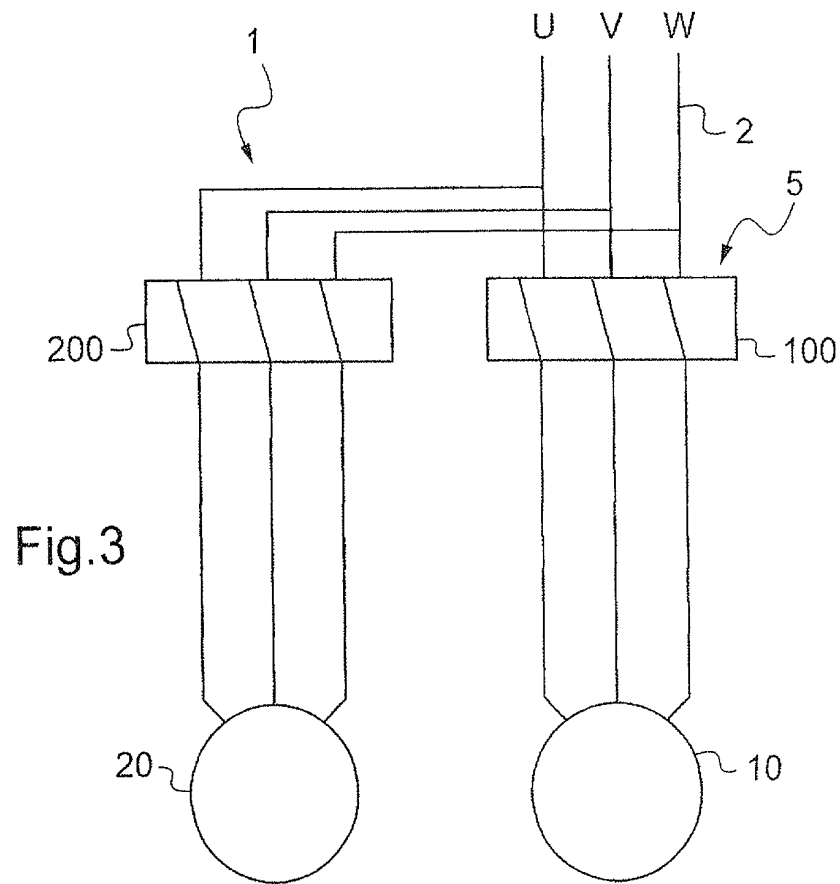


Fig. 4

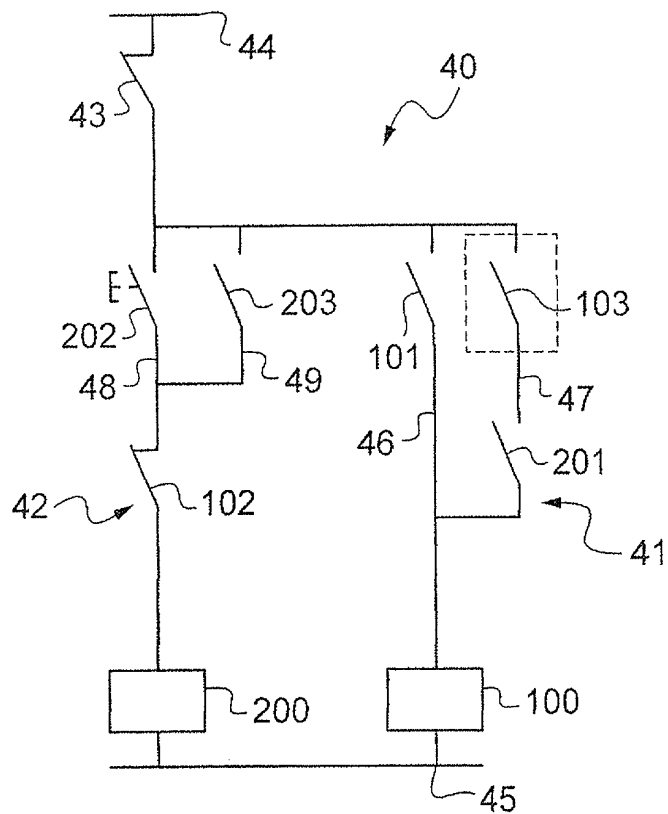
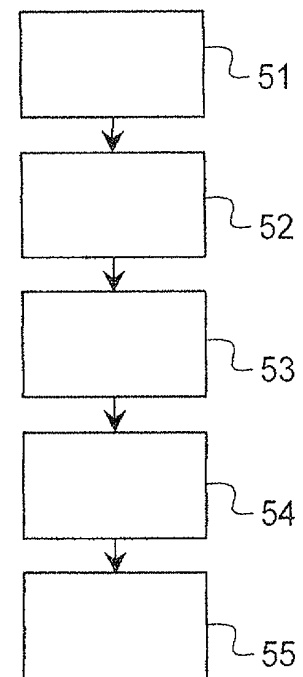


Fig. 5



3/4

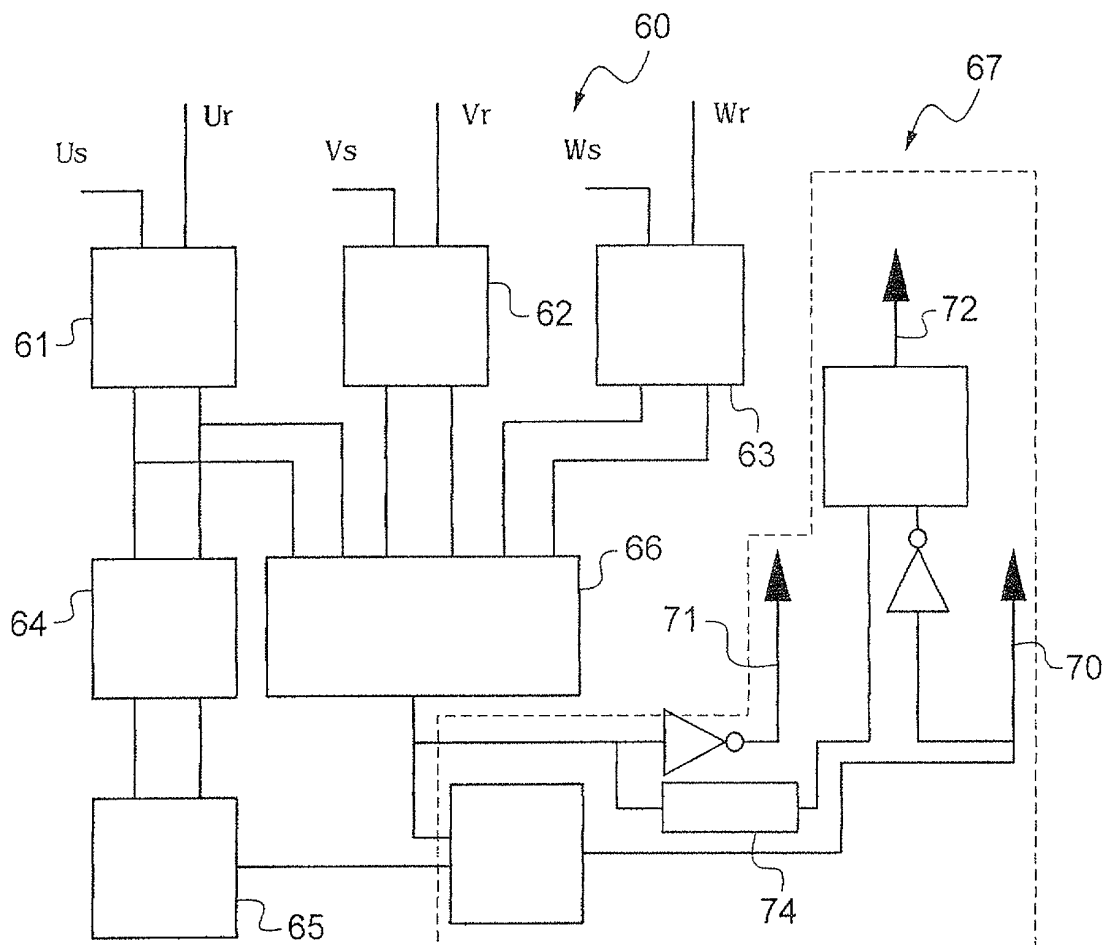


Fig.6

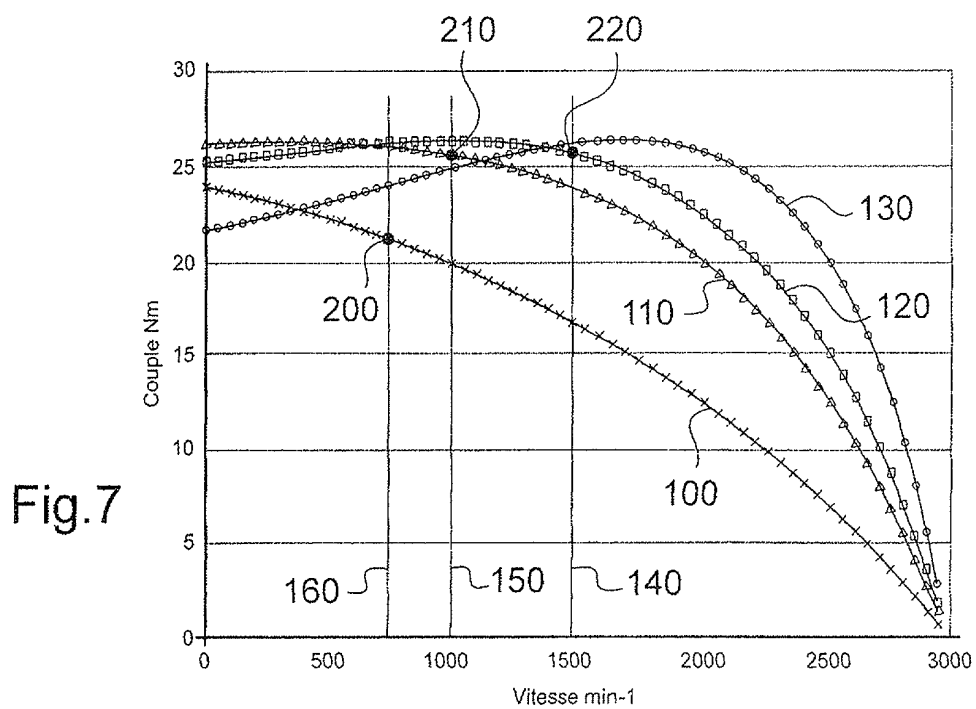


Fig.7

4/4

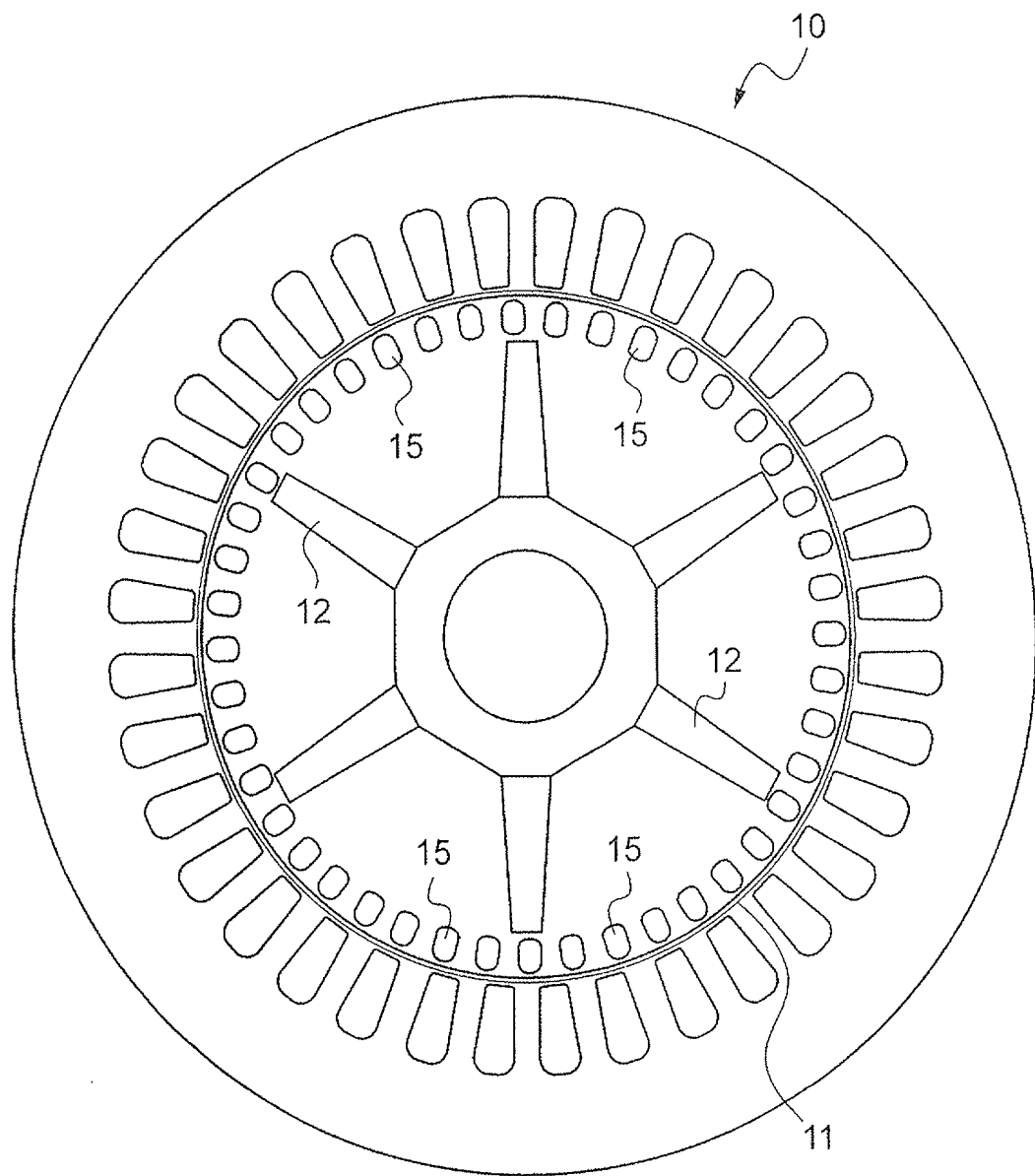


Fig. 8



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 714189
FR 0857155

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
D,A	WO 89/03936 A (SUNDSTRAND CORP [US]) 5 mai 1989 (1989-05-05) * page 6, ligne 1 - page 8, ligne 16; figures 1-5 *	1-21	H02K19/14
D,A	US 2003/071533 A1 (KIKUCHI SATOSHI [JP] ET AL) 17 avril 2003 (2003-04-17) * page 2, alinéa 45 - page 3, alinéa 57; figures 1-22 *	1-21	
A	FR 2 531 583 A (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10 février 1984 (1984-02-10) * page 2, ligne 18 - page 4, ligne 15; figures 1-3 *	1-21	
A	GB 287 101 A (SACHSENWERK LICHT & KRAFT AG) 19 juillet 1928 (1928-07-19) * le document en entier *	1-21	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 septembre 2009		Tangocci, Antonio	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0857155 FA 714189**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **03-09-2009**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 8903936	A	05-05-1989	EP 0348470 A1	03-01-1990
			JP 2501794 T	14-06-1990
			US 4830412 A	16-05-1989

US 2003071533	A1	17-04-2003	CN 1441538 A	10-09-2003
			KR 20030031837 A	23-04-2003
			TW 571487 B	11-01-2004

FR 2531583	A	10-02-1984	DE 3229351 A1	09-02-1984
			GB 2125229 A	29-02-1984
			US 4556809 A	03-12-1985

GB 287101	A	19-07-1928	AUCUN	
