

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



PCT



(43) Date de la publication internationale
2 février 2006 (02.02.2006)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/010864 A2

(51) Classification internationale des brevets :
G01P 3/487 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/001663

(22) Date de dépôt international : 30 juin 2005 (30.06.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0407262 30 juin 2004 (30.06.2004) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **VALEO
EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR** [FR/FR];
2, rue André-Boulle, F-94017 Créteil Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **CHEMIN,**

Michaël [FR/FR]; 11bis, rue de Bel Air, F-51700 Festigny (FR). **LEROUX, Frédéric** [FR/FR]; 9, allée Max Ophuls, F-94000 Créteil (FR). **KONAN, Gilbert** [FR/FR]; 9, rue du Castel, F-94000 Créteil (FR).

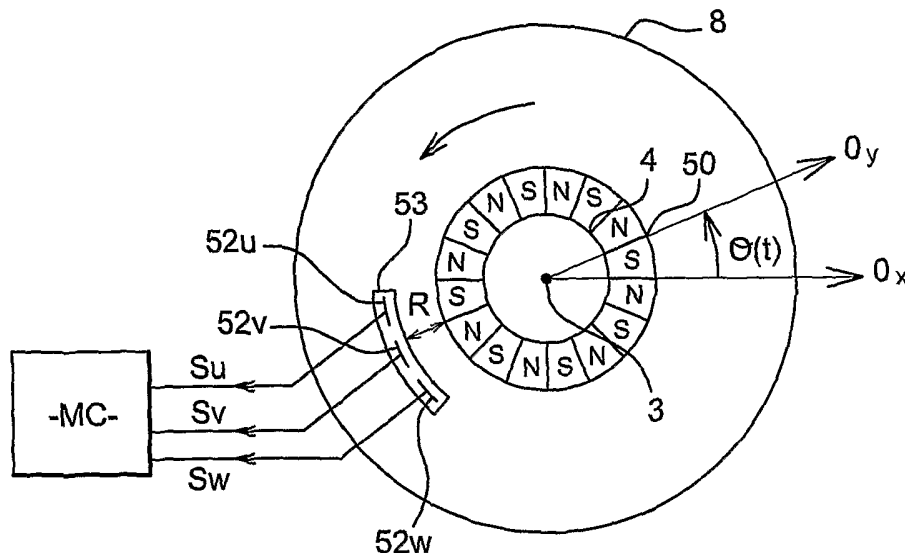
(74) Mandataire : **UTZMANN-NORTH, Anne**; Valéo Equipements Electriques Moteur, 2, rue André-Boulle, F-94017 Créteil (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE FOR CONTROLLING A ROTATING ELECTRICAL MACHINE

(54) Titre : DISPOSITIF DE COMMANDE D'UNE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE



(57) Abstract: The invention concerns a device for determining the position ($\theta(t)$) of the rotor (4) of a rotating electrical machine. The invention is characterized in that said device comprises a plurality of magnetic field sensors (52u, 52v, 52w) stationary relative to the stator (8) and adapted to deliver multiphase electric signals (s_u, s_v, s_w) representing a magnetic field detected by said sensors, and means for processing (MC) said multiphase electric signals by an operator ([M]) capable of providing diphasic signals ($\sin\theta(t)$, $\cos\theta(t)$) depending on said position. The invention is applicable to rotating electrical machines used in the automotive industry.

(57) Abrégé : Dispositif de détermination de la position ($\theta(t)$) du rotor (4) d'une machine électrique tournante. Selon l'invention, ledit dispositif comprend une pluralité de capteurs (52u, 52v, 52w) de champ magnétique fixes par rapport au stator (8) et aptes à délivrer des signaux électriques multiphasés (s_u, s_v, s_w) représentatifs d'un champ magnétique détectés par lesdits capteurs, et des moyens de traitement (MC) desdits signaux électriques multiphasés

[Suite sur la page suivante]



WO 2006/010864 A2



(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

DISPOSITIF DE COMMANDE D'UNE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE

Domaine de l'invention

La présente invention concerne un dispositif de détermination de la position d'un rotor d'une machine électrique tournante comprenant un stator.

5 L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine des machines réversibles, ou alerno-démarrateurs, utilisées dans l'industrie automobile, aussi bien en mode alternateur qu'en mode moteur au démarrage ou en aide au décollage (« boost ») à partir de 500 tours/min.

Etat de la technique

Une machine réversible comporte un alternateur comprenant :

- un rotor comportant un inducteur associé classiquement à deux bagues collectrices et deux balais par lesquels est amené un courant d'excitation ;

15 - un stator polyphasé portant plusieurs bobines ou enroulements qui sont connectés en étoile ou en triangle dans le cas le plus fréquent d'une structure triphasée et qui délivrent vers un pont redresseur, en fonctionnement alternateur, une puissance électrique convertie. La machine comporte deux
20 paliers, un avant et un arrière, pour la fixer au moteur thermique et pour fixer le stator. Le stator entoure le rotor. Le rotor est porté par un arbre supporté par les paliers avant et arrière. Les balais sont reliés à un régulateur de l'alternateur pour maintenir la tension de l'alternateur à une tension voulue pour une batterie selon qu'elle est à vide ou en charge.

25 L'alternateur permet de transformer un mouvement de rotation du rotor, entraîné par le moteur thermique du véhicule, en un courant électrique induit dans les bobinages du stator.

L'alternateur peut aussi être réversible et composer un moteur électrique, ou machine électrique tournante, permettant d'entraîner en rotation,
30 via l'arbre de rotor, le moteur thermique du véhicule. Cet alternateur réversible est appelé alternateur-démarrateur ou encore alerno-démarrateur. Il permet de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique et vice versa.

Ainsi, en mode alternateur, l'alternateur charge notamment la batterie du véhicule et des consommateurs tandis qu'en mode démarreur l'alternateur entraîne le moteur thermique appelé également moteur à combustion interne, du véhicule automobile pour son démarrage.

5 Dans les machines réversibles de l'industrie automobile, par exemple, fonctionnant selon les modes moteur ou démarreur, le stator doit être piloté en courant de manière à appliquer à tout moment au rotor le couple nécessaire aussi bien pour le mettre en mouvement que pour lui imprimer la rotation requise pour le fonctionnement du moteur. Or, ce couple à appliquer au rotor, et donc le courant à fournir aux phases du stator, est une fonction sinusoïdale
10 de la position, repérée par un angle θ , du rotor par rapport au stator, d'où la nécessité de déterminer cette position avec précision.

A cet effet, certaines machines électriques réversibles, notamment celles utilisées dans l'industrie automobile, sont actuellement équipées d'un dispositif
15 connu sous le nom de résolveur disposé en bout de l'arbre du rotor de la machine. Un tel résolveur est décrit dans le brevet US 2002/0063491 A1. Il comporte lui-même un stator et un rotor qui sont respectivement fixes par rapport au stator et au rotor de la machine. Ledit résolveur mesure le champ magnétique issu de son propre rotor. Ce champ magnétique étant fixe par rapport audit rotor qui est lui-même fixe par rapport au rotor de la machine, est
20 représentatif de la position du rotor même de la machine.

Toutefois, ce type d'équipement présente un certain nombre d'inconvénients.

Les résolveurs sont en effet coûteux et leur mise en œuvre pour les
25 rendre opérationnels est complexe en raison du couplage à effectuer entre un tel résolveur et la machine elle-même nécessitant la présence d'un composant électronique de calcul pour fournir une position correcte du rotor de la machine à partir des paramètres de couplage.

D'autre part, ils sont sensibles aux perturbations magnétiques causées
30 par le champ magnétique de fuite produit par le rotor, ce qui entraîne un dysfonctionnement du système, donc des erreurs de mesure et une mauvaise commande de la machine. Pour limiter cet inconvénient, il faut avoir recours à une protection magnétique, comme un tube en acier inoxydable placé entre le rotor et le résolveur en bout d'arbre. De plus, la tenue mécanique de ce
35 dispositif n'est pas parfaite puisqu'ils sont particulièrement sensibles aux vibrations de la machine du fait du montage sur le bout de l'arbre du rotor.

Enfin, leur tenue au brouillard salin, aux poussières n'est pas totalement satisfaisante.

Objet de l'invention

5

Aussi, le problème technique à résoudre par l'objet de la présente invention est de proposer un dispositif de détermination de la position d'un rotor d'une machine électrique tournante comprenant un stator, qui permettrait d'obtenir la position précise recherchée tout en étant bon marché, simple à
10 mettre en œuvre et peu sensible aux perturbations magnétiques.

10

La solution au problème technique posé consiste, selon la présente invention, en ce que ledit dispositif comprend une pluralité de capteurs de champ magnétique fixes par rapport au stator et aptes à délivrer des premiers signaux représentatifs d'un champ magnétique tournant détecté par lesdits
15 capteurs, et des moyens de traitement desdits premiers signaux par un opérateur apte à fournir des deuxièmes signaux dépendant de ladite position.

15

Selon un premier mode de réalisation, les premiers signaux sont des signaux électriques triphasés et les deuxièmes signaux sont des signaux électriques diphasés.

20

Selon l'invention, ledit opérateur est représenté par une matrice de projection d'un repère multiphasé en un repère diphasé. Selon un premier mode de réalisation, la matrice de projection est une matrice de Concordia. Selon un deuxième mode de réalisation, la matrice de projection est une matrice de Clark.

25

Ainsi, comme on le verra en détail plus loin, le dispositif conforme à l'invention conduit à une détermination précise de la position du rotor, du fait notamment de son indépendance vis-à-vis de nombreux paramètres et de son insensibilité à diverses perturbations et phénomènes parasites.

30

D'autre part, plusieurs caractéristiques du dispositif de détermination, objet de l'invention, concourent à en réduire le coût et à simplifier sa mise en œuvre.

35

En particulier, l'invention prévoit que lesdits capteurs sont des capteurs à effet Hall. L'avantage de ce type de capteurs est qu'ils sont bon marché et simples à utiliser. Selon un premier mode de réalisation, la pluralité de capteurs se compose de trois capteurs déphasés électriquement de 120°.

Selon un deuxième mode de réalisation, la pluralité de capteurs se compose de deux capteurs déphasés électriquement de 90°.

Le champ magnétique tournant nécessaire au fonctionnement du dispositif selon l'invention peut être obtenu selon deux modes de production différents.

Dans un premier mode de production ledit champ magnétique est le champ magnétique créé par le rotor, alors que dans un deuxième mode de production ledit champ magnétique est créé par une cible aimantée liée à l'arbre du rotor.

On constatera que dans l'un et l'autre cas le dispositif selon l'invention n'implique pas d'équipements coûteux puisque dans le premier cas le champ magnétique est directement fourni par le rotor lui-même, et dans le second cas le champ magnétique est fourni par une cible, car on effectue un calcul direct de la position du rotor par rapport au un champ magnétique du rotor ou de la cible, cette dernière étant moins coûteuse qu'un résolveur.

Brève description des Figures

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

La Fig. 1 est une vue en coupe axiale d'une machine électrique tournante comportant un dispositif de détermination de position conforme à l'invention,

La Fig. 2 est une vue selon la flèche 2 de la machine électrique tournante de la Fig.1,

La Fig. 3 est une vue en perspective d'un porte-capteur du dispositif de détermination de l'invention de la Fig. 1,

La Fig. 4 est une schématisation d'une machine électrique tournante de la Fig. 1 comportant un mode de réalisation d'un dispositif de détermination de position conforme à l'invention,

La Fig. 5 est un schéma du mode de réalisation du dispositif de détermination de position de la Fig. 4,

La Fig. 6 est un diagramme montrant les variations des signaux de sortie de capteurs du dispositif de la Fig. 4, et

La Fig. 7 est un schéma d'une chaîne de traitement des signaux par le dispositif de détermination de position de la Fig. 4.

Description détaillée de modes de réalisation préférentiels de l'invention

Dans la description qui va suivre, on prend l'exemple d'une machine électrique tournante à griffes.

Sur la Fig. 1 est représentée une telle machine électrique tournante comprenant, dans un premier mode de réalisation :

- un stator bobiné 8 doté ici de trois enroulements pour définition de trois phases 10 (représentées à la Fig. 2), le stator comportant également des pôles,
- un rotor 4 comportant deux roues polaires à griffes 41, 42 fixées sur un arbre 3, les griffes étant également appelées dents 143. Les dents de des roues polaires sont imbriquées les unes avec les autres. Lorsque le rotor est alimenté en courant, les dents de l'une des roues polaires définissent des pôles nord, tandis que les dents de l'autre roue polaire définissent des pôles sud. Le rotor est ainsi magnétisé. Il y a alors création de paires de pôles nord-sud,
- un palier avant 13 et arrière 14 sur lequel est fixé un capot protecteur 17, lesdits paliers permettant un montage rotatif des extrémités respectives avant et arrière de l'arbre 3 du rotor,
- Un dispositif de détermination de la position $\theta(t)$ du rotor 4, et
- Une cible 50 à lecture axiale ou radiale solidaire en rotation avec le rotor, plus particulièrement, liée à l'arbre 3 du rotor. Avantageusement, la cible est magnétique 50 et comporte une alternance de pôles sud et pôles nord répartis de manière régulière, définis par des aimants permanents par exemple. Préférentiellement, la cible 50 comporte un nombre de paires de pôles magnétiques identiques à celui du rotor 4.

Dans un deuxième mode de réalisation non limitatif, la machine électrique tournante est équivalente à celle décrite à la Fig. 1, mais ne comporte pas de cible 50.

On prendra comme exemple un rotor comprenant huit paires de pôles.

Le dispositif de détermination de la position $\theta(t)$ du rotor 4 comprend :

- des capteurs 52 de champ magnétique, les capteurs étant au nombre de trois dans le cas d'une machine triphasée dans l'exemple pris,
- un porte-capteur 53 destiné à porter les trois capteurs 52, ledit porte-capteur étant fixé sur le fond du palier arrière 14, et
- des moyens de traitement MC de premiers signaux issus des capteurs 52 par un opérateur [M].

10 Selon le premier mode de réalisation, les capteurs 52 de champ magnétique sont implantés face à la cible 50, et le porte-capteur 53 est fixé sur la face du palier arrière 14 tournée à l'opposé de la cible 50, comme illustré à la Fig. 2, la Fig. 2 étant une vue selon la flèche 2 de la Fig. 1 sans le capot 17.

15 Dans une première variante de réalisation, les capteurs 52 sont implantés radialement en regard de la cible 50, perpendiculairement par rapport à l'arbre 3 du rotor 4, avec définition d'un entrefer entre les capteurs et la cible en sorte que la lecture est radiale, comme illustré à la Fig. 1.

20 Dans une deuxième variante de réalisation, les capteurs 52 sont implantés axialement en regard de la cible 50, dans l'axe de l'arbre 3 du rotor 4, avec définition d'un entrefer entre les capteurs et la cible en sorte que la lecture est axiale.

25 Selon le deuxième mode de réalisation, les capteurs 52 de champ magnétique sont implantés face au rotor 4, et le porte-capteur 53 est fixé sur la face du palier avant 13.

Dans une première variante de réalisation, les capteurs 52 sont implantés radialement sur le côté du rotor 50, perpendiculairement par rapport à l'arbre 3 du rotor 4 en sorte que la lecture est radiale.

30 Dans une deuxième variante de réalisation, les capteurs 52 sont implantés axialement sur le dessus du rotor 4, dans l'axe de l'arbre 3 du rotor 4, en sorte que la lecture est axiale.

Préférentiellement, les capteurs sont surmoulés sur le porte-capteur 53, ce dernier étant de préférence en plastique. Ceci permet à l'ensemble capteur,

porte-capteur d'être étanche et ainsi d'être moins sensible au brouillard salin et aux poussières.

La Fig. 3 montre un exemple de réalisation d'un porte-capteur 53 pour une lecture radiale. Ledit porte-capteur 53 comporte notamment:

- un connecteur 257 dans lequel des traces métalliques permettant de faire une connexion entre ledit connecteur et les capteurs 52, ledit connecteur permettant une connexion avec la partie électronique de la machine,
- un secteur 55 permettant d'accueillir les capteurs 52, lesdits capteurs étant situés à la périphérie interne dudit secteur dans l'exemple pris de lecture radiale, et
- des oreilles 56 permettant de fixer ledit porte-capteur 53 au palier arrière 14 dans l'exemple pris.

On notera que pour plus de précision sur ledit porte-capteur 53, on se reportera à la description du brevet WO 01/69762A1, notamment pages 21 et 22.

La Fig. 4 est une schématisation d'éléments de la machine électrique tournante 1 comportant un mode de réalisation du dispositif de détermination de la position du rotor conforme à l'invention.

On peut ainsi voir les trois phases 10u, 10v et 10w du stator 8, le rotor 4 et les trois capteurs 52u, 52v, 52w, ces derniers étant reliés aux moyens de traitement MC des premiers signaux issus desdits capteurs.

La Fig. 5 est une autre schématisation du dispositif de détermination de la position $\theta(t)$ du rotor 4. Plus précisément, par l'expression position du rotor on entend la position d'une direction Oy liée au mouvement de rotation du rotor prise par rapport à une direction Ox fixe liée au porte-capteur 53 et donc fixe par rapport au stator 8.

Avantageusement, l'ensemble des capteurs se compose de 3 capteurs 52u, 52v, 52w à effet Hall déphasés entre eux de 120° électriques. On peut prévoir cependant un autre agencement de capteurs, par exemple deux capteurs à effet Hall déphasés entre eux de 90° électriques ou encore plus de trois capteurs, par exemple cinq capteurs déphasés entre eux de 72° électriques. L'intérêt des capteurs à effet Hall est de mesurer un champ magnétique et de transposer cette mesure en un signal représentatif dudit

champ magnétique de grandeur équivalente à une tension, fréquence, courant, numérique....

Les capteurs 52u, 52v, 52w sont destinés à fournir des premiers signaux s_u , s_v et s_w représentatifs d'un champ magnétique détecté au niveau de chaque capteur et créé par le mouvement du rotor dans le stator. Les trois capteurs mesurent au même moment ledit champ magnétique à des endroits différents. Ce champ magnétique est une somme de différents champs magnétiques issus de différentes sources.

Ainsi, dans le premier mode de réalisation, cas de la cible 50, le champ magnétique est créé par ladite cible 50 additionné, le cas échéant, d'un champ de fuite créé par les roues polaires 41, 42 du rotor 4 lui-même.

Dans le deuxième mode de réalisation, cas du rotor 4 sans cible, le champ magnétique est créé par le rotor 4 lui-même.

Préférentiellement, les premiers signaux sont des signaux électriques triphasés. Les premiers signaux peuvent être également des signaux numériques représentatifs du champ magnétique.

La Fig. 6 illustre les variations au cours du temps des premiers signaux s_u , s_v et s_w délivrés par les trois capteurs 52u, 52v et 52w dans le cas de signaux électriques triphasés. Ces premiers présentent une composante continue s_{offset} de décalage incluant le cas échéant les perturbations magnétiques créées par le rotor 4, et une composante sensiblement sinusoïdale reproduisant les variations du champ magnétique détecté par chaque capteur.

On notera que la composante continue s_{offset} de décalage dépend donc notamment :

- du courant qui alimente le rotor et donc de la manière de magnétiser ledit rotor, et
 - des imprécisions de mesures induites par les capteurs eux-mêmes.
- Un tel offset peut avoir comme valeur 2,5V.

Par ailleurs, la composante sinusoïdale dépend notamment de la position du capteur par rapport au rotor 4 (cas du deuxième mode de

réalisation) ou à la cible 50 (cas du premier mode de réalisation), cette position étant déterminée par la distance R illustrée sur la Fig. 5. Plus précisément, la composante varie en fonction de $1/R^2$.

5 Ainsi, plus un capteur 52 est proche du rotor 4 (cas du deuxième mode de réalisation) ou de la cible 50 (cas du premier mode de réalisation), plus les variations de la composante sinusoïdale sont importantes en amplitude.

A titre d'exemple, le maximum des signaux est atteint lorsqu'un capteur se trouve en regard d'un pôle Nord du rotor 4 (cas du deuxième mode de réalisation) ou de la cible 50 (cas du premier mode de réalisation). Les signaux
10 sont au contraire minimum à chaque fois qu'un capteur se trouve en regard d'un pôle Sud du rotor 4 (cas du deuxième mode de réalisation) ou de la cible 50 (cas du premier mode de réalisation).

Enfin, l'ensemble des signaux s_u , s_v et s_w dépend directement de la position $\theta(t)$ du rotor recherchée car la fréquence desdits signaux dépend de la
15 fréquence de rotation du rotor 4 (cas du deuxième mode de réalisation) et de son nombre de pôles ou du nombre de pôles de la cible 50 (cas du premier mode de réalisation). Ainsi, la fréquence des premiers signaux issus des capteurs 52 est égale à celle de la rotation du rotor 4 multipliée par le nombre de paires de pôles du rotor 4 (cas du deuxième mode de réalisation) ou de la
20 cible 50 (cas du premier mode de réalisation).

La Fig. 7 donne un schéma d'une chaîne de traitement permettant précisément d'extraire la position $\theta(t)$ des signaux s_u , s_v et s_w . On notera que l'ensemble de la chaîne de traitement décrite ci-après est effectuée par les
25 moyens de traitement de signaux MC qui sont préférentiellement un microcontrôleur se trouvant dans la partie électronique qui commande la machine, partie électronique qui se trouve de manière connue dans un boîtier externe ou intégré à ladite machine.

Dans une première étape), on applique aux premiers signaux s_u , s_v et
30 s_w issus des capteurs 52 un opérateur représenté par une matrice de projection M apte à fournir des deuxièmes signaux $\sin\theta(t)$ et $\cos\theta(t)$ dépendant de la position $\theta(t)$ du rotor 4.

Dans un premier mode de réalisation non limitatif, la matrice M est une matrice de projection d'un repère multiphasé vers un repère diphasé,

transformant ainsi des signaux multiphasés en deux signaux diphasés. Dans notre cas, le repère multiphasé est un repère triphasé.

On a ainsi :

$$\begin{matrix} 5 \\ \left| \begin{matrix} \sin\theta(t) \\ \cos\theta(t) \\ h \end{matrix} \right| \end{matrix} = [M] \begin{matrix} \left| \begin{matrix} s_u \\ s_v \\ s_w \end{matrix} \right| \end{matrix}$$

La troisième composante de sortie h, dite composante homopolaire, n'est pas utilisée dans le cadre de l'invention. Elle est composée d'une moyenne des composantes s_{offset} de décalage et d'un signal dont l'amplitude est fonction d'une erreur de déphasage entre les signaux fournis par les capteurs à effet Hall dans le cas où lesdits capteurs ne pas bien montés de sorte que les premiers signaux ne sont pas tout à fait déphasés de 120° par exemple.

Selon une première variante de réalisation de ce premier mode, la matrice de projection M est une matrice inverse d'une matrice connue sous le nom de matrice de Concordia C.

La matrice

$$[C] = \sqrt{2/3} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1/\sqrt{2} \\ -1/2 & (\sqrt{3})/2 & 1/\sqrt{2} \\ -1/2 & -(\sqrt{3})/2 & 1/\sqrt{2} \end{vmatrix}$$

est un exemple de matrice de Concordia applicable, soit

$$[C]^{-1} = \sqrt{2/3} \begin{vmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{vmatrix}$$

Selon une deuxième variante de réalisation de ce premier mode, la matrice de projection M est une matrice inverse d'une matrice connue sous le nom de matrice de Clark C.

La matrice

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$[C] = \begin{bmatrix} -1/2 & -(\sqrt{3})/2 & 1 \\ -1/2 & (\sqrt{3})/2 & 1 \end{bmatrix}$$

est un exemple de matrice de Clark applicable, soit

$$[C]^{-1} = 2/3 \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & -(\sqrt{3})/2 & (\sqrt{3})/2 \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix}$$

On notera que les coefficients de ces matrices de projection sont constants mais sont fonction de conventions telles que le sens de rotation pris des courants triphasés, l'intensité de ses courants.... Aussi, on peut avoir un facteur de normalisation différent.

Dans une deuxième étape), on calcule l'argument d'un angle $\theta(t)$ à partir des deux deuxièmes signaux $\sin\theta(t)$ et $\cos\theta(t)$, l'angle $\theta(t)$ représentant la position du rotor 4.

Ainsi, ce calcul permet de déterminer la position $\theta(t)$ du rotor 4 de manière univoque à 360° électriques près, soit $360/8 = 45^\circ$ mécaniques pour huit paires de pôles du rotor 4 dans l'exemple pris. On rappellera qu'un nombre de tours électriques est égal au nombre de paires de pôles fois le nombre de tours mécaniques, un tour mécanique correspondant à 360° physique du rotor.

On notera qu'on utilise préférentiellement l'argument au lieu de l'arc tangente ce qui permet de se désolidariser de l'amplitude des premiers signaux s_u , s_v et s_w , l'argument étant le même quelque soit l'amplitude desdits signaux.

De plus, comme décrit précédemment, cela permet d'avoir la position du rotor sur 360° au lieu de 180° dans le cas de l'arc tangente.

On notera que le traitement qui vient d'être décrit est effectué par le microcontrôleur MC dès que la position du rotor 4 est nécessaire pour commander la machine.

Ainsi avant même le démarrage, on peut avoir la position $\theta(t)$ du rotor 4, les capteurs à effet Hall détectant de façon continue le champ magnétique.

Ainsi, un des avantages du traitement illustré sur la Fig. 7 est qu'il est indépendant de paramètres tels que l'amplitude des premiers signaux s_u , s_v et s_w ou encore tels que les décalages s_{offset} , ce qui rend le résultat de la

détermination de la position $\theta(t)$ insensible aux perturbations magnétiques, conformément à un but visé par l'invention.

On remarquera par ailleurs que le dispositif conforme à l'invention qui vient d'être décrit en regard des Fig. 1 à 7 est également insensible aux parasites de mode commun qui pourraient se trouver appliqués aux premiers signaux s_u , s_v et s_w de sortie des capteurs 52u, 52v et 52w de champ magnétique. On rappellera que les parasites de mode commun sont dus à des différences de références entre un premier signal mesuré par un capteur et référencé par rapport à la masse dudit capteur et le premier signal reçu par le microcontrôleur MC et référencé par rapport à la masse dudit microcontrôleur MC. Il arrive que les deux références soient décalées l'une par rapport à l'autre, ce décalage introduisant une erreur appelée parasite de mode commun. En s'affranchissant du décalage s_{offset} du à un capteur (soit les 2,5V référencés par rapport à la masse dudit capteur), on s'affranchit également de ce parasite de mode commun.

Enfin, on notera que le dispositif de détermination de la position selon l'invention peut être également mise en oeuvre dans toutes les machines électriques où la position du rotor par rapport au stator doit être connue avec précision. L'invention est ainsi applicable à tout type de machines électriques et pour des fonctionnements différents. L'invention peut en effet s'appliquer à des machines fonctionnant en tant qu'alternateur seul, en tant que moteur seul ou en tant qu'alternateur-démarrreur, et de type machines asynchrones, machines synchrones à griffes avec ou sans aimants interpolaires ou encore machines avec rotor à aimants permanents.

REVENDICATIONS

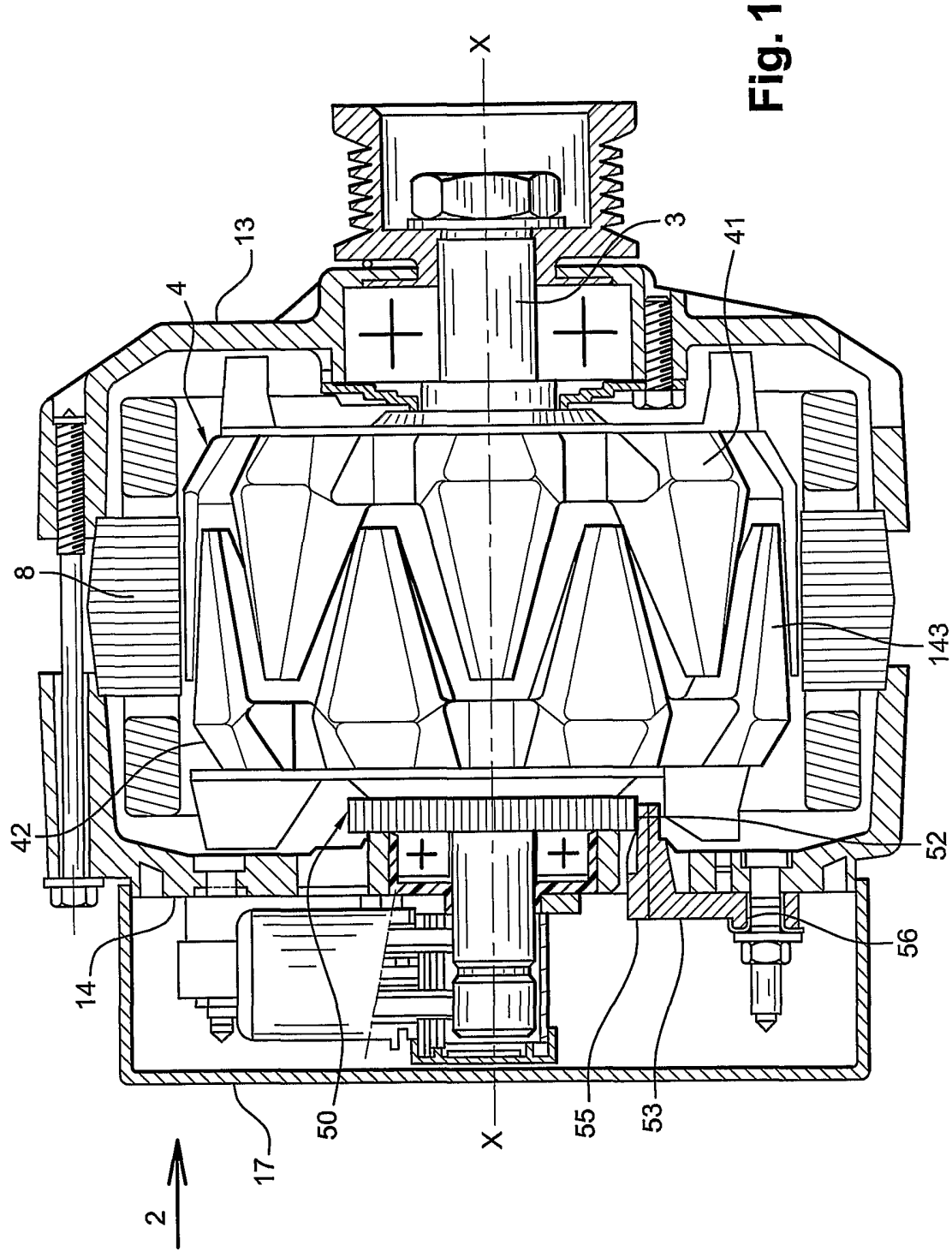
1. Dispositif de détermination de la position ($\theta(t)$) d'un rotor (4) d'une machine électrique tournante comprenant un stator (8), caractérisé en ce que ledit dispositif comprend une pluralité de capteurs (52u, 52v, 52w) de champ magnétique fixes par rapport au stator (8) et aptes à délivrer des premiers signaux (s_u , s_v , s_w) représentatifs d'un champ magnétique tournant détecté par lesdits capteurs, et des moyens de traitement desdits premiers signaux par un opérateur ([M]) apte à fournir des deuxièmes signaux ($\sin\theta(t)$, $\cos\theta(t)$) dépendant de ladite position ($\theta(t)$).
5
- 10 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les premiers signaux sont des signaux électriques triphasés.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les deuxièmes signaux sont des signaux électriques diphasés.
- 15 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit champ magnétique est le champ magnétique créé par le rotor (4).
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit champ magnétique est créé par une cible aimantée (50) liée à un arbre (3) du rotor (4).
- 20 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit opérateur ([M]) est représenté par une matrice de projection d'un repère multiphasé en un repère diphasé.
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la matrice de projection ([M]) est une matrice inverse ($[C]^{-1}$) de Concordia.
- 25 8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la matrice de projection ([M]) est une matrice inverse ($[C]^{-1}$) de Clark.
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ladite pluralité de capteurs se compose de trois capteurs déphasés électriquement de 120° .

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ladite pluralité de capteurs se compose de deux capteurs déphasés électriquement de 90°.

5 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que lesdits capteurs (52u, 52v, 52w) sont des capteurs à effet Hall.

12. Machine électrique tournante comprenant un rotor (4) et un stator (8) caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de détermination de la position du rotor (4) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

1/4



2 / 4

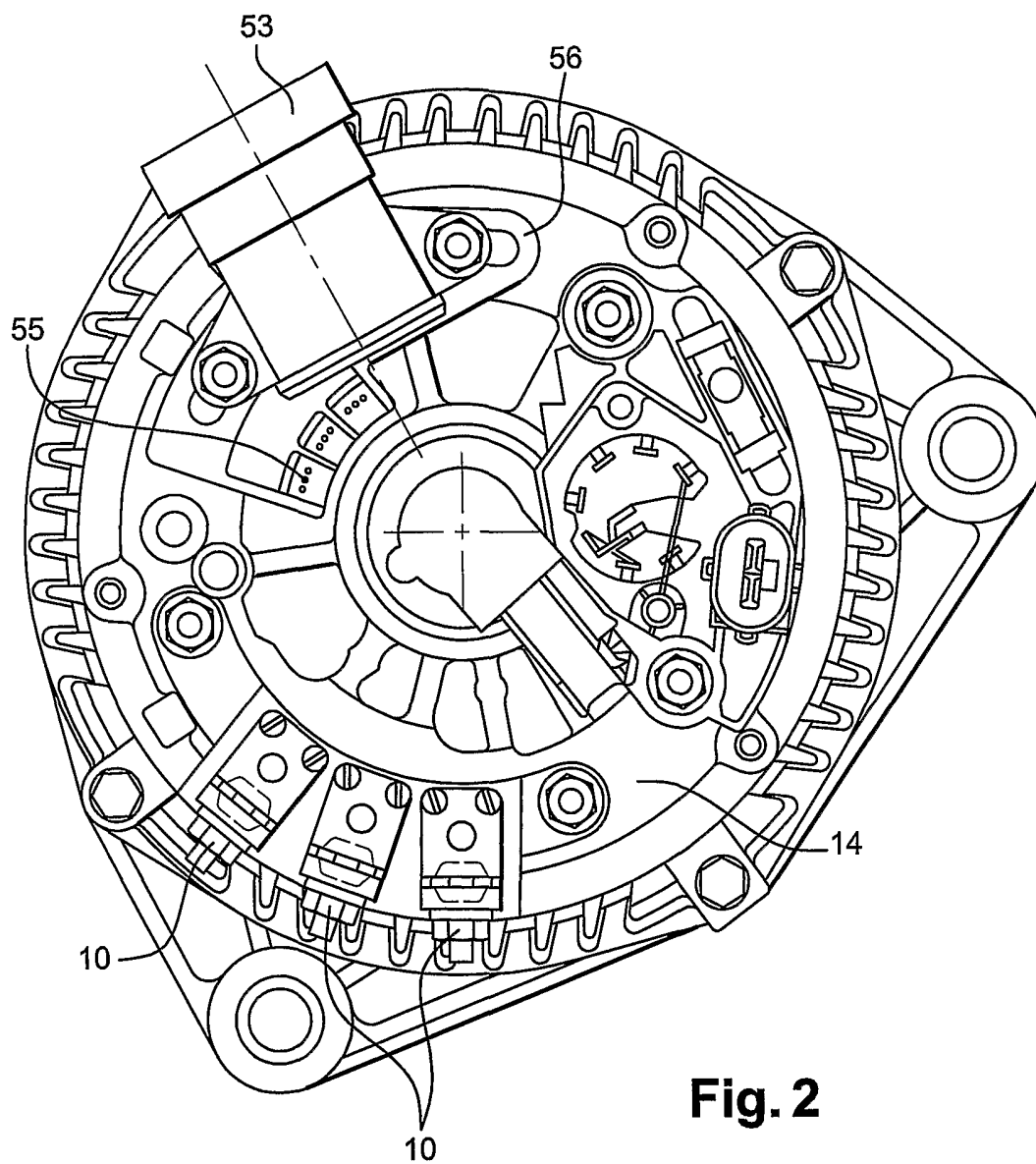


Fig. 2

3 / 4

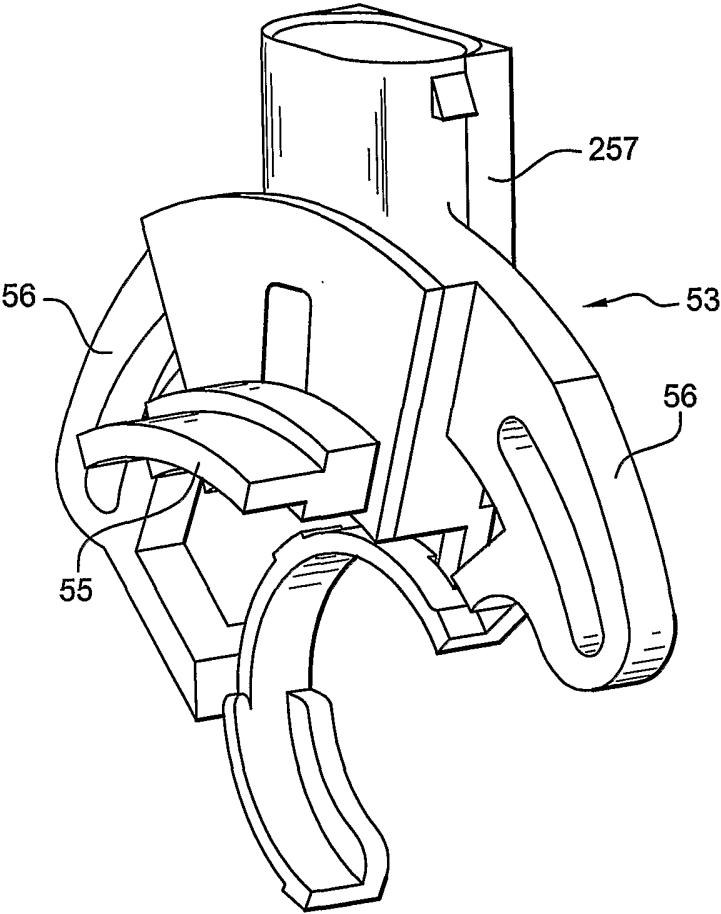


Fig. 3

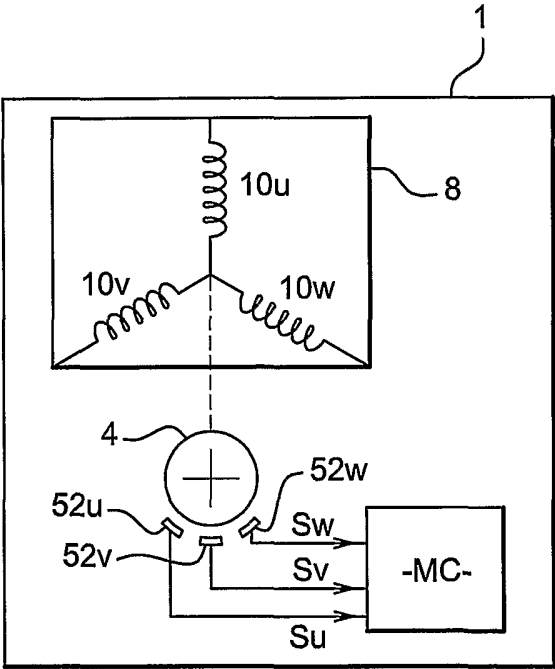
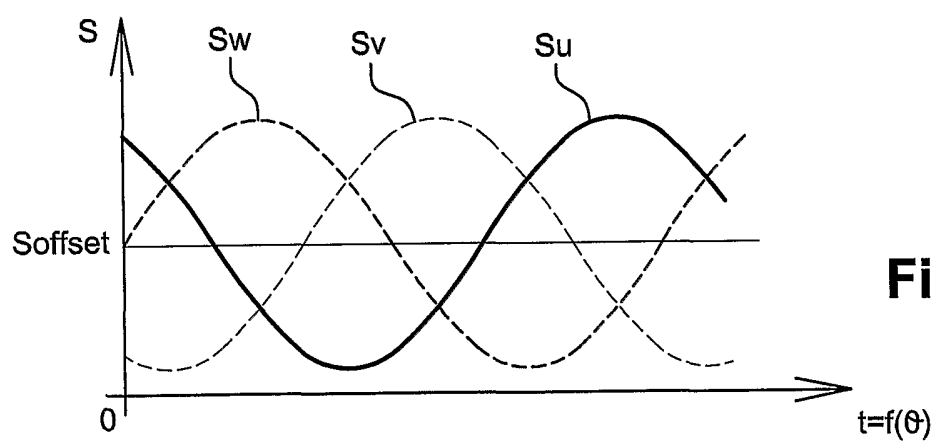
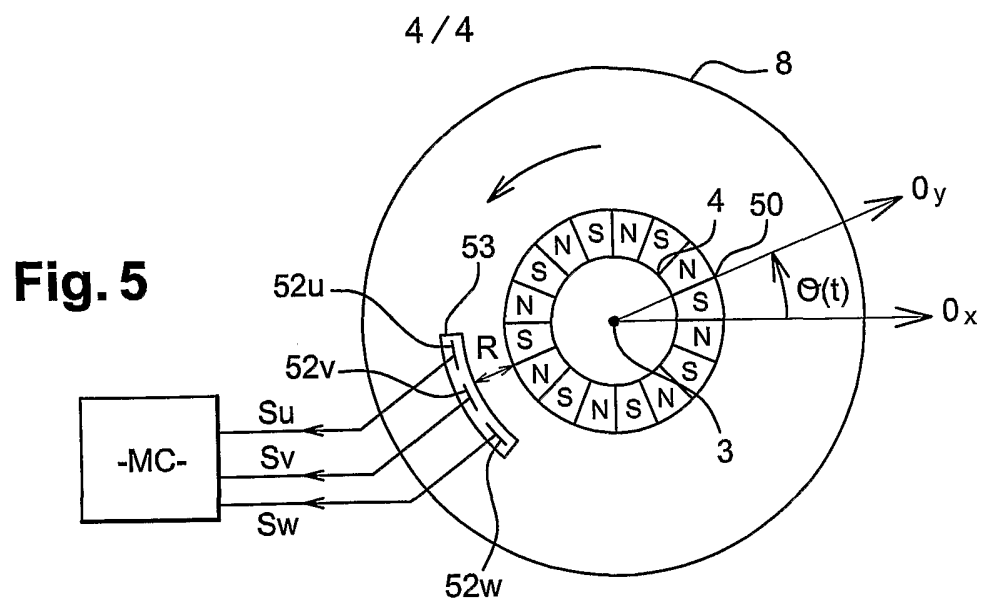
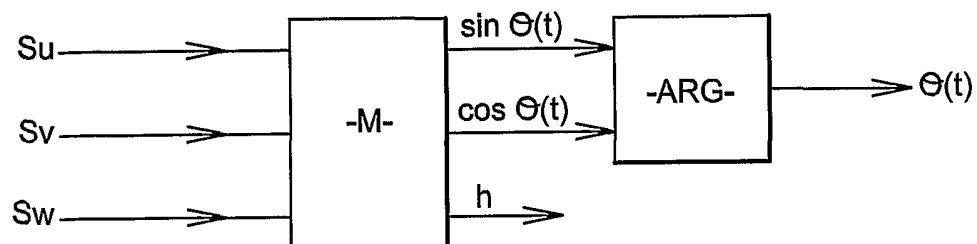


Fig. 4

**Fig. 6****Fig. 7**