

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 02.08.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.02.24 Bulletin 24/06.

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 :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELEC-
TRIQUES MOTEUR SAS — FR.

72 Inventeur(s) : LABISTE Laurent.

73 Titulaire(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELEC-
TRIQUES MOTEUR SAS.

74 Mandataire(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELEC-
TRIQUES MOTEUR - SCE PI.

54 Dispositif de détermination de la position angulaire d'un rotor de machine électrique tournante.

57 Dispositif de détermination (100) de la position angulaire d'un rotor (4) de machine électrique tournante sur la base d'uniquement deux signaux de capteur fournis par des capteurs de position (20), dispositif comprenant :

- un circuit (103) estimant la position du rotor, notamment via la réalisation d'une boucle de contrôle, ce circuit (103) fournissant en sortie un signal représentatif de la position du rotor, et

- un circuit (102) de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité entre un premier signal d'entrée (200) issu d'un des deux signaux de capteur fournis par le ou les capteurs de position (20) et un deuxième signal d'entrée (201) issu de l'autre des deux signaux de capteur fournis par le ou les capteurs de position (20), ce circuit (102) de compensation de défaut d'orthogonalité recevant en entrée au moins : le premier (200) et le deuxième (201) signal d'entrée,

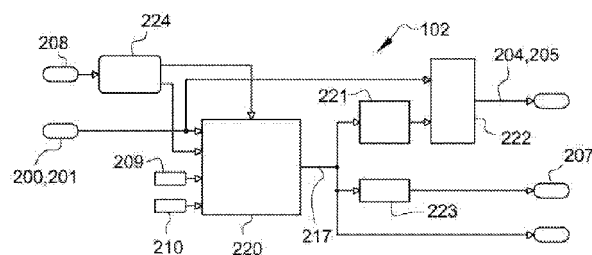
ce circuit (102) de compensation du défaut d'orthogonalité fournissant en sortie une entrée du circuit (103) estimant la position du rotor,

ce circuit (102) de compensation de défaut d'orthogonalité étant configuré pour :

- déterminer de façon dynamique sur la base du premier et du deuxième signal d'entrée la valeur du défaut d'orthogonalité entre ces deux signaux,

- construire une matrice de compensation sur la base de cette valeur ainsi déterminée, et
- compenser le défaut d'orthogonalité entre lesdits signaux d'entrée (200, 201) en appliquant cette matrice de compensation auxdits signaux d'entrée.

Figure d'abrégé: Fig 4



Description

Titre de l'invention : Dispositif de détermination de la position angulaire d'un rotor de machine électrique tournante

- [0001] La présente invention concerne un dispositif de détermination de la position angulaire d'un rotor de machine électrique tournante, ainsi qu'un ensemble comprenant un tel dispositif de détermination et une telle machine électrique tournante.
- [0002] La machine électrique est par exemple un alternateur ou un alterno-démarrreur alimenté par une tension nominale de 12V ou de 48V, voire plus. La machine électrique peut également être une machine de propulsion alimentée par une tension nominale de 12V ou de 48V, voire plus, par exemple une tension supérieure à 300V, par exemple de 400V ou 800V.
- [0003] Cette machine électrique peut être intégrée à un véhicule à propulsion hybride ou purement électrique, par exemple une automobile. Plus globalement, « véhicule » englobe au sens de la présente demande toute forme de mobilité à propulsion purement électrique, hybride, thermique ou autre. « Véhicule » englobe ainsi un engin roulant sur terre via quatre, trois, deux roues ou tout autre nombre de roues, ou un engin se déplaçant dans les airs ou sur l'eau, voire dans l'espace.
- [0004] La commande de cette machine électrique nécessite la connaissance de la position angulaire du rotor de la machine. Pour ce faire, il est connu, dans le cas d'une machine synchrone triphasée, d'utiliser deux signaux fournis par des capteurs, par exemple à effet Hall, de type inductif ou en bout d'arbre, signaux qui sont décalés de 90° (électriques ou mécaniques), selon le type de capteur. Les signaux fournis par ces capteurs sont traités par un circuit d'estimation de la position du rotor, par exemple via une boucle de contrôle. Ce circuit fournit en sortie un signal représentatif de cette position du rotor. Cette mesure peut ensuite être par exemple utilisée pour commander l'onduleur/redresseur interposé entre le stator de cette machine électrique et l'unité de stockage d'énergie électrique du réseau de bord du véhicule, qui est notamment une batterie.
- [0005] La précision de la position obtenue en sortie du circuit d'estimation de la position du rotor dépend entre autres du respect de la valeur de 90° pour le décalage angulaire, ou phase, entre les deux signaux fournis par les capteurs de position. Un défaut d'orthogonalité de ce décalage, qui est en conséquence différent de 90°, est par exemple causé par un positionnement imprécis des capteurs sur la machine électrique. Or, un décalage différent de 90° peut générer des erreurs sur l'harmonique de rang 2 par exemple du signal représentatif de la position du rotor obtenu au final, entraînant au final des oscillations de courant et de couple dans la machine électrique.

- [0006] Pour éviter de tels problèmes, il est connu de réaliser une opération de calibration en fin de ligne, juste avant le départ en livraison de la machine électrique chez le client. Cependant, une telle opération de calibration en fin de ligne est complexe et coûteuse en temps, reposant par exemple sur une extraction itérative de séries de Fourier réalisées à vitesses constante faisant ensuite l'objet d'un traitement complexe. En outre et surtout, une telle opération de calibration en fin de ligne n'est pas possible lorsque la machine électrique est fournie par un équipementier indépendamment de son électronique de puissance et de commande.
- [0007] Il existe ainsi un besoin pour remédier aux inconvénients précités.
- [0008] L'invention y parvient, selon l'un de ses aspects, à l'aide d'un dispositif de détermination de la position angulaire d'un rotor de machine électrique tournante sur la base d'uniquement deux signaux de capteur fournis par des capteurs de position, le dispositif comprenant :
- [0009] - un circuit estimant la position du rotor, notamment via la réalisation d'une boucle de contrôle, ce circuit fournissant en sortie un signal représentatif de la position du rotor, et
- [0010] - un circuit de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité entre un premier signal d'entrée issu d'un des deux signaux de capteur fournis par le ou les capteurs de position et un deuxième signal d'entrée issu de l'autre des deux signaux de capteur fournis par le ou les capteurs de position, ce circuit de compensation du défaut d'orthogonalité recevant en entrée au moins le premier et le deuxième signal d'entrée,
- [0011] ce circuit de compensation de défaut d'orthogonalité fournissant en sortie un signal transmis vers le circuit estimant la position du rotor, fournissant notamment une entrée du circuit estimant la position du rotor,
- [0012] ce circuit de compensation de défaut d'orthogonalité étant configuré pour :
- [0013] - déterminer de façon dynamique sur la base du premier et du deuxième signal d'entrée la valeur du défaut d'orthogonalité entre ces deux signaux,
- [0014] - construire une matrice de compensation sur la base de cette valeur de défaut d'orthogonalité ainsi déterminée, et
- [0015] - compenser le défaut d'orthogonalité entre lesdits signaux d'entrée en appliquant cette matrice de compensation auxdits signaux d'entrée.
- [0016] L'invention permet de compenser le défaut d'orthogonalité issu des capteurs de position utilisés, et ce autrement que via une opération de calibration en fin de ligne. En sortie du circuit de compensation de défaut d'orthogonalité, on peut obtenir deux signaux dont les fondamentaux sont décalés de 90° . Cette compensation de défaut d'orthogonalité est effectuée en amont du circuit estimant la position du rotor, de sorte que ce dernier reçoit alors en entrée deux signaux dont les fondamentaux sont décalés de 90° .

- [0017] L'invention repose sur une compensation dynamique, de sorte qu'elle permet de détecter, et voire de corriger, toute dérive de position résultant du vieillissement de la machine. Bien qu'une opération de calibration de fin de ligne ne soit pas nécessaire avec l'invention, l'invention peut permettre lorsqu'une telle opération est effectuée, de vérifier qu'elle a été effectuée correctement.
- [0018] L'amélioration de la précision du signal représentatif de la position du rotor est obtenue selon l'invention à l'aide d'une solution simple, qui est implémentée dans le dispositif de détermination en amont du circuit estimant la position du rotor, notamment via une boucle de contrôle. Par ailleurs, cette solution présente comme avantages :
- [0019] - de ne pas nécessiter de sur-échantillonnage,
 - [0020] - de ne pas générer de retard dans l'acquisition de données, et donc de ne pas entraîner de risque d'instabilité,
 - [0021] - de ne pas mettre en jeu de filtre fréquentiel adaptatif complexe,
 - [0022] - de ne pas mettre en jeu des fonctions trigonométriques ou de corrélations croisées complexes
 - [0023] - de ne pas nécessiter d'imposer une vitesse constante à la machine pendant une durée importante tel que nécessité par une opération de calibration en fin de ligne,
 - [0024] - de ne pas être une solution statique, mais dynamique.
- [0025] La solution selon l'invention peut par ailleurs procurer les avantages suivants :
- [0026] - être peu sensible aux harmoniques électriques
 - [0027] - être décorrélée de la bande passante du circuit estimant la position du rotor,
- [0028] Le signal représentatif de la position du rotor est par exemple une valeur d'angle par rapport à une position de référence. Il peut s'agir de l'angle caractérisant la position électrique ou de l'angle caractérisant la position mécanique du rotor de la machine électrique.
- [0029] Le circuit de compensation de défaut d'orthogonalité est disposé en amont du circuit estimant la position du rotor, notamment via la réalisation d'une boucle de contrôle. La sortie du circuit de compensation du défaut d'orthogonalité est par exemple directement reçue en entrée du circuit estimant la position du rotor.
- [0030] Le nombre de signaux de capteurs peut être égal au nombre de capteurs de position, un capteur de position fournissant par exemple uniquement un signal de capteur. En variante, le nombre de signaux de capteurs peut être différent du nombre de capteurs de position. Par exemple dans le cas où les capteurs sont utilisés en mode différentiel, le nombre de capteurs de position est le double du nombre de signaux de capteur.
- [0031] Le cas échéant, le décalage angulaire entre les signaux de capteur peut être égal, au rapport du nombre de paires de pôles près, au décalage angulaire entre des capteurs dont ces signaux de capteur sont issus Le décalage angulaire entre les signaux de

capteur peut être égal au décalage angulaire entre des capteurs dont ces signaux de capteur sont issus

- [0032] Le circuit de compensation de défaut d'orthogonalité peut déterminer de façon dynamique le défaut d'orthogonalité lié au décalage angulaire mécanique entre les deux signaux de capteur fournis par les capteurs de position. C'est par exemple le cas lorsque ces capteurs sont des capteurs en bout d'arbre.
- [0033] En variante, le circuit de compensation de défaut d'orthogonalité peut déterminer de façon dynamique le défaut d'orthogonalité lié au décalage angulaire électrique entre les deux signaux de capteur fournis par les capteurs de position. C'est par exemple le cas lorsque les capteurs de position sont des capteurs inductifs, ou à effet Hall ou des résolveurs.
- [0034] Dans tout ce qui précède, la détermination dynamique du défaut d'orthogonalité entre le premier et le deuxième signal d'entrée peut comprendre :
- [0035] - la multiplication du premier et du deuxième signal d'entrée et l'application d'un premier filtre, notamment passe-bas, au signal résultant de ce produit,
- [0036] - la somme du carré du premier signal d'entrée et du carré du deuxième signal d'entrée et l'application d'un deuxième filtre, notamment passe-bas, au signal résultant de cette somme.
- [0037] La sortie du premier filtre peut être proportionnelle au carré de l'amplitude et au sinus du défaut d'orthogonalité entre le premier et le deuxième signal d'entrée.
- [0038] La prise en compte du signal en sortie du deuxième filtre peut permettre de diminuer l'impact d'une erreur de calcul effectué en entrée du premier filtre. Cette prise en compte peut également permettre d'améliorer le temps de réponse en régime transitoire.
- [0039] Le premier filtre et le deuxième filtre peuvent être différents, le premier filtre étant par exemple un filtre d'ordre 3 ou d'ordre 2 et le deuxième filtre étant notamment un filtre d'ordre 2 ou 1, l'un au moins du premier et du deuxième filtre étant notamment un filtre de Butterworth.
- [0040] En variante, le premier et le deuxième filtre peuvent être identiques, par chacun un filtre d'ordre 1, d'ordre 2 ou d'ordre 3. Chacun de ce premier et deuxième filtre peut être réalisé sous la forme d'un filtre de Butterworth.
- [0041] Chacun du premier filtre et du deuxième filtre est par exemple un filtre passe-bas. Comme on le verra par la suite, ces filtres peuvent présenter une fréquence de coupure constante ou une fréquence de coupure variable. Pour un même instant, voire pour tout instant, la fréquence de coupure peut être la même entre le premier filtre et le deuxième filtre.
- [0042] La sortie du premier filtre peut être divisée par la sortie du deuxième filtre. Le signal résultant de cette division peut attaquer un bloc de saturation, permettant de façon

simple d'améliorer la précision pendant le régime transitoire.

[0043] Dans tout ce qui précède, la matrice de compensation peut être une matrice 2*2, deux au moins de ses coefficients étant fonction du défaut d'orthogonalité.

[0044] La matrice de compensation a par exemple comme coefficients

[0045]
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{\varphi(\varphi^2+3)}{3} & \frac{(\varphi^2+2)}{2} \end{bmatrix}$$

[0046] où φ correspond au défaut d'orthogonalité entre le premier et le deuxième signal d'entrée tel que déterminé.

[0047] Dans le cas théorique où la valeur déterminée pour le défaut d'orthogonalité entre le premier et le deuxième signal d'entrée serait nulle, on constate que cette matrice de compensation serait la matrice identité I_2 .

[0048] Dans tout ce qui précède, la compensation du défaut d'orthogonalité peut s'effectuer pour toute vitesse de rotation du rotor.

[0049] En variante, dans tout ce qui précède, la compensation du défaut d'orthogonalité ne s'effectue que pour une plage de vitesse de rotation du rotor, le circuit de compensation du défaut d'orthogonalité recevant également en entrée la vitesse de rotation du rotor. Cette vitesse de rotation du rotor est par exemple obtenue en sortie du circuit estimant la position du rotor. La compensation du défaut d'orthogonalité ne s'effectue par exemple qu'au-delà d'une vitesse de rotation au rotor minimum. En deçà de cette vitesse de rotation minimum, qui est par exemple de 100, 200, 300, 400, 500, 600 ou 700 tr/min, aucune compensation du défaut d'orthogonalité entre le premier et le deuxième signal n'est alors effectuée, et ces premier et deuxième signaux sont directement transmis au circuit estimant la position du rotor. Le fait de ne pas effectuer de compensation du défaut d'orthogonalité pour les basses vitesses peut permettre d'éviter d'avoir à utiliser des filtres passe-bas trop sélectifs

[0050] Que la compensation du défaut d'orthogonalité s'effectue sur toute la plage de fonctionnement de la machine ou non, lorsque le premier filtre et le deuxième filtre sont chacun un filtre passe-bas, la fréquence de coupure de chaque filtre peut varier en fonction de la vitesse. Cette fréquence de coupure peut varier de façon continue ou de façon discontinue, occupant alors successivement des valeurs constantes. Le fait de faire varier chaque fréquence de coupure, ou au moins l'une de ces deux fréquences de coupure telle que celle du premier filtre seulement ou celle du deuxième filtre seulement, peut permettre de réaliser un compromis entre précision et rapidité de la réponse du circuit de compensation du défaut d'orthogonalité. Par exemple, des fréquences de coupure du premier et du deuxième filtre plus élevées pour des vitesses moindres permettent de déterminer rapidement la valeur du défaut d'orthogonalité alors que des fréquences de coupure plus faibles pour des vitesses supérieures

améliorent la précision.

- [0051] Dans tout ce qui précède, le circuit estimant la position du rotor peut mettre en œuvre une boucle de contrôle et soustraire du signal en sortie de cette boucle de contrôle un signal d'erreur en position déterminé sur la base du défaut d'orthogonalité entre le premier et le deuxième signal d'entrée.
- [0052] Dans tout ce qui précède, le dispositif peut encore comprendre un circuit de normalisation dynamique par l'amplitude de la première harmonique de chaque signal de capteur fourni par le ou les capteurs de position, ce circuit de normalisation dynamique fournissant en sortie des signaux vers le circuit de compensation de défaut d'orthogonalité, fournissant notamment le premier et le deuxième signal d'entrée du circuit de compensation de défaut d'orthogonalité. Ce circuit de normalisation dynamique est ainsi disposé en amont du circuit de compensation de défaut d'orthogonalité. Ce circuit de normalisation dynamique est par exemple réalisé selon l'enseignement de la demande WO2021/121770.
- [0053] L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un ensemble comprenant :
- [0054] - une machine électrique tournante pour la propulsion d'un véhicule hybride ou électrique, et
- [0055] - un dispositif de commande de cette machine électrique, comprenant un dispositif de détermination tel que défini ci-dessus.
- [0056] La machine électrique tournante est par exemple une machine synchrone, par exemple une machine synchrone triphasée ou une machine synchrone dont l'enroulement électrique de stator définit un double système triphasé. L'enroulement électrique de stator est par exemple formé par des fils ou par des barres conductrices reliées les unes les autres.
- [0057] Dans tout ce qui précède, le rotor peut être un rotor à griffes. Ce rotor comprend alors une première et une deuxième roues polaires imbriquées, la première roue polaire définissant une série de griffes de forme globalement trapézoïdale, chaque griffe s'étendant axialement en direction de la deuxième roue polaire, la deuxième roue polaire définissant une série de griffes de forme globalement trapézoïdale, chaque griffe s'étendant axialement en direction de la première roue polaire. Un aimant permanent peut être reçu entre deux griffes consécutives circonférentiellement parlant pour le rotor.
- [0058] En variante, le rotor peut être autre qu'un rotor à griffes, comprenant par exemple un paquet de tôles ou étant un rotor à cage.
- [0059] Dans tout ce qui précède, le rotor peut comprendre un nombre de paires de pôles quelconque, par exemple trois, quatre, six ou huit paires de pôles.
- [0060] Dans tout ce qui précède, la machine électrique peut comprendre un circuit de refroidi-

dissement du stator dans lequel circule du fluide tel que de l'air ou du liquide. Ce liquide peut être de l'eau ou de l'huile.

- [0061] Le rotor peut être refroidi par ce même circuit de refroidissement ou par un autre circuit de refroidissement dans lequel circule de l'air, ou du liquide tel que de l'eau ou de l'huile.
- [0062] La machine électrique peut présenter une puissance nominale mécanique comprise entre 4 kW et 35 kW, étant par exemple de 4 kW, 8 kW, 15 kW, 25 kW ou 35 kW, ou la machine électrique peut présenter une puissance nominale mécanique comprise entre 40kW et 400kW, étant par exemple de 40kW, 80 kW, 100 kW, 150 kW, 180 kW, 200 kW, 300kW ou 400 kW.
- [0063] Cette machine électrique tournante peut être alimentée électriquement depuis une unité de stockage d'énergie électrique via un onduleur/redresseur de l'ensemble, cet onduleur/redresseur permettant, selon que la machine électrique fonctionne en moteur ou en génératrice, de charger un réseau de bord du véhicule ou d'être électriquement alimenté depuis ce réseau.
- [0064] La tension nominale de l'unité de stockage d'énergie électrique peut être de 12 V, 48 V ou avoir une autre valeur, par exemple une autre valeur supérieure à 300 V.
- [0065] La machine électrique tournante peut encore comprendre une poulie ou tout autre moyen de liaison vers le reste du groupe motopropulseur du véhicule. La machine électrique est par exemple reliée, notamment via une courroie, au vilebrequin du moteur thermique du véhicule. En variante, la machine électrique est reliée à d'autres emplacement du groupe motopropulseur, par exemple à l'entrée de la boîte de vitesses du point de vue du couple transitant vers les roues du véhicule, en sortie de la boîte de vitesses du point de vue du couple transitant vers les roues du véhicule, au niveau de la boîte de vitesses du point de vue du couple transitant vers les roues du véhicule, ou encore sur l'essieu avant ou l'essieu arrière de ce groupe motopropulseur.
- [0066] La machine électrique tournante n'est pas nécessairement une machine synchrone, pouvant être une machine asynchrone.
- [0067] L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un procédé de détermination de la position angulaire d'un rotor de machine électrique tournante sur la base d'uniquement deux signaux de capteur fournis par des capteurs de position, dans lequel on utilise un dispositif de détermination tel que défini précédemment.
- [0068] Tout ou partie de ce qui a été mentionné précédemment s'applique encore à cet autre aspect de l'invention.
- [0069] Ce procédé de détermination est par exemple intégré à un procédé de contrôle de la machine électrique, dans lequel la position angulaire du rotor déterminée comme ci-dessus est utilisée pour contrôler le couple moteur et/ou le courant de l'unité de stockage d'énergie électrique.

- [0070] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre d'un exemple non limitatif de mise en œuvre de celle-ci et à l'examen du dessin annexé sur lequel :
- [0071] [Fig.1] représente de façon schématique et en coupe axiale un exemple de machine électrique tournante à laquelle peut s'appliquer l'invention,
- [0072] [Fig.2] représente en élévation un autre type de rotor que celui de la [Fig.1]
- [0073] [Fig.3] représente de façon schématique le dispositif de détermination de la position du rotor de la machine selon un exemple non limitatif de mise en œuvre de l'invention,
- [0074] [Fig.4] représente de façon schématique et en détail un exemple d'implémentation du circuit de compensation de défaut d'orthogonalité,
- [0075] [Fig.5] représente de façon schématique un détail de la [Fig.4],
- [0076] [Fig.6] à [Fig.8] représentent des exemples de filtre pouvant être utilisés pour réaliser la partie du circuit de compensation de la [Fig.5],
- [0077] [Fig.9] représente de façon schématique un autre détail de la [Fig.4],
- [0078] [Fig.10] représente de façon schématique encore un autre détail de la [Fig.4], et
- [0079] [Fig.11] correspond à des courbes de réponse permettant d'illustrer un effet de l'invention.
- [0080] On a représenté sur la [Fig.1] une machine électrique tournante 1 polyphasée, notamment pour véhicule automobile, à laquelle peut s'appliquer l'invention.
- [0081] Cette machine électrique tournante peut former un alternateur ou un alternodémarrreur du véhicule. Cette machine électrique tournante peut être alimentée via un composant électronique de puissance 9 comprenant un onduleur/redresseur par une batterie dont la tension nominale est de 12 V ou 48 V ou d'une valeur supérieure à 300 V, par exemple.
- [0082] La machine électrique tournante 1 comporte un carter 2. A l'intérieur de ce carter 2, elle comporte, en outre, un arbre 3, un rotor 4 solidaire en rotation de l'arbre 3 et un stator 5 entourant le rotor 4. Le mouvement de rotation du rotor 4 se fait autour d'un axe X. Dans cet exemple, le carter 2 comporte un palier avant 6 et un palier arrière 7 qui sont assemblés ensemble. Ces paliers 6, 7 sont de forme creuse et portent, chacun, centralement un roulement à billes 10, 11 respectif pour le montage à rotation de l'arbre 3.
- [0083] Une poulie 12 est dans l'exemple considéré fixée sur une extrémité avant de l'arbre 3, au niveau du palier avant 6, par exemple à l'aide d'un écrou en appui sur le fond de la cavité de cette poulie. Cette poulie 12 permet de transmettre le mouvement de rotation à l'arbre 3 et elle peut être reliée via une courroie au vilebrequin du moteur thermique du véhicule.
- [0084] L'extrémité arrière de l'arbre 3 porte, ici, des bagues collectrices appartenant à un collecteur et reliées par des liaisons filaires au bobinage. Des balais appartenant à un

porte-balais 8 sont disposés de façon à frotter sur les bagues collectrices.

- [0085] Le palier avant 6 et le palier arrière 7 peuvent comporter, en outre, des ouvertures sensiblement latérales pour le passage de l'air en vue de permettre le refroidissement de la machine électrique tournante par circulation d'air engendrée par la rotation d'un ventilateur avant 13 sur la face dorsale avant du rotor 4, c'est-à-dire au niveau du palier avant 6 et d'un ventilateur arrière 14 sur la face dorsale arrière du rotor, c'est-à-dire au niveau du palier arrière 7.
- [0086] Dans cet exemple de réalisation, le stator 5 comporte un corps 15 en forme d'un paquet de tôles doté d'encoches, par exemple du type semi fermée ou ouverte, équipées d'isolant d'encoches pour le montage de l'enroulement électrique polyphasé du stator. Chaque phase comporte un enroulement 16 traversant les encoches du corps 15 et formant, avec toutes les phases, un chignon avant et un chignon arrière de part et d'autre du corps du stator. Les enroulements 16 sont par exemple obtenus à partir d'un fil continu recouvert d'émail ou à partir d'éléments conducteurs en forme de barre tels que des épingles reliées entre elles. L'enroulement électrique du stator est par exemple triphasé, mettant alors en œuvre un montage en étoile ou en triangle dont les sorties sont reliées au composant électronique de puissance 9.
- [0087] Le rotor 4 de la [Fig.1] est un rotor à griffe. Il comporte deux roues polaires 17. La première roue polaire 17 est tournée vers le composant électronique de puissance 9 tandis que la deuxième roue polaire 17 est tournée vers la poulie 12.
- [0088] Chacune des roues polaires 17 comprend un fond 18 s'étendant radialement de part et d'autre de l'axe X, la roue définissant une série de griffes 19 de forme globalement trapézoïdale. Chaque griffe d'une roue polaire 17 s'étend axialement en direction de l'autre roue polaire depuis une base disposée sur la périphérie radialement extérieure du fond 18.
- [0089] Le rotor 4 comporte encore, entre les portions radialement intérieures 20 et les griffes 19, une bobine bobinée sur un isolant de bobine 22.
- [0090] Le rotor 4 peut également comporter des aimants permanents (non représentés) interposés entre deux griffes 19 voisines à la périphérie externe du rotor. En variante, le rotor 4 peut être dépourvu de tels aimants permanents.
- [0091] Le rotor 4 peut encore être différent de celui représenté à la [Fig.1], étant par exemple formée par un empilement de tôles, comme représenté sur la [Fig.2].
- [0092] Le nombre de paires de pôles défini par le rotor 4 peut être quelconque, par exemple être égal à trois, à quatre, à six ou à huit.
- [0093] La machine comprend encore des capteurs de mesure 20 de la position du rotor 4, par exemple deux capteurs à effet Hall, regroupés dans un même boîtier en plastique et disposés de manière à présenter entre eux un décalage angulaire électrique égal à 90°. L'un de ces capteurs fournit un premier signal de capteur « S » étant ici un signal en

sinus, et l'autre de ces capteurs fournit un deuxième signal de capteur « C » étant ici un signal en cosinus.

[0094] Ces capteurs sont par exemple positionnés au niveau du palier arrière 7 de la machine et ils interagissent avec une cible magnétique solidaire en rotation du rotor.

[0095] Les deux signaux S et C fournis par ces deux capteurs 20 sont utilisées par le dispositif 100 de détermination de la position angulaire du rotor 4, qui va maintenant être décrit en référence aux figures 3 et suivantes.

[0096] De façon connue, le dispositif 100 comprend un circuit 101 réalisant une compensation dynamique des biais (« offset » en anglais) par moyennage des échantillons.

[0097] Dans l'exemple de la [Fig.3], le signal de sortie de ce circuit 101 attaque un circuit 105 de normalisation dynamique par l'amplitude de la première harmonique de chaque signal issu d'un capteur de position 20. Ce circuit 105 est par exemple tel que décrit dans la demande WO2021/121770. Comme on peut le voir sur la [Fig.3], le circuit 105 reçoit également en entrée une sortie d'un circuit 102 de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité qui sera décrit par la suite. Un des signaux en sortie du circuit 105 et provenant du premier signal de capteur S constitue un premier signal d'entrée 200 pour le circuit 102 de compensation dynamique du défaut d'orthogonalité, et un autre signal en sortie du circuit 105 et provenant du deuxième signal de capteur C constitue un deuxième signal d'entrée 201 pour ce circuit 102. Comme cela sera décrit ultérieurement, le circuit 102 compense de façon dynamique le défaut d'orthogonalité entre le premier signal d'entrée 200 et le deuxième signal d'entrée 201, défaut d'orthogonalité qui est identique à celui entre le premier signal de capteur S et le deuxième signal de capteur C.

[0098] Dans un exemple non représenté, le circuit 105 n'est pas présent, de sorte que le signal de sortie du circuit 101 est reçu tel quel en entrée du circuit 102 de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité.

[0099] Comme on peut le voir sur la [Fig.3], le circuit 102 de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité peut également, mais de façon non limitative, recevoir en entrée la vitesse de rotation du rotor telle qu'estimée en sortie d'un circuit 103 qui sera décrit ultérieurement.

[0100] En plus d'un signal de sortie reçu en entrée du circuit 105, on trouve en sortie du circuit 102 de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité deux signaux 204 et 205 respectivement issues du premier 200 et du deuxième 201 signal d'entrée, ces deux signaux 204 et 205 étant angulairement décalés de 90° . Dans le cas où le premier signal d'entrée 200 a pour expression

[0101] [Math. 2] $S = \sin(\omega \cdot t)$ et où le deuxième signal d'entrée 201 a pour expression

[0102] [Math. 3] $C = \cos(\omega \cdot t + \phi)$,

[0103] les signaux 204 et 205 ont alors pour expression respectivement [Math. 4]

$S = \sin(\omega * t)$ et [Math. 5] $C = \cos(\omega * t)$.

- [0104] Ces deux signaux 204 et 205 sont reçus en entrée du circuit 103 estimant la position du rotor, ce circuit 103 fournissant en sortie un signal 206 représentatif de la position du rotor 4, par l'intermédiaire d'un angle θ mesuré par rapport à une position de référence de ce rotor. Cet angle correspond dans l'exemple décrit à l'angle électrique caractérisant la position du rotor 4, mais pourrait en variante correspondre à l'angle mécanique caractérisant cette position. Ce circuit 103 met ici en œuvre une boucle de contrôle de la position du rotor 4.
- [0105] On trouve également en sortie du circuit 102 un signal d'erreur en position 207 déterminé par le circuit 102 sur la base du défaut d'orthogonalité entre son premier 200 et son deuxième 201 signal d'entrée. Comme on peut le voir sur la [Fig.3], ce signal d'erreur en position 207 est soustrait du signal 206 pour fournir le signal représentatif de la position du rotor en sortie du dispositif 100.
- [0106] Le circuit 103 est par exemple identique à celui décrit dans la demande WO2021/121770 déjà citée.
- [0107] On va maintenant décrire plus en détail aux figures 3 à 6 le circuit 102 de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité. Comme on peut le voir sur la [Fig.3], ce circuit 102 reçoit également comme entrée, en plus des signaux de sortie du circuit 105, ou le cas échéant du circuit 101 directement, une sortie 208 du circuit 103, à savoir le signal représentatif de la vitesse du rotor 4.
- [0108] Le fonctionnement d'un exemple de circuit 102 de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité va maintenant être décrit.
- [0109] Comme on peut le voir sur la [Fig.3], ce circuit 102 de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité comprend :
- [0110] - un bloc 220 permettant de déterminer de façon dynamique sur la base du premier 200 et du deuxième 201 signal d'entrée la valeur du défaut d'orthogonalité entre ces deux signaux d'entrée,
- [0111] - un bloc 221 de construction d'une matrice de compensation sur la base de cette valeur de défaut d'orthogonalité ainsi déterminée, et
- [0112] - un bloc 222 de compensation du défaut d'orthogonalité entre lesdits signaux d'entrée 200 et 201 en appliquant cette matrice de compensation auxdits signaux d'entrée 200 et 201.
- [0113] On va décrire en référence à la [Fig.4] un exemple de bloc 220 de détermination dynamique. Ce bloc 220 reçoit en entrée :
- [0114] - le premier 200 et le deuxième 201 signal d'entrée du circuit 102 de compensation dynamique,
- [0115] - une valeur de fréquence de coupure de filtre générée par un bloc 224 recevant lui-même en entrée le signal 208 représentatif de la vitesse de rotation du rotor en sortie du

circuit 103,

- [0116] - une valeur d'initialisation 209 pour le défaut d'orthogonalité entre le premier et le deuxième signal. Cette valeur d'initialisation peut être de 0° ou comprise entre -10° et 10° , notamment entre -1° et 1° , étant par exemple de l'ordre de $0,5^\circ$ ou $-0,5^\circ$,
- [0117] - une valeur d'initialisation 210 pour les sorties des filtres 212 et 213.
- [0118] Ce bloc 220 applique deux traitements distincts au premier signal 200 et au deuxième signal 201.
- [0119] Selon un premier traitement, le premier signal 200 est multiplié avec le deuxième signal 201 et le produit en résultant est traité par un premier filtre passe-bas 212 dont la valeur de la fréquence de coupure est fournie par le bloc 224. En dessous d'une vitesse de rotation minimum, qui est par exemple de 100, 200, 300, 400, 500, 600 ou 700 tr/min, le bloc 224 peut neutraliser le bloc 220 de manière à ce les signaux d'entrée 200 et 201 soient transmis tels quels en sortie du circuit 102 de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité.
- [0120] Selon un deuxième traitement, le premier signal 200 est élevé au carré, le deuxième signal 201 est élevé au carré, et la somme de ces deux carrés est traitée par un deuxième filtre passe-bas 213 dont la fréquence de coupure est identique à celle du premier filtre passe-bas.
- [0121] Chacun du premier filtre 212 et du deuxième filtre 213 est par exemple un filtre passe-bas. Le premier filtre 212 et le deuxième filtre 213 peuvent être différents, le premier filtre étant par exemple un filtre d'ordre 3 ou d'ordre 2 et le deuxième filtre étant notamment un filtre d'ordre 2 ou 1, l'un au moins du premier et du deuxième filtre étant notamment un filtre de Butterworth. En variante, le premier 212 et le deuxième 213 filtre peuvent être identiques, par chacun un filtre d'ordre 1, d'ordre 2 ou d'ordre 3. Chacun de ce premier et étant deuxième exemple filtre peut être réalisé sous la forme d'un filtre de Butterworth.
- [0122] Chacun des filtres passe-bas peut présenter une fréquence de coupure variable en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Par exemple, cette fréquence varie par morceaux, prenant des valeurs plus élevées pour des vitesses de rotation faibles et diminuant par palier lorsque la vitesse de rotation augmente. Pour tout instant, la fréquence de coupure est par exemple la même entre le premier filtre 212 et le deuxième filtre 213.
- [0123] En variante, chaque filtre 212 et 213 peut présenter une fréquence de coupure constante.
- [0124] On a représenté sur les figures 6 à 8 des exemples de filtres pouvant constituer le premier filtre 212 ou le deuxième filtre 213. Chacun des filtres 212, 213 utilise par exemple l'une des solutions selon l'une des figures 6 à 8.
- [0125] Comme on peut le voir sur la [Fig.5], dans l'exemple décrit, la sortie du premier filtre

212 est divisée par la sortie du deuxième filtre 213. Le signal résultant de cette division attaque un bloc de saturation 215, permettant de façon simple d'améliorer la précision de la détermination de défaut d'orthogonalité par le bloc 220 pendant le régime transitoire. En sortie de ce bloc de saturation 215, un gain 216 peut ensuite être appliqué, ici un gain de valeur « -2 », la valeur de ce gain étant avantageusement choisie pour qu'en sortie de ce gain on obtienne exactement la valeur du défaut d'orthogonalité entre le premier signal d'entrée 200 et le deuxième signal d'entrée 201.

[0126] Ce bloc 220 présente une sortie 217 qui attaque le bloc 221 de construction de la matrice de défaut d'orthogonalité qui est représenté sur la [Fig.9]. La sortie 217 correspond à la valeur déterminée par le bloc 220 pour le défaut d'orthogonalité φ entre le premier signal 200 et le deuxième signal 202. L'exemple de la [Fig.9] est tel que la matrice de compensation en sortie du bloc 221 est une matrice 2*2, dont les coefficients sont les suivants :

$$[0127] \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{\varphi(\varphi^2+3)}{3} & \frac{(\varphi^2+2)}{2} \end{bmatrix}$$

[0128] Comme on peut le voir sur la [Fig.5] et comme déjà indiqué précédemment, la sortie 217 du bloc 220 est reçue en entrée du circuit de normalisation dynamique 105.

[0129] La sortie 217 du bloc 220 est également, dans l'exemple considéré, reçue en entrée d'un bloc 223 qui est représenté sur la [Fig.10]. Ce bloc 223 applique dans cet exemple un gain, dont la valeur est par exemple de 1/2, à la valeur déterminée pour le défaut d'orthogonalité, et la sortie de ce bloc 223 fournit le signal 207 qui a déjà été mentionné en référence à la [Fig.3].

[0130] Le bloc 222 consiste à appliquer au premier signal 200 et au deuxième signal 201 en entrée du circuit 102 de compensation dynamique la matrice de compensation générée par le bloc 221. On obtient en sortie de ce bloc 222 les signaux 204 et 205 qui sont décalés angulairement de 90° et qui attaquent le circuit 103.

[0131] La [Fig.11] représente sur une même échelle temporelle en abscisse :- sur un graphe 300 l'évolution de la vitesse de rotation du rotor de la machine électrique telle que fournie par le dispositif 100,

[0132] - sur un graphe 301 l'évolution des signaux en entrée du circuit 102 de compensation de défaut d'orthogonalité, chacun issu d'un des capteurs de position 20,

[0133] - sur un graphe 302 l'évolution de la valeur déterminée par le bloc 220 du circuit 102 pour le défaut d'orthogonalité entre le premier signal d'entrée 200 et le deuxième signal d'entrée 201 ; et

[0134] - sur un graphe 303 l'évolution de l'erreur de position du rotor

[0135] Dans cet exemple, les deux signaux de capteur issus des capteurs 20 présentent un décalage électrique non égal à 90° mais avec un défaut d'orthogonalité de 7°.

- [0136] Le circuit 102 de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité dont un exemple de mise en œuvre a été décrit ci-dessus est mis en marche à un instant t_0 .
- [0137] On constate en observant :
- [0138] - la courbe 302 que la valeur de 7° est obtenue pour le défaut d'orthogonalité entre les signaux d'entrée en moins de 100ms,
- [0139] - la courbe 303 que l'erreur de position s'annule dans un même intervalle de temps, et
- [0140] - la courbe 300 que la vitesse de rotation estimée s'améliore après compensation du défaut d'orthogonalité, comme l'atteste la disparition des harmoniques de rang 2.
- L'invention n'est pas limitée à l'exemple de mise en œuvre qui vient d'être décrit.
- [0141] En particulier, le circuit 102 de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité peut agir indépendamment de la vitesse de rotation du rotor, c'est-à-dire dès le démarrage de la machine électrique. Dans ce dernier cas, la fréquence de coupure de chaque filtre 212 et 213 peut rester constante. En variante, dans ce dernier cas, la fréquence de coupure de chaque filtre 212 et 213 peut varier, comme décrit précédemment.

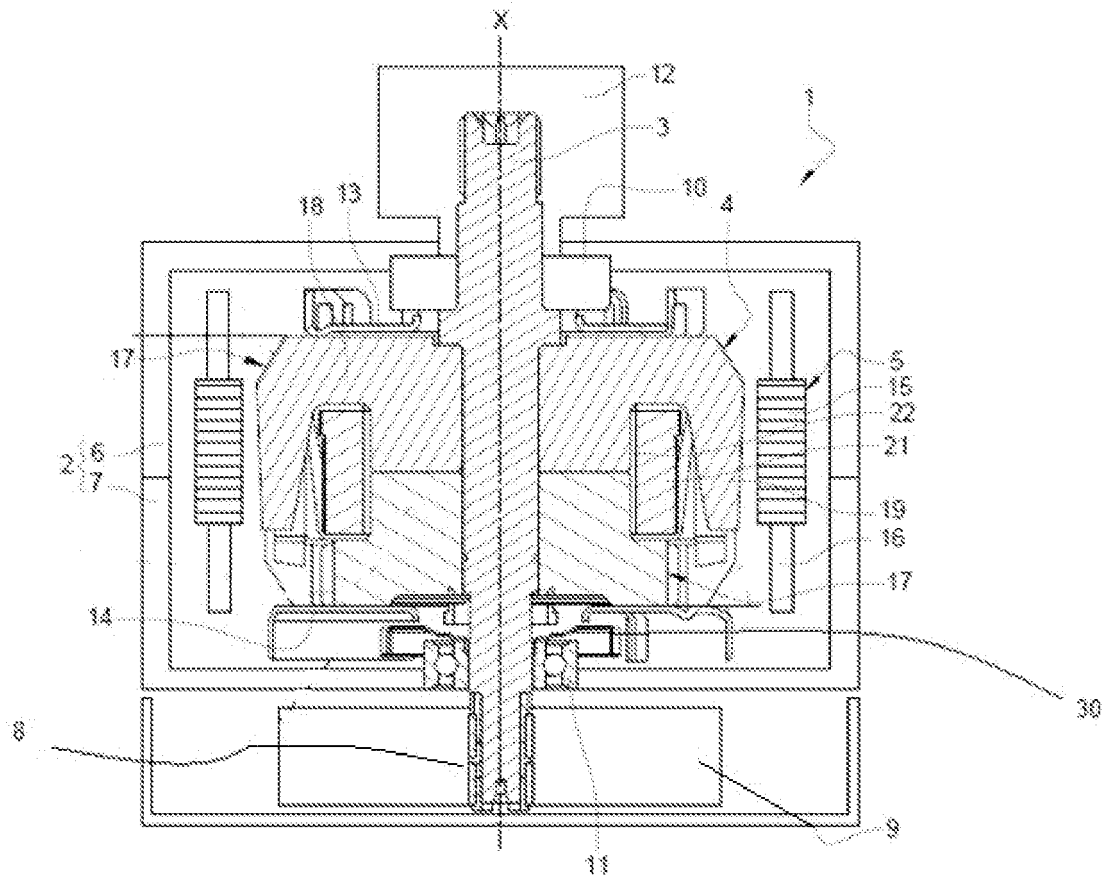
Revendications

- [Revendication 1] Dispositif de détermination (100) de la position angulaire d'un rotor (4) de machine électrique tournante sur la base d'uniquement deux signaux de capteur (S, C) fournis par des capteurs de position (20), dispositif comprenant :
- un circuit (103) estimant la position du rotor, notamment via la réalisation d'une boucle de contrôle, ce circuit (103) fournissant en sortie un signal représentatif de la position du rotor, et
 - un circuit (102) de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité entre un premier signal d'entrée (200) issu d'un des deux signaux de capteur fournis par le ou les capteurs de position (20) et un deuxième signal d'entrée (201) issu de l'autre des deux signaux de capteur fournis par le ou les capteurs de position (20), ce circuit (102) de compensation de défaut d'orthogonalité recevant en entrée au moins : le premier (200) et le deuxième (201) signal d'entrée, ce circuit (102) de compensation du défaut d'orthogonalité fournissant en sortie un signal transmis vers le circuit (103) estimant la position du rotor, fournissant notamment une entrée du circuit (103) estimant la position du rotor, ce circuit (102) de compensation du défaut d'orthogonalité étant configuré pour :
 - déterminer de façon dynamique sur la base du premier et du deuxième signal d'entrée la valeur du défaut d'orthogonalité entre ces deux signaux,
 - construire une matrice de compensation sur la base de la valeur de ce défaut ainsi déterminée, et
 - compenser le défaut d'orthogonalité entre lesdits signaux d'entrée (200, 201) en appliquant cette matrice de compensation auxdits signaux d'entrée.
- [Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le circuit (102) de compensation dynamique détermine de façon dynamique le défaut d'orthogonalité lié au décalage angulaire mécanique entre les deux signaux de capteur fournis par les capteurs (20) de position.
- [Revendication 3] Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le circuit (102) de compensation dynamique détermine de façon dynamique le défaut d'orthogonalité lié au décalage angulaire électrique entre les deux signaux de capteur fournis par les capteurs (20) de position.

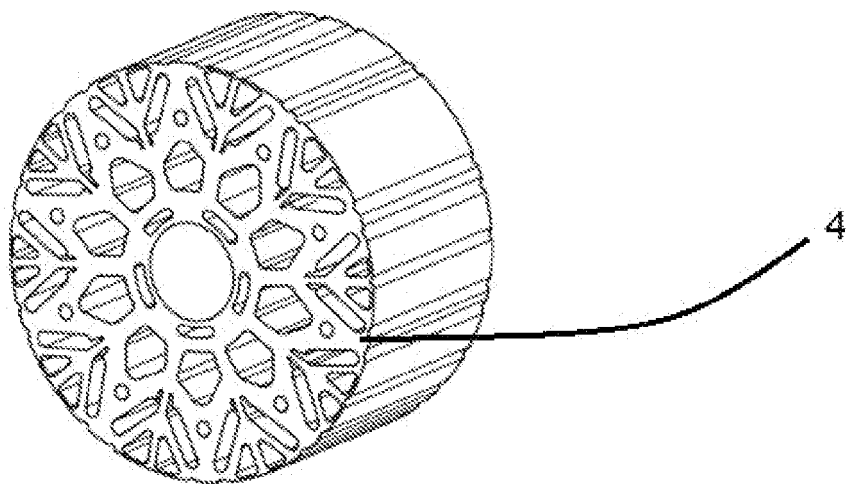
- [Revendication 4] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la détermination dynamique du défaut d'orthogonalité entre le premier (200) et le deuxième (201) signal d'entrée comprend :
- la multiplication du premier (200) et du deuxième (201) signal et l'application d'un premier filtre (212), notamment passe-bas, au signal résultant de ce produit,
 - la somme du carré du premier signal (200) et du carré du deuxième signal (201) et l'application d'un deuxième filtre (213), notamment passe-bas, au signal résultant de cette somme.
- [Revendication 5] Dispositif selon la revendication, dans lequel le premier filtre (212) et le deuxième filtre (213) sont différents, le premier filtre (212) étant par exemple un filtre d'ordre 3 ou d'ordre 2, et le deuxième filtre (213) étant notamment un filtre d'ordre 2 ou 1, l'un au moins du premier (212) et du deuxième filtre (213) étant notamment un filtre de Butterworth.
- [Revendication 6] Dispositif selon la revendication 4 ou 5, dans lequel la sortie du premier filtre (212) est divisée par la sortie du deuxième filtre (213).
- [Revendication 7] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la matrice de passage est une matrice 2×2 , deux au moins de ses coefficients étant fonction du défaut d'orthogonalité (ϕ).
- [Revendication 8] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la compensation du défaut d'orthogonalité s'effectue pour toute vitesse de rotation du rotor.
- [Revendication 9] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la compensation du défaut d'orthogonalité ne s'effectue que pour une plage de vitesse de rotation du rotor, le circuit (102) de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité recevant également en entrée la vitesse de rotation du rotor.
- [Revendication 10] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 6 et selon la revendication 9, chacun du premier filtre (212) et du deuxième filtre (213) étant un filtre passe-bas, et la fréquence de coupure de chaque filtre (212, 213) variant en fonction de la vitesse, notamment diminuant lorsque la vitesse augmente.
- [Revendication 11] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le circuit (103) estimant la position du rotor met en œuvre une boucle de contrôle et soustrait du signal en sortie de cette boucle de contrôle un signal d'erreur en position déterminé sur la base du défaut d'orthogonalité entre le premier et le deuxième signal d'entrée.

- [Revendication 12] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant encore un circuit (105) de normalisation dynamique par l'amplitude de la première harmonique de chaque signal de capteur provenant d'un capteur de position (20), ce circuit fournissant en sortie des signaux vers le circuit (102) de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité, fournissant notamment le premier et le deuxième signal d'entrée du circuit (102) de compensation dynamique de défaut d'orthogonalité.
- [Revendication 13] Ensemble comprenant :
- une machine électrique tournante pour la propulsion d'un véhicule hybride ou électrique,
 - et
 - un dispositif de commande de cette machine électrique, comprenant un dispositif de détermination (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- [Revendication 14] Procédé de détermination de la position angulaire d'un rotor (4) de machine électrique tournante sur la base d'uniquement deux signaux de capteur fournis par des capteurs de position (20), dans lequel on utilise un dispositif de détermination (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.

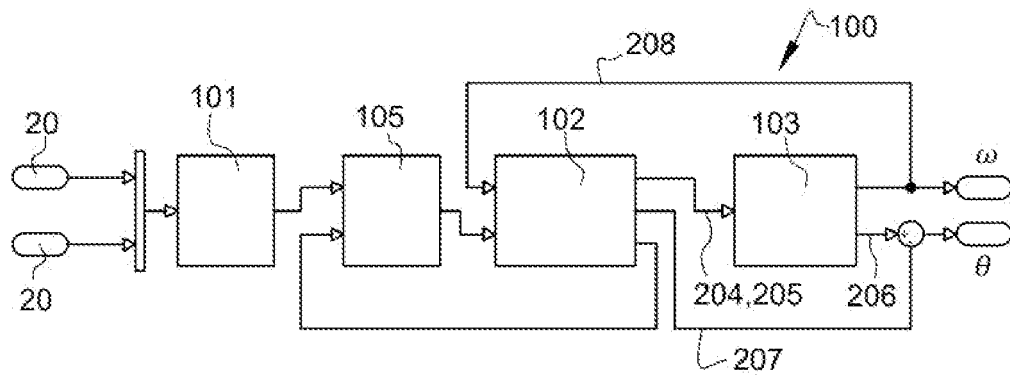
[Fig. 1]



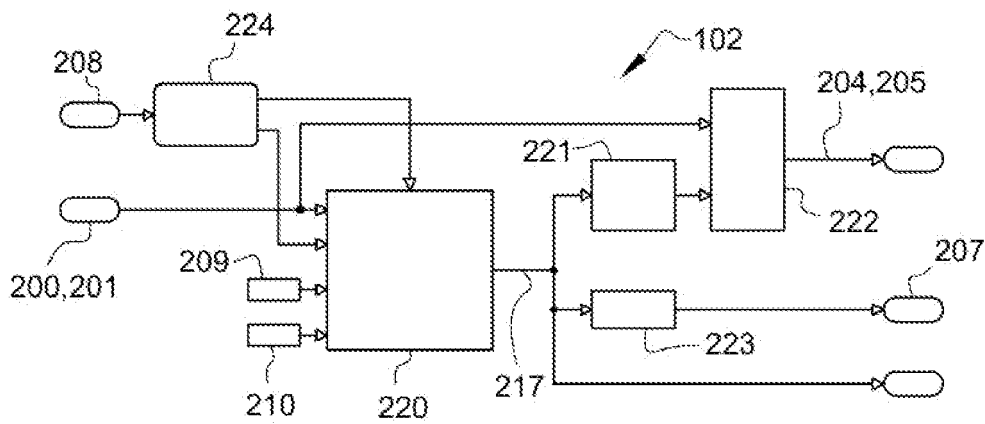
[Fig. 2]



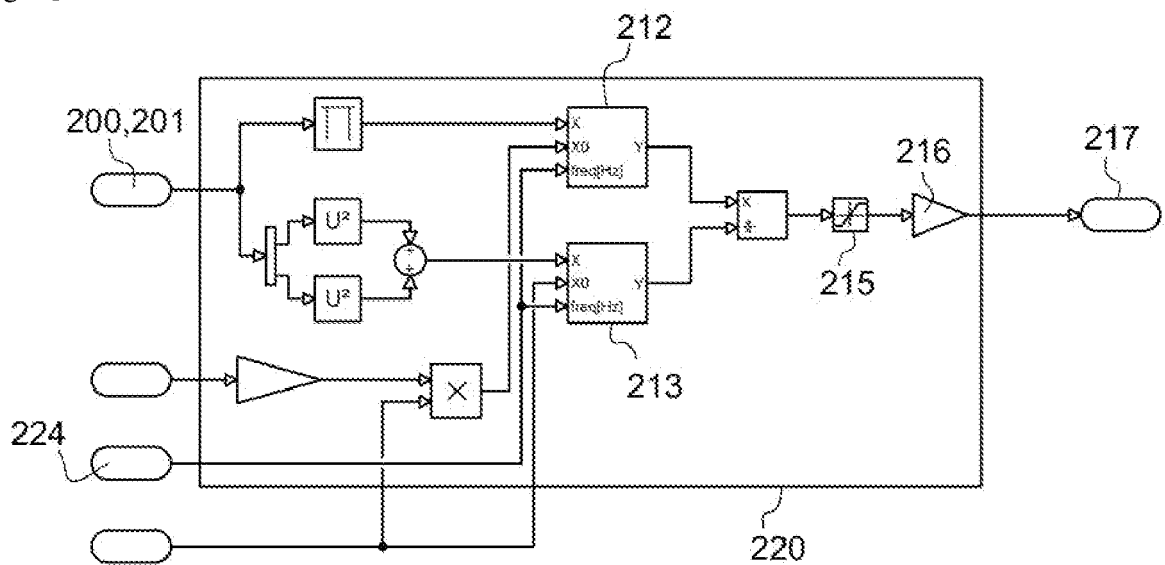
[Fig. 3]



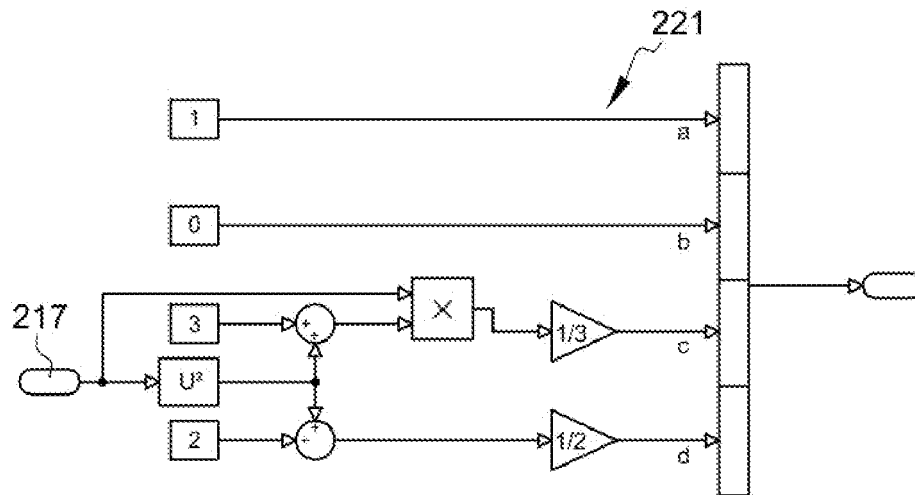
[Fig. 4]



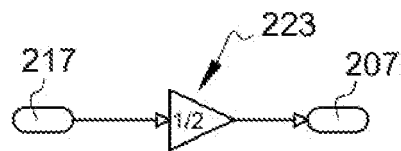
[Fig. 5]



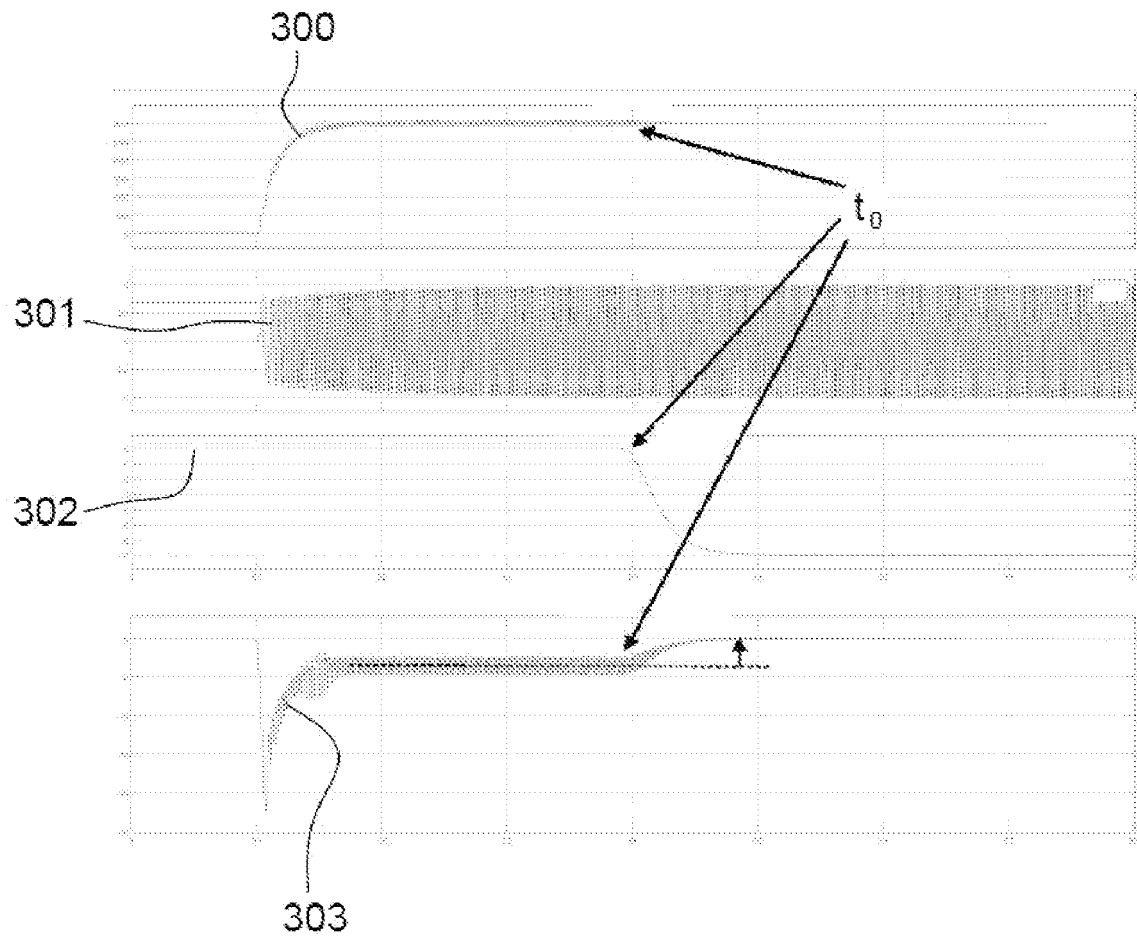
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 909654
FR 2208015

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		
X	FR 3 104 856 A1 (IFP ENERGIES NOW [FR]) 18 juin 2021 (2021-06-18) * le document en entier * -----	1-14	H02P21/18 H02P6/16
X	DE 10 2014 226604 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 23 juin 2016 (2016-06-23) * le document en entier * -----	1-14	
X	US 2021/356299 A1 (PARK CHUN SOO [KR]) 18 novembre 2021 (2021-11-18) * le document en entier * -----	1-14	
X	SECREST CALEB W ET AL: "Improving position sensor accuracy through spatial harmonic decoupling, and sensor scaling, offset, and orthogonality correction using self-commissioning MRAS-methods", 2014 IEEE ENERGY CONVERSION CONGRESS AND EXPOSITION (ECCE), IEEE, 14 septembre 2014 (2014-09-14), pages 3794-3801, XP032680856, DOI: 10.1109/ECCE.2014.6953917 [extrait le 2014-11-11] * le document en entier * -----	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02P G01D
A	JIANHUI HU ET AL: "An Improved PMSM Rotor Position Sensor Based on Linear Hall Sensors", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, IEEE, USA, vol. 48, no. 11, 1 novembre 2012 (2012-11-01), pages 3591-3594, XP011468830, ISSN: 0018-9464, DOI: 10.1109/TMAG.2012.2202279 * le document en entier * ----- -/--	1-14	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 février 2023		Fraïssé, Stéphane	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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			

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 909654
FR 2208015

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		
A	WO 2006/094524 A1 (OTIS ELEVATOR CO [US]; MANN MICHAEL [DE]; CLEMENS ROBIN [DE]) 14 septembre 2006 (2006-09-14) * le document en entier * -----	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 février 2023		Fraïssé, Stéphane	
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 2208015 FA 909654**

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 **07-02-2023**
 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
FR 3104856	A1	18-06-2021	CN	114846739 A	02-08-2022
			EP	4078802 A1	26-10-2022
			FR	3104856 A1	18-06-2021
			US	2023030663 A1	02-02-2023
			WO	2021122193 A1	24-06-2021

DE 102014226604	A1	23-06-2016	AUCUN		

US 2021356299	A1	18-11-2021	CN	113039410 A	25-06-2021
			KR	102067938 B1	17-01-2020
			US	2021356299 A1	18-11-2021
			WO	2020149489 A1	23-07-2020

WO 2006094524	A1	14-09-2006	AT	417017 T	15-12-2008
			EP	1874669 A1	09-01-2008
			ES	2318461 T3	01-05-2009
			WO	2006094524 A1	14-09-2006
