

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

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

**3 080 919**

②① N° d'enregistrement national : **18 53929**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 R 19/00 (2018.01), G 01 R 31/00, H 02 P 9/00**

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ PROCÉDE DE DETERMINATION D'UN COURANT ESTIME D'UN MOTEUR ELECTRIQUE  
TRIPHASE EN MODE DEGRADE.

②② Date de dépôt : 07.05.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 08.11.19 Bulletin 19/45.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 20.11.20 Bulletin 20/47.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *CONTINENTAL AUTOMOTIVE  
FRANCE Société par actions simplifiée —FR et  
CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH — DE.*

⑦② Inventeur(s) : PARETTE MICHEL et JAUMOUILLE  
RODOLPHE.

⑦③ Titulaire(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE  
FRANCE Société par actions simplifiée,  
CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH.

⑦④ Mandataire(s) : CONTINENTAL AUTOMOTIVE  
FRANCE - INTELLECTUAL PROPERTY.

**FR 3 080 919 - B1**



La présente invention concerne un procédé de détermination d'un courant estimé circulant dans un bobinage d'un moteur électrique triphasé synchrone à aimants permanents du type comprenant au moins un bobinage pilotable par un dispositif à commutation, le moteur étant alors commandé sur deux phases actives dans un mode dégradé. Un mode dégradé signifie que le moteur est commandé sur deux phases, la troisième étant considérée comme défaillante et mise à l'état ouvert.

Le procédé de détermination d'un courant peut ensuite être utilisé dans un procédé de diagnostic d'une validité de mesures d'un courant mesuré circulant dans une phase respective d'un bobinage d'un moteur électrique triphasé synchrone, notamment pour détecter une défaillance d'un capteur de courant.

La présente invention trouve une application préférentielle mais non limitative dans le domaine automobile, notamment pour un moteur de direction assistée de véhicule automobile.

Selon l'état de la technique, il est connu un procédé d'estimation d'un courant estimé circulant dans un bobinage d'un moteur électrique du type comprenant au moins un bobinage pilotable par un dispositif à commutation. Le dispositif à commutation est connecté à l'entrée du bobinage et reçoit en entrée une commande sous forme d'une tension de commande et la transforme en une tension appliquée à l'entrée du bobinage.

Le plus fréquemment, la tension de commande est alternative. Une unité transforme la tension de commande en une tension modulée en largeur d'impulsion dont un rapport cyclique est égal à la valeur de la tension de commande.

Cette tension modulée en largeur d'impulsion est appliquée à commuter un premier commutateur connecté entre le bobinage et un potentiel sensiblement constant, tandis que la tension opposée de la tension modulée est appliquée à commuter un deuxième commutateur connecté entre le bobinage et une masse. Ainsi, les deux commandes sont sensiblement en opposition de phase et les états d'ouverture des deux commutateurs sont tels qu'au plus un des deux commutateurs est commuté/passant à un instant donné, l'autre étant non commuté/ouvert, au même instant.

Un module de transformation est apte à recevoir la tension de commande et à commander de manière disjointe en ouverture les deux commutateurs en fonction de la tension de commande.

Le procédé d'estimation décrit dans cet état de la technique comprend l'étape de mesure d'une tension mesurée à l'entrée du bobinage, l'étape de correction de la tension mesurée pour produire une tension corrigée, l'étape d'une détermination d'une

résistance du dispositif à commutation et l'étape de détermination d'au moins un courant estimé circulant dans le bobinage en divisant par la résistance la différence entre une tension de commande utilisée pour commander le dispositif à commutation et la tension corrigée.

5 Si cette solution permet d'obtenir une estimation individualisée du courant circulant dans chaque bobinage et de détecter la défaillance dans l'étage de mesure de courant en estimant les courants en utilisant la différence entre la commande appliquée au moteur et la mesure de cette commande, elle présente l'inconvénient d'une impossibilité d'utilisation pour des fortes vitesses du moteur. De plus et surtout, cette  
10 solution n'est pas robuste dans sa détection de défaillance en mode dégradé.

Un autre état de la technique, décrit notamment par le document FR-A-3 039 283, concerne un procédé permettant de détecter une défaillance dans l'étage de mesure de courant des phases moteur ou dans le moteur synchrone triphasé à aimants permanents commandé par un onduleur ou l'onduleur lui-même.

15 Les types de défaillance détectés sont un court-circuit ou une perte de la mesure de courant d'une ou de plusieurs phases moteur, un courant mesuré d'une ou de plusieurs phases non plausibles par une erreur de décalage et/ou de gain sur la mesure de courant de la phase moteur par exemple, d'un court-circuit à la masse ou entre phases ou une perte d'une ou de plusieurs phases, de paramètres du moteur commandé non  
20 plausibles signalant un important déséquilibre des impédances du moteur, un onduleur déséquilibré par une résistance d'un commutateur de puissance trop importante.

L'inconvénient de la solution proposée par ce document est de ne pas pouvoir réaliser le diagnostic de la mesure de courant lorsque le système est en mode dégradé.

Une troisième solution a été proposée par un autre état de la technique pour  
25 permettre de détecter une défaillance dans l'étage de mesure de courant. Il a été proposé d'utiliser un capteur de courant pour chaque phase du moteur et de vérifier la cohérence entre ces capteurs de courants par la loi des nœuds postulant que la somme des trois courants des trois phases doit être nulle.

L'inconvénient de cette troisième solution est son coût et son implémentation  
30 physique sur une carte électronique du fait qu'il est prévu de rajouter un capteur de courant et ses éléments associés ainsi que sa connexion par une nouvelle entrée analogique au niveau du microcontrôleur, et du fait de l'augmentation de la surface de la carte pour accueillir ces nouveaux composants.

Le problème à la base de la présente invention est, pour un moteur électrique  
35 triphasé synchrone piloté par un dispositif à commutation, de déterminer un courant estimé circulant dans un bobinage du moteur électrique alors que le moteur fonctionne en mode dégradé, une phase d'alimentation électrique du moteur étant dans un état ouvert.

A cet effet, la présente invention concerne un procédé de détermination d'un courant estimé circulant dans un bobinage d'un moteur électrique triphasé synchrone à aimants permanents du type comprenant au moins un bobinage pilotable par un dispositif à commutation, remarquable en ce qu'il comprend les étapes suivantes, le moteur étant  
5 alors commandé sur deux phases actives, une troisième phase étant dans un état ouvert :

- mesure d'une tension mesurée pour chacune des deux phases actives à l'entrée du bobinage,
- correction des deux tensions mesurées pour produire une tension corrigée respective,
- 10 • détermination d'une résistance du moteur compensée en fonction de la température,
- détermination d'au moins un courant estimé circulant respectivement dans l'une des deux phases actives du bobinage en fonction de la résistance du moteur  $R_{mot}$  compensée en fonction de la température et des tensions mesurées  
15  $U_{mesx}$ ,  $U_{mesy}$  des deux phases actives par résolution des équations suivantes,  $x$  étant la première phase active et  $y$  la deuxième phase active des deux phases actives :

$$[I_{estx}] = \frac{\left[ U_{mesx} - \left( \frac{U_{mesx} + U_{mesy}}{2} \right) \right] - [L_{mot}] \left[ \frac{dI_{mesx}}{dt} \right] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[R_{mot}]}$$

$$[I_{esty}] = \frac{\left[ U_{mesy} - \left( \frac{U_{mesx} + U_{mesy}}{2} \right) \right] - [L_{mot}] \left[ \frac{dI_{mesy}}{dt} \right] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[R_{mot}]}$$

20 dans lesquelles  $L_{mot}$  est une inductance du moteur à 20°C et 0 Ampère,  $\Phi$  un flux du moteur à 20°C et 0 Ampère,  $\omega_{mot}$  une vitesse de rotation du moteur,  $\theta_{mot}$  une position angulaire d'un rotor du moteur,  $k$  étant une constante égale à 0 pour la phase 1, à 1 pour la phase 2 et à 2 pour la phase 3.

La présente invention permet d'éliminer tous les inconvénients des deux états  
25 de la technique décrits précédemment. Ceci est réalisé sans nouveau composant à ajouter, d'où aucune augmentation de coût, à part un faible coût de conception logicielle. De plus et surtout, la présente invention permet une détermination d'un courant estimé lors d'un fonctionnement du moteur en mode dégradé, une des trois phases étant ouverte.

30 Le procédé pour détecter les défauts pouvant être les défauts précédemment cités consiste à identifier une erreur sur le comportement dynamique des courants estimés à partir d'un modèle électrique du moteur synchrone à aimants permanents par rapport aux courants mesurés des phases moteur.

Avantageusement, la détermination des courants estimés se fait en utilisant une méthode d'analyse numérique d'approximation d'équations différentielles.

Avantageusement, la méthode d'analyse numérique d'approximation d'équations différentielles choisie est la méthode de Runge-Kutta d'ordre 2, avec les  
5 équations suivantes pour le calcul du courant estimé,  $I_{estx}$  pour la phase x étant l'une des deux phases actives:

$$\left[ \frac{dI_{estx}}{dt} \right]_n = \frac{\left[ U_{mesx} - \left( \frac{U_{mesx} + U_{mesy}}{2} \right) \right] - [R_{mot}] [I_{estx}_n] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[L_{mot}]}$$

$$[I_{estx}_{n+\frac{1}{2}}] = [I_{estx}_n] + \frac{\Delta t}{2} \left[ \frac{dI_{estx}}{dt} \right]_n$$

10

$$\left[ \frac{dI_{estx}}{dt} \right]_{n+\frac{1}{2}} = \frac{\left[ U_{mesx} - \left( \frac{U_{mesx} + U_{mesy}}{2} \right) \right] - [R_{mot}] \left[ I_{estx}_{n+\frac{1}{2}} \right] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[L_{mot}]}$$

$$[I_{estx}_{n+1}] = [I_{estx}_n] + \Delta t \left[ \frac{dI_{estx}}{dt} \right]_{n+\frac{1}{2}}$$

dans lesquelles  $\Delta t$  est le temps d'échantillonnage du calcul et n le nombre  
15 d'itérations, les équations étant similaires pour le calcul du courant estimé, pour la phase y étant l'autre des deux phases actives en changeant x en y et inversement dans les équations précédentes.

Avantageusement, la correction des deux tensions mesurées pour produire une tension corrigée respective s'effectue tout d'abord par filtrage des tensions mesurées  
20 alors sous forme crénelée par un filtre passe-bas pour produire une tension sinusoïdale respective, et ensuite par compensation des tensions sinusoïdales respectives par un compensateur apte à compenser les effets atténuateurs du filtre passe-bas pour produire une tension corrigée respective.

Avantageusement, le filtre passe-bas est un filtre passe-bas d'ordre au  
25 moins 2.

Avantageusement, la compensation utilise une table d'interpolation en fonction d'une vitesse de rotation du moteur.

Avantageusement, la détermination de la résistance du moteur est compensée en fonction de la température en prenant une température moyenne  $T_{mos}$   
30 des éléments électroniques du dispositif à commutation disposés à proximité d'un capteur de température, la résistance  $R_{mot}$  étant compensée selon l'équation suivante :

$$R_{mot} = R_{mot20} * (1 + 0,004 * (T_{mos} - 20^\circ C))$$

0,004 étant le facteur thermique du cuivre, et  $R_{mot20}$  correspondant à la résistance d'une phase du moteur à  $20^\circ C$ .

L'invention concerne aussi un procédé de diagnostic d'une validité de mesures d'un courant mesuré circulant dans une phase respective d'un bobinage d'un moteur électrique triphasé synchrone à aimants permanents du type comprenant au moins un bobinage pilotable par un dispositif à commutation, le moteur étant alors commandé sur deux phases actives, une troisième phase étant dans un état ouvert, remarquable en ce qu'il est effectué :

- une mesure du courant mesuré circulant dans au moins une des deux phases actives,
- une détermination d'un courant estimé circulant dans au moins une des deux phases actives du bobinage au moyen d'un tel procédé d'estimation,
- un calcul d'un écart type glissant respectif pour au moins une des deux phases actives d'une différence entre le courant mesuré et le courant estimé pour ladite au moins une des deux phases actives sur un horizon glissant d'un nombre d'échantillons, respectivement selon une des formules suivantes :

$$I_{ecx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{NbEchantillon} (I_{mesx} - I_{estx})^2}{NbEchantillon}}$$

OU

$$I_{ecy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{NbEchantillon} (I_{mesy} - I_{esty})^2}{NbEchantillon}}$$

NbEchantillon étant le nombre d'échantillons,

- une comparaison de l'écart type glissant respectif pour ladite au moins une des deux phases actives avec une valeur de seuil prédéterminée pour laquelle, quand l'écart type est supérieur à la valeur de seuil prédéterminée, il est diagnostiqué une erreur sur les courants mesurés pour ladite au moins une phase, et quand l'écart type est inférieur à la valeur de seuil prédéterminée, il est diagnostiqué une validité des courants mesurés pour ladite au moins une des deux phases actives.

La présente invention se rapporte à un procédé mis en parallèle d'une commande en courant pour détecter une défaillance dans l'étage de mesure de courant des phases moteur ou dans le moteur synchrone triphasé à aimants permanents commandé par un onduleur ou l'onduleur lui-même, ce qui permet d'établir un diagnostic d'une validité de mesures d'un courant mesuré.

Ce procédé de détection de diagnostic n'est applicable qu'en mode dégradé, c'est-à-dire lorsque le moteur synchrone triphasé à aimants permanents est commandé sur deux au lieu de trois phases.

Les types de défaillance diagnostiquée peuvent concerner un court-circuit et/ou une perte de la mesure de courant d'une ou plusieurs phases moteur, un courant

mesuré d'une ou plusieurs phases non plausible avec des erreurs de décalage et/ou de gain sur la mesure de courant d'une phase moteur, par exemple, un court-circuit à la masse ou entre-phases et/ou une perte d'une ou de plusieurs phases du moteur.

La présente invention offre la possibilité de substituer au courant mesuré de manière erronée un courant estimé et de continuer à contrôler le moteur en mode dégradé sur la base de ce courant estimé.

Avantageusement, le procédé de diagnostic est mis en œuvre sur les deux phases actives, avec ou sans mesure du courant dans la deuxième phase active et, quand le courant n'est pas mesuré dans la deuxième phase active, la valeur du courant dans cette deuxième phase active est extrapolée à partir du courant mesuré de la première phase active en étant égale à la valeur négative du courant de la première phase, l'écart type étant calculé selon la formule précédente donnée pour cette deuxième phase.

Avantageusement, les échantillons sont récoltés dans une gamme de positions angulaires du moteur correspondant à un courant dans ladite au moins une des deux phases stabilisé.

Avantageusement, il est appliqué à un capteur d'intensité physique ou virtuel apte à mesurer un courant dans ladite au moins une des deux phases actives, le capteur d'intensité étant qualifié de défaillant quand l'écart type est supérieur à la valeur de seuil prédéterminée.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et au regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

- la **figure 1** illustre un procédé de diagnostic selon la présente invention d'une validité de mesures d'un courant mesuré circulant dans une phase respective d'un bobinage d'un moteur électrique triphasé synchrone à aimants permanents du type comprenant au moins un bobinage pilotable par un dispositif à commutation, le moteur étant alors commandé sur deux phases actives, ceci en calculant un écart entre le courant mesuré et le courant estimé pour les deux phases actives,

- la **figure 2** montre un logigramme du procédé de diagnostic selon un mode de réalisation de la présente invention,

- les **figures 3a** et **3b** montrent des courbes d'intensité de courant et de couple pour des angles de rotation du moteur, ces courbes étant mises à profit pour définir une zone d'échantillonnage.

En se référant plus particulièrement à la **figure 1**, la présente invention concerne un procédé de détermination d'un courant estimé  $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$  circulant dans un

bobinage d'un moteur M électrique triphasé synchrone à aimants permanents du type comprenant au moins un bobinage pilotable par un dispositif à commutation 11.

A la **figure 1** c'est un onduleur qui porte la référence 11 donnée au dispositif de commutation, l'onduleur faisant partie du dispositif à commutation.

5 Ce procédé de détermination prend place avec un moteur M étant alors commandé sur deux phases actives, une troisième phase étant dans un état ouvert.

Le dispositif à commutation comprend un onduleur 11 de courant continu DC en courant alternatif AC alimenté par une source extérieure sous une tension continue Ubat qui peut être la tension d'une batterie d'un véhicule automobile. L'onduleur 11  
10 transforme une tension continue en une tension crénelée dont les tensions des deux phases x et y alimentant le moteur M sont respectivement Ux et Uy.

Il est mesuré une tension pour chacune des deux phases actives à l'entrée du bobinage. Il est ensuite procédé à une correction des deux tensions mesurées Ux, Uy pour produire une tension corrigée respective. Cette correction s'effectue dans deux  
15 modules consécutifs 1 et 2.

Dans le premier module 1 qui peut être avantageusement un filtre passe-bas, en entrée, les tensions mesurées sont crénelées, et en sortie les tensions obtenues sont des tensions sinusoïdales.

Dans le deuxième module 2 qui est un module de compensation 2 ou  
20 compensateur, les tensions sinusoïdales respectives sont compensées respectivement par un compensateur apte à compenser les effets atténuateurs du filtre passe-bas pour produire une tension mesurée corrigée respective Umesx et Umesy.

Parallèlement à l'obtention des tensions mesurées corrigées Umesx et Umesy, il est procédé à une détermination d'une résistance électrique de phase du  
25 moteur M compensée en fonction de la température. Ceci est fait consécutivement dans les modules 3 et 4 en fonction d'une température Tsens relevée par un capteur proche du dispositif à commutation et des éléments électroniques pour donner une température du dispositif de commutation Tmos. Cette température est extrapolée pour donner la température du moteur M et procéder à une correction de la résistance du moteur M.

30 A partir des tensions mesurées corrigées Umesx et Umesy et de la résistance électrique du moteur M compensée Rmot en fonction de la température, il est déterminé au moins un courant estimé lestx ou lesty circulant respectivement dans l'une des deux phases actives du bobinage par résolution des équations suivantes, x étant la première phase active et y la deuxième phase active des deux phases actives :

$$35 \quad [lestx] = \frac{[Umesx - (\frac{Umesx + Umesy}{2})] - [Lmot] \left[ \frac{dImesx}{dt} \right] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[Rmot]}$$

$$[Iesty] = \frac{\left[ Umesy - \left( \frac{Umesx + Umesy}{2} \right) \right] - [Lmot] \left[ \frac{dImesy}{dt} \right] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[Rmot]}$$

dans lesquelles équations Lmot est une inductance du moteur M à 20°C et 0 Ampère,  $\Phi$  un flux du moteur M à 20°C et 0 Ampère,  $\omega_{mot}$  une vitesse de rotation du moteur M,  $\theta_{mot}$  une position angulaire d'un rotor du moteur M, k étant une constante égale à 0 pour la phase 1, à 1 pour la phase 2 et à 2 pour la phase 3.

Ceci se fait dans un module d'estimation des courants circulant dans chaque phase référencée 5 à la **figure 1** avec en sortie du module d'estimation 5 les deux courants estimés lestx et lesty.

La détermination se fait à partir d'un modèle électrique en mode dégradé d'un moteur M synchrone triphasé à aimants permanents en prenant comme hypothèse que le système est équilibré, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de déséquilibre d'impédance entre les phases actives du moteur M.

Il existe plusieurs modes de résolution des équations précédentes et deux modes préférés vont être décrits. La détermination des courants estimés lestx, lesty peut se faire en utilisant une méthode d'analyse numérique d'approximation d'équations différentielles.

Dans une première forme de réalisation optionnelle non préférée, il est possible d'appliquer une méthode d'Euler en une seule itération selon les équations suivantes :

$$\left[ \frac{dIestx}{dt} \right]_n = \frac{\left[ Umesx - \left( \frac{Umesx + Umesy}{2} \right) \right] - [Rmot][Iestx_n] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[Lmot]}$$

$$[Iestx_{n+1}] = [Iestx_n] + \Delta t \left[ \frac{dIestx}{dt} \right]_n$$

Dans une deuxième forme de réalisation optionnelle préférée, la méthode d'analyse numérique d'approximation d'équations différentielles choisie peut être la méthode de Runge-Kutta d'ordre 2.

Il est alors possible de résoudre les équations suivantes pour le calcul du courant estimé lestx, pour la phase x étant l'une des deux phases actives:

$$\left[ \frac{dIestx}{dt} \right]_n = \frac{\left[ Umesx - \left( \frac{Umesx + Umesy}{2} \right) \right] - [Rmot][Iestx_n] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[Lmot]}$$

$$\left[ Iestx_{n+\frac{1}{2}} \right] = [Iestx_n] + \frac{\Delta t}{2} \left[ \frac{dIestx}{dt} \right]_n$$

$$\left[ \frac{dIestx}{dt} \right]_{n+\frac{1}{2}} = \frac{\left[ Umesx - \left( \frac{Umesx + Umesy}{2} \right) \right] - [Rmot] \left[ Iestx_{n+\frac{1}{2}} \right] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[Lmot]}$$

$$[I_{estx_{n+1}}] = [I_{estx_n}] + \Delta t \left[ \frac{dI_{estx}}{dt} \right]_{n+\frac{1}{2}}$$

dans lesquelles  $\Delta t$  est le temps d'échantillonnage du calcul et  $n$  le nombre d'itérations, les autres paramètres ayant été précédemment identifiés.

5 Pour la phase  $y$ , les équations sont similaires pour le calcul du courant estimé  $I_{esty}$ , pour la phase  $y$  étant l'autre des deux phases actives, ceci en changeant  $x$  en  $y$  et  $y$  en  $x$  dans les équations précédentes.

En revenant à la correction des deux tensions mesurées dans les modules 1 et 2, cette correction des deux tensions mesurées pour produire une tension corrigée  
10 respective peut s'effectuer tout d'abord par filtrage 1 des tensions mesurées alors sous forme crénelée par un filtre passe-bas dans le module 1 pour produire une tension sinusoïdale respective, et ensuite par compensation 2 des tensions sinusoïdales respectives par un compensateur apte à compenser les effets atténuateurs du filtre passe-bas pour produire une tension corrigée respective.

15 Lors du filtrage 1, le filtre passe-bas peut être un filtre passe-bas d'ordre au moins 2 pour filtrer les tensions crénelées ou carrées appliquées aux phases moteur  $M$ , ce qui permet une démodulation en filtrant la porteuse correspondant à la fréquence des modulations à largeur d'impulsion d'un système de modulation de la tension en largeur d'impulsion.

20 Lors de la compensation 2, il peut être utilisé une table d'interpolation en fonction d'une vitesse de rotation  $\omega_{mot}$  du moteur  $M$ , ceci par l'intermédiaire d'un module de vitesse de position 10. Il est ainsi effectué une correction de la réduction du gain des amplitudes d'au moins une des deux tensions des phases actives due aux filtres en fonction de la vitesse de rotation  $\omega_{mot}$  du moteur  $M$ . Le module 10 est le module de  
25 mesure et de position du rotor du moteur  $M$ .

En ce qui concerne la détermination de la résistance du moteur  $M$ , il peut être effectué une compensation de la résistance du moteur  $M$  en fonction de la température, en prenant la résistance du moteur  $M$  à température ambiante  $R_{mot20}$  qui est connue.

Pour cela, il peut être pris une température moyenne  $T_{mos}$  des éléments  
30 électroniques du dispositif à commutation disposés à proximité d'un capteur de température relevant une température  $T_{sens}$ . La résistance  $R_{mot}$  du moteur  $M$  peut alors être compensée en fonction de la température moyenne  $T_{mos}$  des éléments électroniques du dispositif à commutation 11 selon l'équation suivante :

$$R_{mot} = R_{mot20} * (1 + 0,004 * T_{mos} - 20^{\circ}C)$$

35 0,004 étant le facteur thermique du cuivre, et  $R_{mot 20}$  correspondant à la résistance d'une phase du moteur  $M$  à  $20^{\circ}C$ .

Une application préférentielle du procédé de détermination d'un courant estimé  $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$  circulant dans un bobinage d'un moteur M s'adresse à un procédé de diagnostic d'une validité de mesures d'un courant mesuré circulant dans une phase respective d'un bobinage d'un moteur M électrique triphasé synchrone à aimants permanents du type comprenant au moins un bobinage pilotable par un dispositif à commutation 11, le moteur M étant alors toujours commandé sur deux phases actives, une troisième phase étant dans un état ouvert.

Dans ce procédé, il est effectué une mesure du courant mesuré circulant dans au moins une des deux phases actives, avantageusement dans les deux phases actives. Ceci est fait par le module de mesure 9 à la **figure 1**, ce module de mesure 9 pouvant mesurer un courant d'une phase ou les courants  $I_{mesx}$ ,  $I_{mesy}$  de deux phases actives.

Il est aussi procédé à une détermination d'un courant estimé  $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$  circulant dans au moins une des deux phases actives du bobinage au moyen du procédé d'estimation tel que précédemment décrit avec obtention des valeurs de courant estimé  $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$ .

Il est ensuite procédé à un calcul d'un écart type glissant respectif pour au moins une des deux phases actives d'une différence entre le courant mesuré et le courant estimé  $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$  pour ladite au moins une des deux phases actives sur un horizon glissant d'un nombre d'échantillons, respectivement selon une des formules suivantes qui sont respectives pour une des deux phases :

$$I_{ecx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{NbEchantillon} (I_{mesx} - I_{estx})^2}{NbEchantillon}}$$

OU

$$I_{ecy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{NbEchantillon} (I_{mesy} - I_{esty})^2}{NbEchantillon}}$$

$NbEchantillon$  étant le nombre d'échantillons.

Enfin, il est effectué une comparaison de l'écart type glissant respectif pour ladite au moins une des deux phases actives avec une valeur de seuil prédéterminée. Quand l'écart type est supérieur à la valeur de seuil prédéterminée, il est diagnostiqué une erreur sur les courants mesurés  $I_{mesx}$  ou  $I_{mesy}$  pour ladite au moins phase tandis que, quand l'écart type est inférieur à la valeur de seuil prédéterminée, il est diagnostiqué une validité des courants mesurés  $I_{mesx}$  ou  $I_{mesy}$  pour ladite au moins une des deux phases actives.

La valeur de seuil prédéterminée peut prendre en compte les erreurs de mesure dans le pire des cas en prenant en compte la totalité de la chaîne de mesure et toutes les dérives possibles, aussi bien thermique, d'échantillonnage, d'alimentation, de calibrage et autres.

A la **figure 1**, il est montré un module de détection des défaillances 6 mettant en œuvre le procédé de diagnostic précédemment décrit en évaluant un ou les écarts types  $I_{cx}$  et  $I_{cy}$ . Une ou des valeurs de courant mesurés  $I_{mesx}$  et  $I_{mesy}$  et une ou des valeurs de courant estimé  $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$  pour au moins une phase et de préférence pour les deux phases actives sont transmises en entrée de ce module de détection des  
5 défaillances 6.

Le procédé de diagnostic selon l'invention peut être mis en œuvre sur les deux phases actives. Ceci peut se faire avec ou sans mesure du courant dans la deuxième phase active. Dans le cas où le courant n'est pas mesuré pour la deuxième  
10 phase active, la valeur du courant mesuré dans cette deuxième phase active est extrapolée à partir du courant mesuré  $I_{mesx}$  ou  $I_{mesy}$  de la première phase active en étant égale à la valeur négative du courant de la première phase, l'écart type étant calculé selon la formule précédente donnée pour cette deuxième phase.

La **figure 2** montre un logigramme du procédé de diagnostic selon la présente  
15 invention incluant le procédé de détermination d'un courant estimé  $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$ .

Sur une branche du logigramme à gauche, une ou des mesures de tension mesurées  $U_x$ ,  $U_y$  sont corrigées dans une opération de filtrage 1, et une opération de compensation 2 pour donner une ou des mesures de tensions corrigées  $U_{mesx}$ ,  $U_{mesy}$ .

Parallèlement, il est pris une résistance électrique de phase du moteur  
20  $R_{mot20}$  à température ambiante extérieure à l'arrêt du moteur M compensée par calcul d'une température prise par un capteur et extrapolée aux éléments électroniques du dispositif à commutation proche du moteur M à la référence 3, puis par compensation de la résistance du moteur M par cette température extrapolée à la référence 4 pour obtenir une résistance électrique compensée du moteur  $R_{mot}$ .

Il est alors effectué le calcul de l'intensité estimée d'une phase ou des deux  
25 phases  $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$  à la référence 5 du ou des courants circulant dans une ou chaque phase.

A partir de l'intensité ou des intensités de courant réelles en entrée de moteur  
30  $I_x$ ,  $I_y$ , il est fourni une ou des valeurs de courant mesuré  $I_{mesx}$ ,  $I_{mesy}$  en 9, mesurées avantageusement par un capteur. Ces valeurs mesurées peuvent être différentes des valeurs réelles d'intensité de courant  $I_x$ ,  $I_y$ , si la mesure est défaillante.

A la référence 6, il est effectué une détection de défaillance des mesures des  
35 intensités de courant en évaluant un écart type entre glissant respectif pour au moins une des deux phases actives d'une différence entre le courant mesuré  $I_{mesx}$ ,  $I_{mesy}$  et le courant estimé  $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$  pour la ou les deux phases actives.

Pour le procédé de diagnostic, le nombre d'échantillons *NbEchantillon* est choisi pour déterminer un horizon d'une durée supérieure à une valeur minimale suffisamment importante pour réaliser un filtrage et éviter de fausses alertes.

Inversement, le nombre d'échantillons *NbEchantillon* est choisi pour  
5 déterminer un horizon d'une durée inférieure à une valeur maximale laissant apparaître un risque à poursuivre la commande du moteur M en présence d'une défaillance de la mesure de l'intensité, par exemple d'un capteur.

Sans que cela soit limitatif, l'horizon peut être compris entre 10 et 15  
10 millisecondes avec une période d'échantillonnage de 500 microsecondes. Dans ces cas, le nombre d'échantillons peut être compris entre 20 et 30.

Il convient que les échantillons soient récoltés dans une gamme de positions angulaires du moteur M correspondant à un courant stabilisé dans ladite au moins une des deux phases.

Les **figures 3a** et **3b** montrent respectivement une intensité I de courant du  
15 moteur M et un couple C moteur en fonction de l'angle de position angulaire électrique  $\Theta_{mot}$  du moteur pour chacune des deux phases de courant.

La forme du courant en mode dégradé est représentée à la **figure 3a**. De  
préférence, la détection d'une erreur et le procédé de diagnostic peuvent être mis en œuvre dans une zone où le courant reste à peu près stabilisé avec un faible gradient de  
20 variation. Cela correspond à la zone formée par la cuvette à la **figure 3a**.

Il est donc avantageux qu'il soit procédé à un échantillonnage des courants à diagnostiquer seulement au creux de cette cuvette en fonction de la position angulaire du  
moteur M électrique, dans une plage de positions angulaires du moteur M électriques l'angle  $\Theta_{mot}$  est compris dans un intervalle correspondant à la cuvette.

25 Soit une fenêtre d'échantillonnage de 1 rad, et TetaRef1 la référence, la fenêtre de référence s'étend entre TetaRef1 - 0,5 rad et TetaRef1 + 0,5rad ou entre TetaRef1 - 0,5 rad +  $\pi$  et TetaRef1 + 0,5rad+  $\pi$ , le procédé sélectionne le courant mesuré lmesx et le courant estimé lestx ou lesty avec :

TetaRef1 = 0 rad si la phase 1 est en défaut

30 TetaRef1 =  $2 \pi / 3$  si la phase 2 est en défaut

TetaRef1 =  $4 \pi / 3$  rad si la phase 3 est en défaut.

Ce diagnostic est valable lorsque le moteur M est contrôlé en deux phases.

Avantageusement, il est appliqué à un capteur d'intensité physique, c'est-à-dire réellement présent ou virtuel, dans ce dernier cas le logiciel, apte à mesurer un  
35 courant dans ladite au moins une des deux phases actives, le capteur d'intensité étant qualifié de défaillant quand l'écart type est supérieur à la valeur de seuil prédéterminée.

Quand un capteur d'intensité est qualifié de défaillant, il est possible de remplacer sa mesure d'intensité par une mesure d'intensité de courant estimé  $lestx$ ,  $lesty$ . Il est alors possible de continuer la commande du moteur M avec cette nouvelle valeur d'intensité de courant estimé  $lestx$ ,  $lesty$ .

## RENDICATIONS

1. Procédé de détermination d'un courant estimé ( $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$ ) circulant dans un bobinage d'un moteur (M) électrique triphasé synchrone à aimants permanents du type comprenant au moins un bobinage pilotable par un dispositif à commutation (11), **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes, le moteur (M) étant alors  
5 commandé sur deux phases actives, une troisième phase étant dans un état ouvert :

- mesure d'une tension mesurée ( $U_x$ ,  $U_y$ ) pour chacune des deux phases actives à l'entrée du bobinage,

- correction des deux tensions mesurées ( $U_x$ ,  $U_y$ ) pour produire une tension corrigée respective ( $U_{mesx}$ ,  $U_{mesy}$ ),

10 • détermination d'une résistance du moteur ( $R_{mot}$ ) compensée en fonction de la température,

- détermination d'au moins un courant estimé  $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$  circulant dans respectivement chacune des deux phases actives du bobinage en fonction de la résistance du moteur  $R_{mot}$  compensée en fonction de la température et des

15 tensions mesurées  $U_{mesx}$ ,  $U_{mesy}$  des deux phases actives par résolution des équations suivantes, x étant la première phase active et y la deuxième phase active des deux phases actives :

$$[I_{estx}] = \frac{[U_{mesx} - \left(\frac{U_{mesx} + U_{mesy}}{2}\right)] - [L_{mot}] \left[\frac{dI_{mesx}}{dt}\right] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin\left(\theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3}\right)}{[R_{mot}]}$$

20

$$[I_{esty}] = \frac{[U_{mesy} - \left(\frac{U_{mesx} + U_{mesy}}{2}\right)] - [L_{mot}] \left[\frac{dI_{mesy}}{dt}\right] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin\left(\theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3}\right)}{[R_{mot}]}$$

dans lesquelles  $L_{mot}$  est une inductance du moteur (M) à 20°C et 0 Ampère,  $\Phi$  un flux du moteur (M) à 20°C et 0 Ampère,  $\omega_{mot}$  une vitesse de rotation du moteur (M),  
25  $\theta_{mot}$  une position angulaire d'un rotor du moteur (M), k étant une constante égale à 0 pour la phase 1, à 1 pour la phase 2 et à 2 pour la phase 3.

2. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la détermination des courants estimés ( $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$ ) se fait en utilisant une méthode d'analyse numérique d'approximation d'équations différentielles.

3. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la méthode d'analyse numérique d'approximation d'équations différentielles choisie est la méthode de Runge-Kutta d'ordre 2, avec les équations suivantes pour le calcul du courant estimé ( $I_{estx}$ ) pour la phase x étant l'une des deux phases actives:

$$5 \quad \left[ \frac{dI_{estx}}{dt} \right]_n = \frac{\left[ U_{mesx} - \left( \frac{U_{mesx} + U_{mesy}}{2} \right) \right] - [R_{mot}] [I_{estx}_n] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[L_{mot}]}$$

$$\left[ I_{estx}_{n+\frac{1}{2}} \right] = [I_{estx}_n] + \frac{\Delta t}{2} \left[ \frac{dI_{estx}}{dt} \right]_n$$

$$\left[ \frac{dI_{estx}}{dt} \right]_{n+\frac{1}{2}} = \frac{\left[ U_{mesx} - \left( \frac{U_{mesx} + U_{mesy}}{2} \right) \right] - [R_{mot}] \left[ I_{estx}_{n+\frac{1}{2}} \right] + \frac{\sqrt{3}}{2} * \Phi * \omega_{mot} * \sin \left( \theta_{mot} + \frac{\pi}{6} - k \frac{2\pi}{3} \right)}{[L_{mot}]}$$

10

$$\left[ I_{estx}_{n+1} \right] = [I_{estx}_n] + \Delta t \left[ \frac{dI_{estx}}{dt} \right]_{n+\frac{1}{2}}$$

dans lesquelles  $\Delta t$  est le temps d'échantillonnage du calcul et n le nombre d'itérations,

les équations étant similaires pour le calcul du courant estimé ( $I_{esty}$ ) pour la phase y étant l'autre des deux phases actives en changeant x en y et inversement dans les équations précédentes.

15

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la correction des deux tensions mesurées ( $U_x$ ,  $U_y$ ) pour produire une tension corrigée respective ( $U_{mesx}$ ,  $U_{mesy}$ ) s'effectue tout d'abord par filtrage (1) des tensions mesurées ( $U_x$ ,  $U_y$ ) alors sous forme crénelée par un filtre passe-bas pour produire une tension sinusoïdale respective et ensuite par compensation (2) des tensions sinusoïdales respectives par un compensateur apte à compenser les effets atténuateurs du filtre passe-bas pour produire une tension corrigée respective ( $U_{mesx}$ ,  $U_{mesy}$ ).

20

5. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le filtre passe-bas est un filtre passe-bas d'ordre au moins 2.

25

6. Procédé d'estimation selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la compensation (2) utilise une table d'interpolation en fonction d'une vitesse de rotation ( $\omega_{mot}$ ) du moteur (M).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la détermination de la résistance du moteur ( $R_{mot}$ ) est compensée en fonction de la température en prenant une température moyenne  $T_{mos}$  des éléments

30

électroniques du dispositif à commutation (11) disposés à proximité d'un capteur de température, la résistance  $R_{mot}$  étant compensée selon l'équation suivante :

$$R_{mot} = R_{mot20} * (1 + 0,004 * (T_{mos} - 20^{\circ}C))$$

0,004 étant le facteur thermique du cuivre et  $R_{mot 20}$  correspondant à la résistance d'une phase du moteur (M) à 20°C.

8. Procédé de diagnostic d'une validité de mesures d'un courant mesuré ( $I_{mesx}$ ,  $I_{mesy}$ ) circulant dans une phase respective d'un bobinage d'un moteur (M) électrique triphasé synchrone à aimants permanents (M) du type comprenant au moins un bobinage pilotable par un dispositif à commutation (11), le moteur (M) étant alors commandé sur deux phases actives, une troisième phase étant dans un état ouvert, **caractérisé en ce qu'il est effectué :**

- une mesure du courant mesuré ( $I_{mesx}$ ,  $I_{mesy}$ ) circulant dans au moins une des deux phases actives,
- une détermination d'un courant estimé ( $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$ ) circulant dans au moins une des deux phases actives du bobinage au moyen du procédé d'estimation selon l'une quelconque des revendications précédentes,
- un calcul d'un écart type glissant  $I_{ecx}$  ou  $I_{ecy}$  respectif pour au moins une des deux phases actives d'une différence entre le courant mesuré ( $I_{mesx}$ ,  $I_{mesy}$ ) et le courant estimé ( $I_{estx}$ ,  $I_{esty}$ ) pour ladite au moins une des deux phases actives sur un horizon glissant d'un nombre d'échantillons respectivement selon une des formules suivantes :

$$I_{ecx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{NbEchantillon} (I_{mesx} - I_{estx})^2}{NbEchantillon}}$$

ou

$$I_{ecy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{NbEchantillon} (I_{mesy} - I_{esty})^2}{NbEchantillon}}$$

$NbEchantillon$  étant le nombre d'échantillons,

- une comparaison de l'écart type glissant  $I_{ecx}$ ,  $I_{ecy}$  respectif pour ladite au moins une des deux phases actives avec une valeur de seuil prédéterminée pour laquelle, quand l'écart type est supérieur à la valeur de seuil prédéterminée, il est diagnostiqué une erreur sur les courants mesurés ( $I_{mesx}$ ,  $I_{mesy}$ ) pour ladite au moins phase, et quand l'écart type est inférieur à la valeur de seuil

prédéterminée, il est diagnostiqué une validité des courants mesurés (Imesx, Imesy) pour ladite au moins une des deux phases actives.

9. Procédé de diagnostic selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il** est mis en œuvre sur les deux phases actives, avec ou sans mesure du courant dans la deuxième phase active et, quand le courant n'est pas mesuré dans la deuxième phase active, la valeur du courant dans cette deuxième phase active est extrapolée à partir du courant mesuré (Imesx ou Imesy) de la première phase active en étant égale à la valeur négative du courant de la première phase, l'écart type étant calculé selon la formule précédente donnée pour cette deuxième phase.
- 10 10. Procédé de diagnostic selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les échantillons sont récoltés dans une gamme de positions angulaires du moteur (M) correspondant à un courant stabilisé dans ladite au moins une des deux phases.
11. Procédé de diagnostic selon l'une quelconque des trois revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est appliqué à un capteur d'intensité physique ou virtuel apte à mesurer un courant dans ladite au moins une des deux phases actives, le capteur d'intensité étant qualifié de défaillant quand l'écart type est supérieur à la valeur de seuil prédéterminée.

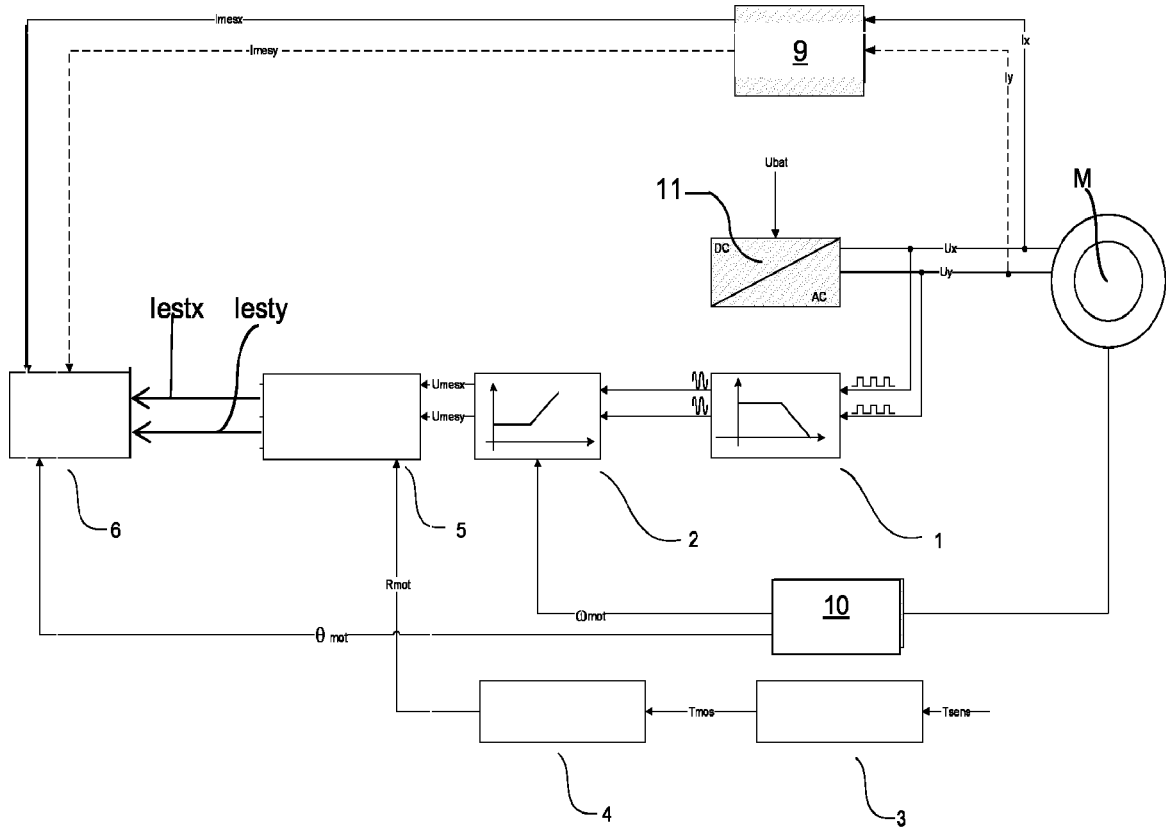


FIG.1

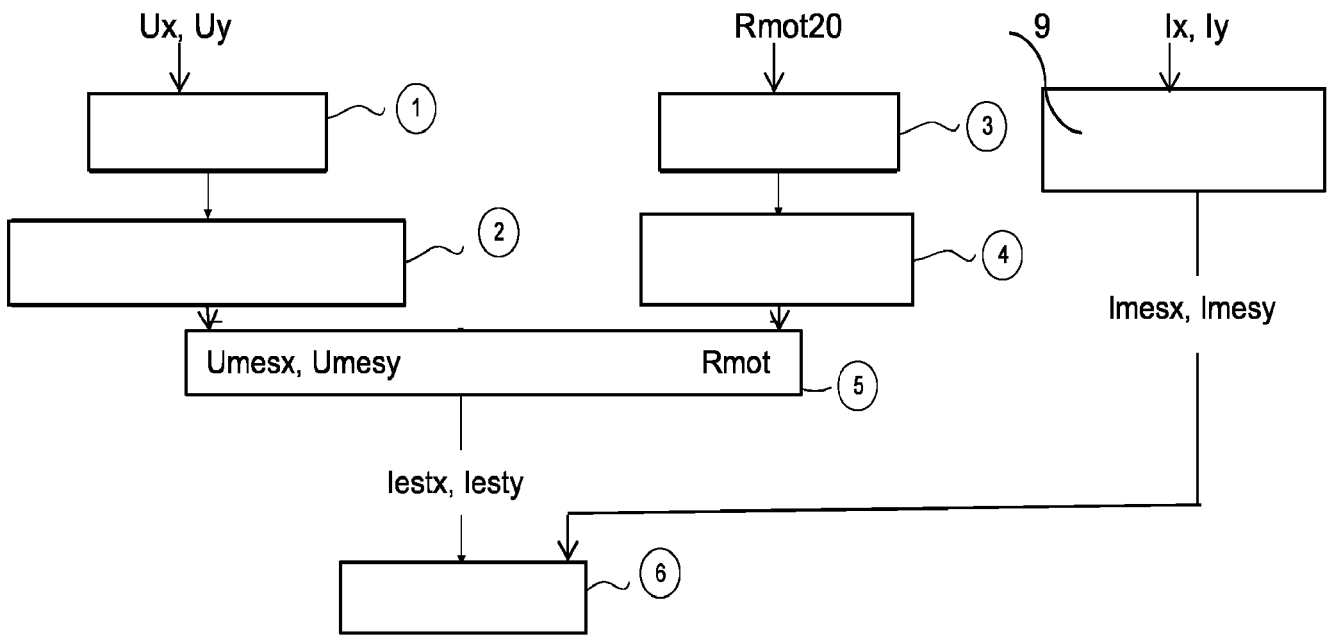
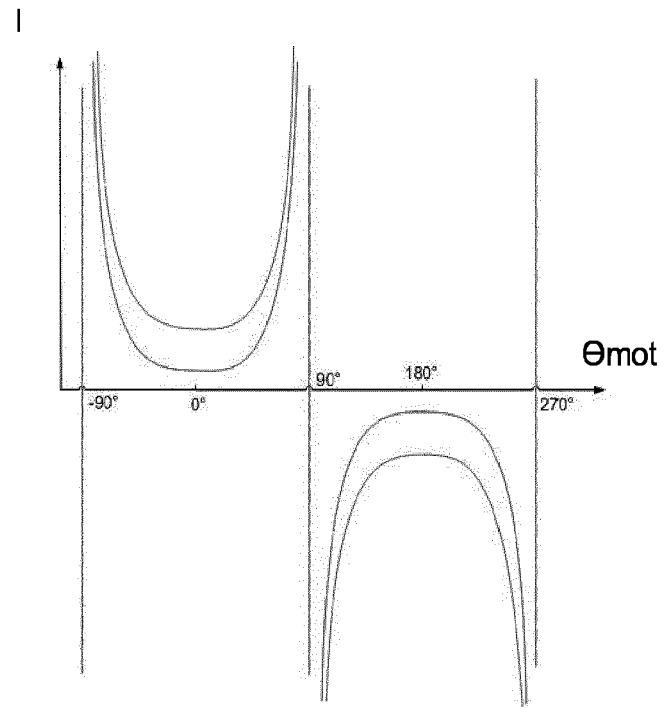
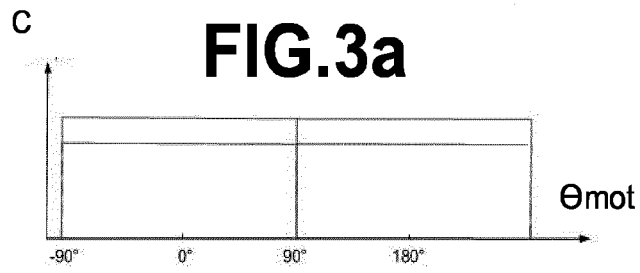


FIG.2



**FIG.3a**



**FIG.3b**

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL**

US 2010/017063 A1 (MAEDA MASAHIRO [JP])  
21 janvier 2010 (2010-01-21)

LI YING ET AL: "An Observer-Based  
Three-Phase Current Reconstruction using  
DC Link Measurement in PMAC Motors",  
CONFERENCE PROCEEDINGS. IPEMC 2006.  
CES/IEEE 5TH INTERNATIONAL POWER  
ELECTRONICS AND MOTION CONTROL CONFERENCE  
14-16 AUG. 2006 SHANGHAI, CHINA, IEEE,  
CONFERENCE PROCEEDINGS. IPEMC 2006.  
CES/IEEE 5TH INTERNATIONAL POWER  
ELECTRONICS AND MOTION CONTROL,  
14 août 2006 (2006-08-14), pages 1-5,  
XP031421193,  
ISBN: 978-1-4244-0448-3

EP 2 168 841 A2 (JTEKT CORP [JP])  
31 mars 2010 (2010-03-31)

JP 5 233178 B2 (JTEKT CORP)  
10 juillet 2013 (2013-07-10)

WO 2017/012704 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE  
FRANCE [FR]; CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH  
[DE]) 26 janvier 2017 (2017-01-26)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT