



(51) Classification internationale des brevets :
B62D 5/04 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/001222

(22) Date de dépôt international :
14 juillet 2016 (14.07.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1556841 20 juillet 2015 (20.07.2015) FR

(71) Déposants : **CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE** [FR/FR]; (Service Intellectual Property), 1, Avenue Paul Ourliac, 31100 Toulouse (FR). **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Inventeur : **PARETTE, Michel**; 15bis, Chemin Bélairé, 31470 Fonsorbes (FR).

(74) Représentant commun : **CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE**; (Service Intellectual Property), 1, Avenue Paul Ourliac, 31100 Toulouse (FR).

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

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

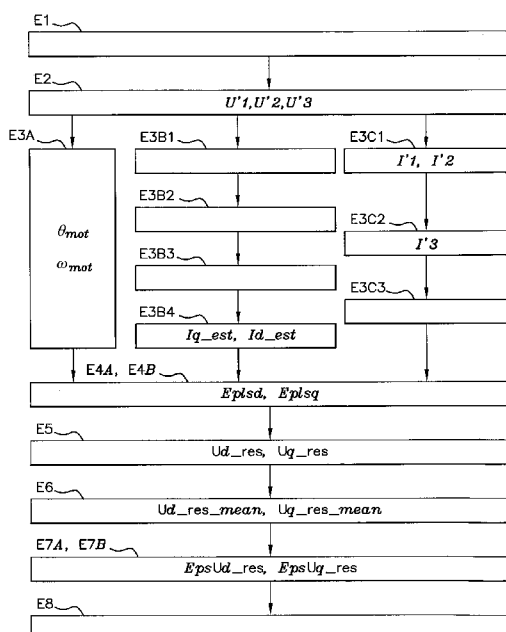
Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD FOR DETECTING A TORQUE CONTROL DEFECT OF AN ELECTRIC MOTOR OF A POWER-STEERING SYSTEM OF A MOTOR VEHICLE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE DÉTECTION D'UN DÉFAUT DE COMMANDE DE COUPLE D'UN MOTEUR ÉLECTRIQUE D'UN SYSTÈME DE DIRECTION ASSISTÉE D'UN VÉHICULE AUTOMOBILE

Fig 2



(57) Abstract : The present invention relates to a method for detecting a torque control defect of a three-phase electric motor of a motor vehicle. The method includes, in particular, a step of: determining (E4A; E4B, E5) a residual direct sinusoidal voltage and a residual sinusoidal voltage in quadrature from the measured direct sinusoidal current, the estimated direct sinusoidal current, the measured sinusoidal current in quadrature and the estimated sinusoidal current in quadrature; detecting (E6; E7A; E7B; E8) a defect when the difference between the value of the residual direct sinusoidal voltage and the moving average thereof is higher than a first threshold and/or when the difference between the value of the sinusoidal voltage in quadrature and the moving average thereof is higher than a second threshold.

(57) Abrégé : La présente invention a pour objet un procédé de détection de défaut de commande du couple d'un moteur électrique triphasé de véhicule automobile. Le procédé comprend notamment une étape de : · détermination (E4A; E4B, E5) d'une tension sinusoïdale directe résiduelle et d'une tension sinusoïdale en quadrature résiduelle à partir du courant sinusoïdal direct mesuré, du courant sinusoïdal direct estimé, du courant sinusoïdal en quadrature mesuré et du courant sinusoïdal en quadrature estimé, · détection (E6; E7A; E7B; E8) d'un défaut lorsque la différence entre la valeur de la tension sinusoïdale directe résiduelle et sa moyenne glissante est supérieure à un premier seuil et/ou lorsque la différence entre la valeur de la tension sinusoïdale en quadrature et sa moyenne glissante est supérieure à un deuxième seuil.

**Procédé de détection d'un défaut de commande de couple d'un moteur électrique
d'un système de direction assistée d'un véhicule automobile**

L'invention se rapporte au domaine de la commande d'un moteur électrique d'un système de direction assistée pour véhicule automobile et concerne plus particulièrement un procédé de détection d'un défaut de commande du couple d'un moteur électrique triphasé d'un système de direction assistée d'un véhicule automobile.

5 L'invention trouve notamment son application dans la détection des défauts de commande en courant d'un moteur électrique triphasé de type sans balai (« brushless » en langue anglaise) synchrone permettant la commande de la direction assistée d'un véhicule automobile.

Dans un véhicule automobile, il est connu d'utiliser un moteur électrique
10 triphasé « brushless » synchrone pour rendre le guidage du véhicule aisé. Ce moteur électrique est relié à la colonne de direction du véhicule de sorte à constituer un module dit « de direction assistée » du véhicule.

La commande du couple de ce moteur est réalisée par un calculateur appelé module de contrôle électronique (« Electronic Control Unit » ou ECU en langue anglaise).
15 Ce module de contrôle électronique comprend un microcontrôleur et un onduleur courant continu/courant alternatif (« Direct Current/Alternative Current » ou DC/AC en langue anglaise), relié d'une part, audit microcontrôleur et, d'autre part, au moteur via trois broches de connexion et deux résistances. Deux convertisseurs analogique-numérique (« Analog to Digital Converter » ou ADC en langue anglaise) sont chacun reliés
20 électriquement aux bornes de l'une des deux résistances.

Ainsi, afin de détecter un défaut de commande en courant à l'entrée du moteur, le microcontrôleur mesure les courants à l'entrée du moteur via les convertisseurs analogique-numérique. Ce faisant, le microcontrôleur peut détecter un défaut de court-circuit sur l'une des broches, lorsque l'un des convertisseurs analogique-numérique est
25 saturé, ou bien un circuit ouvert, lorsque l'un des convertisseurs analogique-numérique mesure en permanence une valeur constante au cours du temps.

Toutefois, dans cette configuration, le microcontrôleur ne peut détecter un gain ou un décalage sur une ou plusieurs phases or un tel gain ou un tel décalage sont fréquents et génèrent une valeur incorrecte du courant mesuré par le microcontrôleur, ce
30 qui peut entraîner la génération d'un couple variable appliqué au moteur par le microcontrôleur en réponse à la mesure effectuée et ainsi un mauvais contrôle du volant par le conducteur du véhicule, ce qui présente un danger important.

De plus, les procédés existants de détection de défaut nécessitent le passage du moteur dans un mode dit « de diagnostic » qui impose l'arrêt du système de direction assistée du véhicule, ce qui présente un inconvénient important.

L'invention a pour but de proposer une solution simple, fiable et efficace de
5 détection d'un défaut de commande du couple d'un moteur électrique triphasé de véhicule automobile.

A cette fin, l'invention a pour but un procédé de détection de défaut de commande du couple d'un moteur électrique triphasé d'un système de direction assistée de véhicule automobile, ledit moteur comprenant un premier connecteur de commande,
10 un deuxième connecteur de commande, un troisième connecteur de commande, un stator et un rotor, ledit procédé comprenant les étapes de :

- génération d'un premier signal de tension PWM de commande d'une première phase du moteur, d'un deuxième signal de tension PWM de commande d'une deuxième phase du moteur et d'un troisième signal de tension PWM de commande d'une troisième phase du moteur,
15
- estimation d'un courant sinusoïdal direct et d'un courant sinusoïdal en quadrature dans un repère diphasé lié au rotor du moteur à partir dudit premier signal de tension PWM, dudit deuxième signal de tension PWM et dudit troisième signal de tension PWM,
- 20 • mesure du premier courant délivré au premier connecteur de commande du moteur et du deuxième courant délivré au deuxième connecteur de commande du moteur,
- mesure du troisième courant délivré au troisième connecteur de commande ou estimation du troisième courant délivré au troisième connecteur de commande à partir du premier courant et du deuxième courant,
25
- transformation du premier courant mesuré, du deuxième courant mesuré et du troisième courant mesuré ou estimé en un courant direct et en un courant en quadrature,
- détermination d'une tension sinusoïdale directe résiduelle et d'une tension sinusoïdale en quadrature résiduelle à partir du courant sinusoïdal direct mesuré, du courant sinusoïdal direct estimé, du courant sinusoïdal en quadrature mesuré et du courant sinusoïdal en quadrature estimé,
30
- détection d'un défaut lorsque la différence entre la valeur de la tension sinusoïdale directe résiduelle et sa moyenne glissante est supérieure à un premier seuil et/ou lorsque la différence entre la valeur de la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle et sa moyenne glissante est supérieure à un deuxième seuil.
35

Ainsi, des variations trop importantes de la première valeur de tension résiduelle déterminée autour de sa valeur moyenne et/ou des variations trop importantes de la deuxième valeur de tension résiduelle déterminée autour de sa valeur moyenne indiquent un défaut de la commande en courant du couple du moteur par le module de

5 contrôle électronique.

Ce défaut peut aussi bien être un court-circuit ou un circuit ouvert qu'un gain ou un décalage d'une ou plusieurs des trois phases du moteur électrique triphasé.

La présente invention a pour avantages :

- 10 • de détecter des fautes latentes qui se traduisent par un onduleur déséquilibré ou un moteur déséquilibré en plus des défaillances franches (moteurs en court-circuit, bras d'un onduleur en court-circuit ...). De plus, cette invention est compatible avec la mesure de deux ou trois courants moteurs ;
- 15 • d'utiliser pour l'estimation des courants seulement les paramètres du moteur et de l'onduleur donnés par exemple à 20°C et à courant nul. Il n'y a pas besoin de rajouter un capteur de température pour compenser l'évolution des paramètres moteur au cours du temps avec la température ;
- 20 • de ne pas générer de courant pour détecter un défaut pour éviter l'échauffement du calculateur et éviter de générer un couple non souhaité (en cas d'une défaillance). Cette détection de panne se fait dans le mode normal de commande en cours de fonctionnement sans passer dans un mode dit de diagnostic ;
- 25 • de détecter un défaut moteur non tournant (phase moteur débranché, par exemple) ;
- 30 • de détecter des défauts dans toutes les conditions de fonctionnement du système (sur toute la gamme de température [- 40°C, 125°C], de tension d'alimentation du calculateur [10 V, 24V], de vitesse moteur électrique [- 4000 tr/m, 4000 tr/m] par exemple).

35 Le troisième courant délivré au troisième connecteur de commande du moteur peut être mesuré ou estimé. En effet, ce troisième courant peut être aisément calculé à partir du premier courant délivré au premier connecteur de commande du moteur et du deuxième courant délivré au deuxième connecteur de commande du moteur étant donné que la somme de ce premier courant, de ce deuxième courant et de ce troisième courant est nulle.

Selon un aspect de l'invention, le procédé comprenant en outre, le rotor étant caractérisé par sa position définie par un angle et sa vitesse de rotation dans un repère lié audit stator, une étape de mesure de l'angle de la position du rotor et de la vitesse de rotation du rotor.

5 De manière avantageuse, l'étape d'estimation comprend :

- une étape de filtrage dudit premier signal de tension PWM, dudit deuxième signal de tension PWM et dudit troisième signal de tension PWM de manière à obtenir respectivement une première tension sinusoïdale, une deuxième tension sinusoïdale et une troisième tension sinusoïdale exprimées dans un repère triphasé lié au stator du moteur, 10
- une étape de transformation, à partir de l'angle donnant la position du rotor, de la première tension sinusoïdale, de la deuxième tension sinusoïdale et de la troisième tension sinusoïdale, en une tension sinusoïdale directe et une tension sinusoïdale en quadrature exprimées dans un repère diphasé lié au rotor du 15 moteur,
- une étape de détermination d'un courant sinusoïdal direct estimé correspondant à la tension sinusoïdale directe et d'un courant sinusoïdal en quadrature estimé correspondant à la tension sinusoïdale en quadrature, à partir de la tension sinusoïdale directe, de la tension sinusoïdale en quadrature, de la vitesse de 20 rotation du rotor du moteur, de la tension sinusoïdale directe résiduelle et de la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle,

De manière avantageuse encore, l'étape de transformation de la première tension sinusoïdale, de la deuxième tension sinusoïdale et de la troisième tension sinusoïdale, en une tension sinusoïdale directe et une tension sinusoïdale en quadrature 25 exprimées dans un repère diphasé lié au rotor du moteur est réalisée par l'application d'une transformée de Clarke, d'une transformée de Park ou d'une transformée dqo (« direct quadrature zero » en anglais, ou zéro quadrature directe).

Selon une caractéristique de l'invention, l'étape de transformation du premier courant et du deuxième courant en un courant direct et en un courant en quadrature est 30 réalisée à partir de l'angle de position du rotor du moteur déterminé.

De préférence, l'étape de détermination d'une tension sinusoïdale directe résiduelle et d'une tension sinusoïdale en quadrature résiduelle comprend :

- une étape de calcul de la différence entre l'intensité du courant sinusoïdal direct et l'intensité du courant sinusoïdal direct estimé,
- une étape de calcul de la différence entre l'intensité du courant sinusoïdal en 35 quadrature et l'intensité du courant sinusoïdal en quadrature estimé.

De préférence encore, l'étape de détection d'un défaut comprend :

- une étape de calcul de la moyenne glissante de la tension sinusoïdale directe résiduelle et de la moyenne glissante de la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle à partir des valeurs tension sinusoïdale directe résiduelle et de tension sinusoïdale en quadrature résiduelle reçues continument et en utilisant notamment la vitesse de rotation du rotor du moteur électrique,
- une étape de calcul de la différence entre la valeur de la tension sinusoïdale directe résiduelle et sa moyenne glissante,
- une étape de calcul de la différence entre la valeur de la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle et sa moyenne glissante.

De manière avantageuse, le procédé comprend en outre une étape de correction de la réduction du gain des moyens de filtrage passe-bas à partir de la vitesse de rotation du rotor du moteur.

L'invention concerne aussi un dispositif de détection de défaut de commande du couple d'un moteur électrique triphasé d'un système de direction assistée de véhicule automobile, ledit moteur comprenant un premier connecteur de commande, un deuxième connecteur de commande, un troisième connecteur de commande, un stator et un rotor, ledit dispositif comprenant :

- des moyens de génération d'un premier signal de tension PWM de commande d'une première phase du moteur, d'un deuxième signal de tension PWM de commande d'une deuxième phase du moteur et d'un troisième signal de tension PWM de commande d'une troisième phase du moteur,
- des moyens d'estimation d'un courant sinusoïdal direct et d'un courant sinusoïdal en quadrature dans un repère diphasé lié au rotor du moteur à partir dudit premier signal de tension PWM, dudit deuxième signal de tension PWM et dudit troisième signal de tension PWM,
- une unité de mesure du premier courant délivré au premier connecteur de commande du moteur et du deuxième courant délivré au deuxième connecteur de commande du moteur et de détermination du troisième courant délivré au troisième connecteur de commande du moteur,
- une unité de transformation du premier courant, du deuxième courant et du troisième courant en un courant sinusoïdal direct et en un courant sinusoïdal en quadrature,
- une unité de détermination d'une tension sinusoïdale directe résiduelle et d'une tension sinusoïdale en quadrature résiduelle à partir du courant sinusoïdal direct

mesuré, du courant sinusoïdal direct estimé, du courant sinusoïdal en quadrature mesuré et du courant sinusoïdal en quadrature estimé,

- une unité de détection d'un défaut lorsque la différence entre la valeur de la tension sinusoïdale directe résiduelle et sa moyenne glissante est supérieure à un premier seuil et/ou lorsque la différence entre la valeur de la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle et sa moyenne glissante est supérieure à un deuxième seuil.

L'unité de mesure peut être configurée pour mesurer le troisième courant délivré au troisième connecteur de commande du moteur ou bien pour déterminer ledit troisième courant à partir des valeurs mesurées du premier courant délivré au premier connecteur de commande du moteur et du deuxième courant délivré au deuxième connecteur de commande du moteur, la somme de ces trois courants étant nulle.

L'invention concerne enfin un véhicule automobile comprenant un moteur électrique triphasé et un dispositif tel que présenté précédemment, ledit moteur électrique triphasé comprenant un premier connecteur de commande, un deuxième connecteur de commande, un troisième connecteur de commande, un stator et un rotor.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront lors de la description qui suit, faite en regard des figures annexées données à titre d'exemples non limitatifs et dans lesquelles des références identiques sont données à des objets semblables.

- **La figure 1** illustre schématiquement une forme de réalisation du système selon l'invention.
- **La figure 2** illustre schématiquement un mode de réalisation du procédé selon l'invention.

L'invention va maintenant être décrite en référence aux figures 1 et 2.

En référence tout d'abord à la figure 1, le dispositif 1 permet la détection d'un défaut de commande du couple d'un moteur électrique 10 triphasé et est, à cette fin, destiné à être monté dans un véhicule automobile (non représenté) comprenant un tel moteur électrique 10 triphasé.

Un tel moteur électrique 10 triphasé comprend de manière connue un stator 10A, un rotor 10B, un premier connecteur de commande 11, un deuxième connecteur de commande 12 et un troisième connecteur de commande 13.

La position du rotor 10B est définie par un angle noté θ_{mot} dans un repère fixe lié au stator 10A et la vitesse de rotation du rotor 10B par rapport au stator 10A est notée ω_{mot} .

Dans une forme de réalisation préférée du dispositif 1 selon l'invention, le moteur électrique 10 triphasé est un moteur électrique triphasé sans balai (ou « brushless ») synchrone.

5 Toujours en référence à la figure 1, ce moteur 10 est commandé par un premier signal de tension PWM U'1 de commande d'une première phase du moteur 10, un deuxième signal de tension PWM U'2 de commande d'une deuxième phase du moteur 10 et un troisième signal de tension PWM U'3 de commande d'une troisième phase du moteur 10 générés par des moyens de génération du dispositif 1 comprenant un microcontrôleur 110 et un onduleur 120.

10 Le microcontrôleur 110 est configuré pour commander la génération, via l'onduleur 120, d'une première tension PWM (« Pulse-Width Modulation » en langue anglaise, ou signal en modulation de largeur d'impulsion, connu de l'homme du métier) U'1, d'une deuxième tension PWM U'2 et d'une troisième tension PWM U'3 à rapport cyclique variable (tensions non représentées à la figure 1).

15 L'onduleur 120 est un convertisseur de tension continue en tension alternatives de type DC/AC. Cet onduleur 120 permet de transformer la tension continue de la batterie d'alimentation en énergie électrique du véhicule, par exemple la batterie alimentant un calculateur de type ECU (« Electronic Control Unit » en langue anglaise de manière connue de l'homme du métier), en trois tensions alternatives triphasées, respectivement la première tension PWM U'1, la deuxième tension PWM U'2 et la
20 troisième tension PWM U'3. A cette fin, l'onduleur peut comprendre un amplificateur de tension électronique de pilotage d'un pont de puissance triphasé.

Le premier signal de tension PWM U'1 génère un premier courant I'1 délivré au premier connecteur de commande 11, le deuxième signal de tension PWM U'2 génère
25 un deuxième courant I'2 délivré au deuxième connecteur de commande 12 et le troisième signal de tension PWM U'3 génère un troisième courant I'3 délivré au troisième connecteur de commande 13 afin de commander le moteur électrique 10 en triphasé de manière connue.

Outre ce microcontrôleur 110 et cet onduleur 120, le dispositif 1 comprend
30 une unité de mesure de vitesse et de position 130, une unité de mesure des courants moteurs 140 et une unité de transformation des courants triphasés en courants diphasés 142.

L'unité de mesure de vitesse et de position 130 est configurée pour mesurer l'angle θ_{mot} de la position du rotor 10B et la vitesse de rotation ω_{mot} du rotor 10B dans un
35 repère fixe lié au stator 10A.

L'unité de mesure des courants moteurs 140 est configurée pour mesurer un premier courant I'1 fourni au premier connecteur de commande 11, le deuxième courant

l'2 fourni au deuxième connecteur de commande 12 et le troisième courant l'3 fourni au troisième connecteur de commande 13. On notera que seules deux intensités de ces trois courants peuvent être mesurées et que l'intensité du troisième peut être déduite de ces deux mesures par l'unité de mesure 140 par calcul, la somme de ces trois intensités étant nulle.

L'unité 142 de transformation de courants triphasés en courants diphasés est configurée pour transformer, à partir de l'angle θ_{mot} de position du rotor 10B du moteur 10, le premier courant l'1, le deuxième courant l'2 et le troisième courant l'3 mesurés dans un repère triphasé fixe lié au stator 10A en un courant direct I_d et un courant en quadrature I_q exprimés dans un repère diphasé lié au rotor 10B du moteur 10.

Le dispositif 1 comprend en outre des moyens d'estimation d'un courant sinusoïdal direct I_{d_est} et d'un courant sinusoïdal en quadrature I_{q_est} dans un repère diphasé lié au rotor 10B du moteur 10 à partir dudit premier signal de tension PWM U'1, dudit deuxième signal de tension PWM U'2 et dudit troisième signal de tension PWM U'3.

Ces moyens d'estimation comprennent des moyens 150 de filtrage passe-bas, des moyens de correction 152, des moyens 154 de transformation et une unité 156 d'estimation de courants.

Les moyens de filtrage passe-bas 150, par exemple du deuxième ordre, permettent de transformer le premier signal de tension PWM U'1, le deuxième signal de tension PWM U'2 et le troisième signal de tension PWM U'3 en, respectivement, une première tension sinusoïdale U1, une deuxième tension sinusoïdale U2 et une troisième tension sinusoïdale U3 définies dans un repère triphasé fixe lié au stator 10A du moteur 10.

Les moyens de correction 152 permettent de corriger la réduction du gain des moyens de filtrage passe-bas 150 à partir de la vitesse de rotation ω_{mot} du rotor 10B du moteur 10. La réduction du gain des filtres passe-bas s'exprime sous la forme : $R_{filtre} = f(\omega_{mot})$ avec $f(\omega_{mot})$ un polynôme du second ordre pour un filtre passe-bas de second ordre ($a \cdot \omega_{mot}^2 + b \cdot \omega_{mot} + c$)

Le facteur de correction $G_{corrFiltre}$ de la réduction de gain s'exprime donc :

$$G_{corrFiltre} = (-R_{filtre} + 1).$$

Ce facteur de correction s'applique à toutes les tensions afin de les corriger :

$$U_{corr1} = U1 \times G_{corrFiltre}, U_{corr2} = U2 \times G_{corrFiltre} \text{ et } U_{corr3} = U3 \times G_{corrFiltre}.$$

Les moyens de transformation 154 de la première tension sinusoïdale U1, de la deuxième tension sinusoïdale U2 et de la troisième tension sinusoïdale U3, exprimées dans un repère fixe triphasé lié au stator 10A du moteur 10, en une tension sinusoïdale directe U_d et une tension sinusoïdale en quadrature U_q , exprimées dans un repère mobile

diphasé lié au rotor 10B du moteur 10 à partir de l'angle θ_{mot} donnant la position du rotor 10B.

De préférence, cette transformation est réalisée par application des transformées de Clarke et/ou de Park et/ou dqo connues de l'homme du métier.

5 Les transformées de Clarke et de Park sont des outils mathématiques utilisés notamment pour la commande vectorielle afin de modéliser un système triphasé grâce à un modèle diphasé. Il s'agit d'un changement de repère.

Les transformées de Clarke et de Park modélisent chacune une machine tournante à trois enroulements alimentés par des courants triphasés par deux
10 enroulements perpendiculaires fixes, alimentés par des courants sinusoïdaux.

Pour une machine synchrone, comme c'est le cas en l'espèce, le repère de Clarke ou de Park est fixé au stator 10A. En outre, dans le repère de Park, les courants d'une machine synchrone ont la propriété remarquable d'être continus.

Une unité d'estimation de courants 156 configurée pour déterminer un courant
15 sinusoïdal direct estimé I_{d_est} correspondant à la tension sinusoïdale directe U_d et un courant sinusoïdal en quadrature estimé I_{q_est} correspondant à la tension sinusoïdale en quadrature U_q , à partir de la tension sinusoïdale directe U_d , de la tension sinusoïdale en quadrature U_q , de la vitesse de rotation ω_{mot} du rotor 10B du moteur 10, d'une tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} et d'une tension sinusoïdale en quadrature
20 résiduelle U_{q_res} sont décrites ci-après.

Le dispositif comprend en outre un premier différentiateur 158 configuré pour calculer la différence E_{psId} entre l'intensité du courant sinusoïdal direct I_d et l'intensité du courant sinusoïdal direct estimé I_{d_est} , d'une part, et un deuxième différentiateur 159 configuré pour calculer la différence E_{psIq} entre l'intensité du courant sinusoïdal en
25 quadrature I_q et l'intensité du courant sinusoïdal en quadrature estimé I_{q_est} , d'autre part.

Le dispositif 1 comprend ensuite une unité de détermination 160 d'une tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} , associée à la tension sinusoïdale directe U_d , et d'une tension sinusoïdale en quadrature résiduelle U_{q_res} , associée à la tension sinusoïdale en quadrature U_q , à partir de la différence E_{psId} entre l'intensité du courant sinusoïdal direct I_d et l'intensité du courant sinusoïdal direct estimé I_{d_est} et de la
30 différence E_{psIq} entre l'intensité du courant sinusoïdal en quadrature I_q et l'intensité du courant sinusoïdal en quadrature estimé I_{q_est} calculées respectivement par le premier différentiateur 158 et le deuxième différentiateur 159.

La tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} et la tension sinusoïdale en
35 quadrature résiduelle U_{q_res} permettent de compenser le courant sinusoïdal direct estimé I_{d_est} et le courant sinusoïdal en quadrature estimé I_{q_est} pour les rendre égaux dans le temps, respectivement au courant sinusoïdal direct I_d et au courant sinusoïdal en

quadrature I_q , par itérations successives à travers une boucle entre l'unité d'estimation de courants 156 et l'unité de détermination 160 comme illustré sur la figure 1.

En effet, sans cela, le modèle électrique du moteur ne tient pas compte des variations des paramètres moteurs en fonction de la température et du courant circulant dans le stator. Il faut donc compenser l'écart entre le courant sinusoïdal direct estimé I_{d_est} et le courant sinusoïdal direct I_d , d'une part, et entre le courant sinusoïdal en quadrature estimé I_{q_est} et le courant sinusoïdal en quadrature I_q , d'autre part, en utilisant la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} et la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle U_{q_res} comme cela sera décrit ci-après.

10 A cette fin, l'unité de détermination 160 comprend un ou plusieurs régulateurs proportionnels intégrateurs pour déterminer la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} et la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle U_{q_res} . Dans le but de réduire l'écart entre le courant direct estimé I_{d_est} et le courant direct I_d , lors de variation de température et/ou de courant, on utilise une boucle d'asservissement fermé comportant
15 un régulateur proportionnel intégrateur pour déterminer la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} .

Le régulateur proportionnel intégrateur avec une composante proportionnelle déterminée par le produit entre le facteur proportionnel K_{pU_d} et la différence entre I_d et I_{d_est} , parallèle à une composante intégrale déterminée par le produit entre le facteur
20 K_{iU_d} et la différence entre I_d et I_{d_est} permet d'asservir le courant sinusoïdal direct estimé I_{d_est} sur le courant sinusoïdal direct I_d en ajoutant la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_Res} à la tension sinusoïdale directe U_d .

Dans le but de réduire l'écart entre le courant en quadrature estimé I_{q_est} et le courant en quadrature I_q , lors de variation de température et/ou de courant, on utilise
25 une boucle d'asservissement fermé comportant un régulateur proportionnel intégrateur pour déterminer la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle U_{q_res} .

Le régulateur proportionnel intégrateur avec une composante proportionnelle déterminée par le produit entre le facteur proportionnel K_{pU_q} et la différence entre I_q et I_{q_est} , parallèle à une composante intégrale déterminée par le produit entre le facteur
30 K_{iU_q} et la différence entre I_q et I_{q_est} permet d'asservir le courant sinusoïdal en quadrature estimé I_{q_est} sur le courant sinusoïdal en quadrature I_q en ajoutant la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle U_{q_Res} à la tension sinusoïdale en quadrature U_q .

Le dispositif 1 comprend ensuite une unité 170 de calcul de moyennes glissantes configurée pour calculer la moyenne glissante de la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} et la moyenne glissante de la tension sinusoïdale en quadrature
35 résiduelle U_{q_res} en utilisant notamment la vitesse ω_{mot} de rotation du rotor du moteur électrique 10.

Le dispositif 1 comprend en outre un troisième différentiateur 180 configuré pour calculer la différence $EpsUd_res$ entre la valeur de la tension sinusoïdale directe résiduelle Ud_res et sa moyenne glissante Ud_res_mean et un quatrième différentiateur 182 configuré pour calculer la différence $EpsUq_res$ entre la valeur de la tension sinusoïdale directe en quadrature Uq_res et sa moyenne glissante Uq_res_mean .

Le dispositif 1 comprend enfin une unité 190 de détection d'un défaut à partir de la différence $EpsUd_res$ calculée par le troisième différentiateur et de la différence $EpsUq_res$ calculée par le quatrième différentiateur 182.

L'invention va maintenant être décrite dans sa mise en œuvre en référence à la figure 2.

Le procédé selon l'invention permet de détecter un défaut de commande du couple du moteur électrique 10 triphasé tel qu'un court-circuit, un circuit ouvert, un gain en amplitude de tension ou un décalage de phase entre au moins deux des signaux de tension PWM reçus en entrée du moteur 10.

La commande du couple du moteur électrique 10 triphasée est réalisée de manière connue en utilisant un premier signal de tension PWM $U'1$ de commande d'une première phase du moteur 10, un deuxième signal de tension PWM $U'2$ de commande d'une deuxième phase du moteur 10 et un troisième signal de tension PWM $U'3$ de commande d'une troisième phase du moteur 10.

A cette fin, dans une étape E1 tout d'abord, le microcontrôleur 110 commande, sur trois liens électriques le reliant à l'onduleur 120, l'onduleur 120 afin que celui-ci convertisse, dans une étape E2, la tension continue d'alimentation, par exemple fournie par une batterie du véhicule, respectivement en un premier signal de tension PWM $U'1$ générant un premier courant $I'1$ délivré au premier connecteur de commande 11, en un deuxième signal de tension PWM $U'2$ générant un deuxième courant $I'2$ délivré au deuxième connecteur de commande 12 et en un troisième signal de tension PWM $U'3$ générant un troisième courant $I'3$ délivré au troisième connecteur de commande 13.

Dans une étape E3A, l'unité de mesure de vitesse et de position 130 mesure, l'angle θ_{mot} de la position du rotor 10B et la vitesse de rotation ω_{mot} du rotor 10B.

En parallèle de l'étape E3A, le premier signal de tension PWM $U'1$, le deuxième signal de tension PWM $U'2$ et le troisième signal de tension PWM $U'3$ sont ensuite filtrées, dans une étape E3B1, par les moyens 150 de filtrage passe-bas de manière à obtenir respectivement une première tension sinusoïdale $U1$, une deuxième tension sinusoïdale $U2$ et une troisième tension sinusoïdale $U3$.

Les moyens de correction 152 corrigent ensuite, dans une étape E3B2, la réduction du gain des moyens de filtrage passe-bas 150 à partir de la vitesse de rotation ω_{mot} du rotor 10B du moteur 10 comme expliqué ci-avant.

Les moyens de transformation 154 transforment ensuite, dans une
5 étape E3B3, la première tension sinusoïdale U1, la deuxième tension sinusoïdale U2 et la troisième tension sinusoïdale U3, en une tension sinusoïdale directe Ud et une tension sinusoïdale en quadrature Uq à partir de l'angle θ_{mot} donnant la position du rotor 10B par application des transformées de Clarke ou de Park ou dqo.

L'unité d'estimation de courants 156 détermine alors, dans une étape E3B4,
10 un courant sinusoïdal direct estimé Id_est correspondant à la tension sinusoïdale directe Ud et un courant sinusoïdal en quadrature estimé Iq_est correspondant à la tension sinusoïdale en quadrature Uq, à partir de la tension sinusoïdale directe Ud, de la tension sinusoïdale en quadrature Uq, de la vitesse de rotation ω_{mot} du rotor 10B du moteur 10 en résolvant les équations suivantes :

$$15 \quad \begin{aligned} Ud &= R20 * IdEst - Lq20 * \omega_{mot} * IqEst + Ld20 * \frac{d(IdEst)}{dt} \\ Uq &= R20 * IqEst + Ld20 * \omega_{mot} * IdEst + Lq20 * \frac{d(IqEst)}{dt} + Psi20 * \omega_{mot} * IdEst \end{aligned}$$

Où :

- R20 représente la résistance totale à 20°C d'une phase composé d'un demi-bras de l'onduleur 120 d'une part et de la résistance d'une phase moteur du stator 10A
20 du moteur 10 d'autre part.
- Lq20 représente l'inductance en quadrature du stator 10A du moteur 10 déterminée à 20 °C et à courant nul.
- Ld20 représente l'inductance directe du stator 10A du moteur 10 déterminée à 20 °C et à courant nul.
- 25 • Psi20 représente le flux généré par l'aimant du rotor 10B du moteur 10.

Toujours parallèlement à l'étape E3A, l'unité de mesure des courants moteurs 140 mesure, dans une étape E3C1, le premier courant I'1 délivré au premier connecteur de commande 11 du moteur 10 et le deuxième courant I'2 délivré au deuxième connecteur de commande 12 du moteur 10 et calcule, dans une étape E3C2, le
30 troisième courant I'3 délivré au troisième connecteur de commande 13 du moteur 10 à partir du premier courant I'1 et du deuxième courant I'2, la somme de ces trois courants étant nulle ($I'1+I'2+I'3=0$).

L'unité de transformation de courants triphasés en courants diphasés 142 transforme ensuite, dans une étape E3C3, à partir de l'angle θ_{mot} de position du rotor 10B
35 du moteur 10 déterminé par l'unité de mesure de vitesse et de position 130, le premier courant I'1, le deuxième courant I'2 et le troisième courant I'3 en un courant direct Id et un

courant en quadrature I_q par application de la transformée de Clarke, de la transformée de Park ou d'une transformée dqo.

Ensuite, dans une étape E4A, le premier différentiateur 158 calcule la différence $EpsId$ entre l'intensité du courant sinusoïdal direct I_d et l'intensité du courant sinusoïdal direct estimé I_{d_est} .

Simultanément, le deuxième différentiateur 159 calcule, dans une étape E4B, la différence $EpsIq$ entre l'intensité du courant sinusoïdal en quadrature I_q et l'intensité du courant sinusoïdal en quadrature estimé I_{q_est} .

L'unité de détermination 160 détermine alors, dans une étape E5, la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} , associée à la tension sinusoïdale directe U_d , et la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle U_{q_res} , associée à la tension sinusoïdale en quadrature U_q , à partir de la différence $EpsId$ entre l'intensité du courant sinusoïdal direct I_d et l'intensité du courant sinusoïdal direct estimé I_{d_est} et de la différence $EpsIq$ entre l'intensité du courant sinusoïdal en quadrature I_q et l'intensité du courant sinusoïdal en quadrature estimé I_{q_est} calculées respectivement par le premier différentiateur 158 et le deuxième différentiateur 159, selon les équations suivantes :

$$(U_d + U_{dRes}) = R_{20} * I_{dEst} - L_{q20} * \omega_{mot} * I_{qEst} + L_{d20} * \frac{dI_{dEst}}{dt}$$

$$(U_q + U_{qRes}) = R_{20} * I_{qEst} + L_{d20} * \omega_{mot} * I_{dEst} + L_{q20} * \frac{dI_{qEst}}{dt} + \Psi_{20} * \omega_{mot} * I_{qEst}$$

Avec :

$$U_{dRes} = K_p U_d * (I_d - I_{dEst}) + \frac{K_i U_d * (I_d - I_{dEst})}{p}$$

$$U_{qRes} = K_p U_q * (I_q - I_{qEst}) + \frac{K_i U_q * (I_q - I_{qEst})}{p}$$

- $K_p U_d$ représente la composante proportionnelle de la boucle d'asservissement en boucle fermée comportant un régulateur proportionnel-intégrateur pour déterminer la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} .
- $K_i U_d$ représente la composante intégrale de la boucle d'asservissement en boucle fermée comportant un régulateur proportionnel-intégrateur pour déterminer la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} .
- $K_p U_q$ représente la composante proportionnelle de la boucle d'asservissement en boucle fermée comportant un régulateur proportionnel-intégrateur pour déterminer la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle U_{q_res} .
- $K_i U_q$ représente la composante intégrale de la boucle d'asservissement en boucle fermée comportant un régulateur proportionnel-intégrateur pour déterminer la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle U_{q_res} .

L'unité de calcul de moyennes glissantes 170 calcule ensuite, dans une étape E6, la moyenne glissante de la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} et la moyenne glissante de la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle U_{q_res} à partir des

valeurs tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} et de tension sinusoïdale en quadrature résiduelle U_{q_res} reçues continument et en utilisant notamment la vitesse ω_{mot} de rotation du rotor du moteur électrique 10.

Le troisième différentiateur 180 calcule ensuite alors, dans une étape E7A, la
5 différence $EpsU_{d_res}$ entre la valeur de la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} et sa moyenne glissante $U_{d_res_mean}$.

Parallèlement, le quatrième différentiateur 182 calcule, dans une étape E7B, la différence $EpsU_{q_res}$ entre la valeur de la tension sinusoïdale directe en quadrature U_{q_res} et sa moyenne glissante $U_{q_res_mean}$.

10 L'unité de détection 190 détecte un défaut, dans une étape E8, lorsque la différence $EpsU_{d_res}$ entre la valeur de la tension sinusoïdale directe résiduelle U_{d_res} et sa moyenne glissante $U_{d_res_mean}$ est supérieure à un premier seuil et/ou lorsque la différence $EpsU_{q_res}$ entre la valeur de la tension sinusoïdale directe en quadrature U_{q_res} et sa moyenne glissante $U_{q_res_mean}$ est supérieure à un deuxième seuil.

15 Ainsi, des variations trop importantes de la première valeur de tension résiduelle U_{d_res} déterminée autour de sa valeur moyenne $U_{d_res_mean}$ et/ou des variations trop importantes de la deuxième valeur de tension résiduelle U_{q_res} déterminée autour de sa valeur moyenne $U_{q_res_mean}$ indiquent un défaut de la commande en courant du couple du moteur par le module de contrôle électronique.

20 Ce défaut peut aussi bien être un court-circuit ou un circuit ouvert qu'un gain ou un décalage d'une ou plusieurs des trois phases du moteur électrique triphasé.

Il est à noter enfin que la présente invention n'est pas limitée aux exemples décrits ci-dessus et est susceptible de nombreuses variantes accessibles à l'homme de l'art.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détection de défaut de commande du couple d'un moteur électrique (10) triphasé d'un système de direction assistée de véhicule automobile, ledit moteur (10) comprenant un premier connecteur de commande (11), un deuxième connecteur de commande (12), un troisième connecteur de commande (13), un stator (10A) et un rotor (10B), ledit procédé comprenant les étapes de :
 - génération (E1; E2) d'un premier signal de tension PWM (U'1) de commande d'une première phase du moteur (10), d'un deuxième signal de tension PWM (U'2) de commande d'une deuxième phase du moteur (10) et d'un troisième signal de tension PWM (U'3) de commande d'une troisième phase du moteur (10),
 - 10 • estimation (E3B1; E3B2; E3B3; E3B4) d'un courant sinusoïdal direct (I_{d_est}) et d'un courant sinusoïdal en quadrature (I_{q_est}) dans un repère diphasé lié au rotor (10B) du moteur (10) à partir dudit premier signal de tension PWM (U'1), dudit deuxième signal de tension PWM (U'2) et dudit troisième signal de tension PWM (U'3),
 - 15 • mesure (E3C1) du premier courant ($I'1$) délivré au premier connecteur de commande (11) du moteur (10) et du deuxième courant ($I'2$) délivré au deuxième connecteur de commande (12) du moteur (10)
 - mesure (E3C2) du troisième courant ($I'3$) délivré au troisième connecteur de commande (13) ou estimation (E3C2) du troisième courant ($I'3$) délivré au
 - 20 troisième connecteur de commande (13) à partir du premier courant ($I'1$) et du deuxième courant ($I'2$),
 - transformation (E3C3) du premier courant ($I'1$) mesuré, du deuxième courant ($I'2$) mesuré et du troisième courant ($I'3$) mesuré ou estimé en un courant direct (I_d) et en un courant en quadrature (I_q),
 - 25 • détermination (E4A; E4B; E5) d'une tension sinusoïdale directe résiduelle (U_{d_res}) et d'une tension sinusoïdale en quadrature résiduelle (U_{q_res}) à partir du courant sinusoïdal direct (I_d) mesuré, du courant sinusoïdal direct (I_{d_est}) estimé, du courant sinusoïdal en quadrature (I_q) mesuré et du courant sinusoïdal en quadrature (I_{q_est}) estimé,
 - 30 • détection (E6; E7A; E7B; E8) d'un défaut lorsqu'une différence ($EpsU_{d_res}$) entre la valeur de la tension sinusoïdale résiduelle (U_{d_res}) et une moyenne glissante de la tension sinusoïdale résiduelle ($U_{d_res_mean}$) est supérieure à un premier seuil et/ou lorsqu'une différence ($EpsU_{q_res}$) entre la valeur de la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle (U_{q_res}) et une moyenne glissante de la

tension sinusoïdale en quadrature résiduelle ($U_{q_res_mean}$) est supérieure à un deuxième seuil.

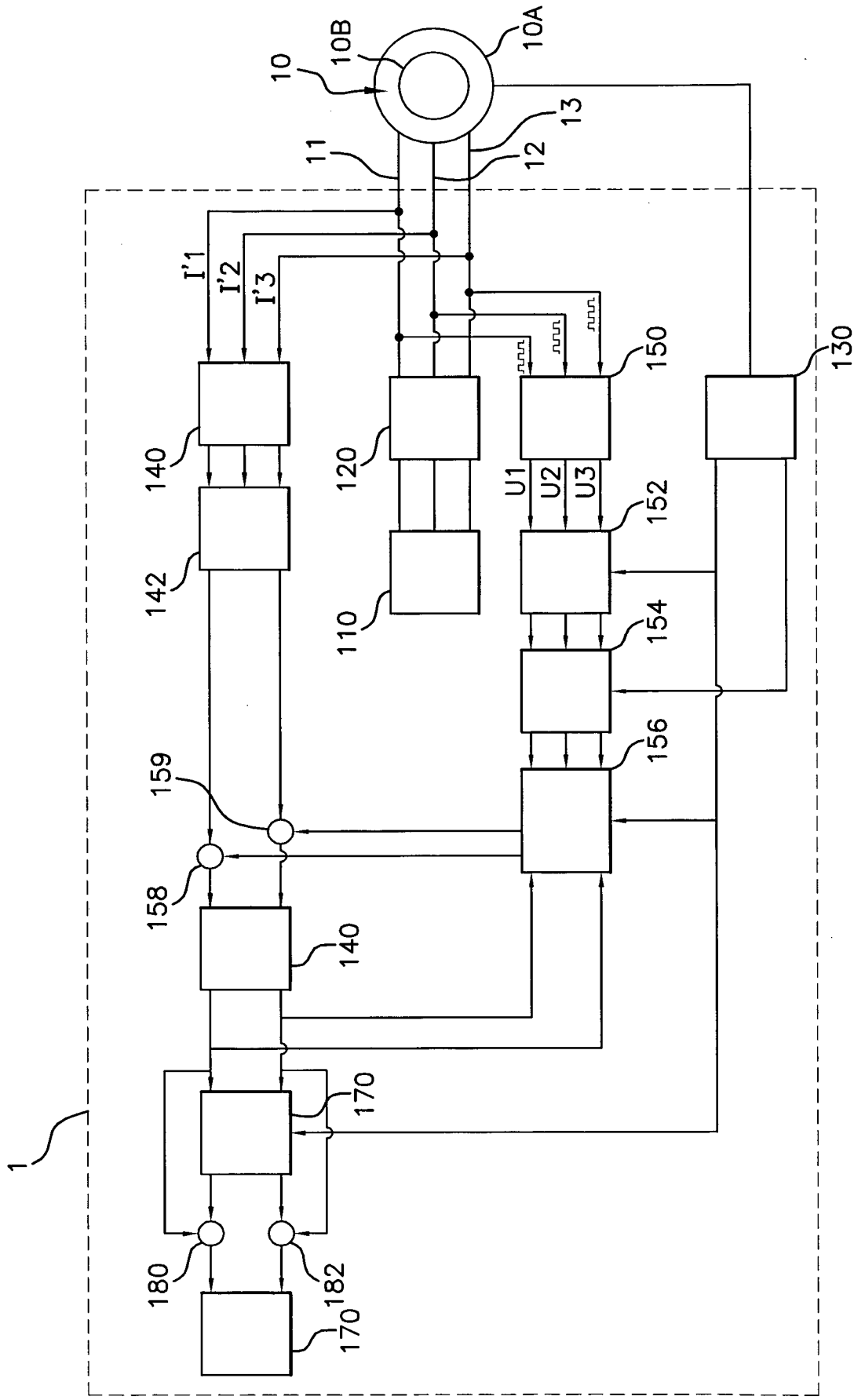
2. Procédé selon la revendication 1, ledit procédé comprenant en outre, le rotor (10B) étant caractérisé par sa position définie par un angle (θ_{mot}) et une vitesse de rotation (ω_{mot}) dans un repère lié audit stator (10A), une étape (E3A) de mesure de l'angle (θ_{mot}) de la position du rotor (10B) et de la vitesse de rotation (ω_{mot}) du rotor (10B).
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel l'étape d'estimation comprend :
 - une étape (E3B1) de filtrage dudit premier signal de tension PWM ($U'1$), dudit deuxième signal de tension PWM ($U'2$) et dudit troisième signal de tension PWM ($U'3$) de manière à obtenir respectivement une première tension sinusoïdale ($U1$), une deuxième tension sinusoïdale ($U2$) et une troisième tension sinusoïdale ($U3$) exprimées dans un repère triphasé lié au stator (10A) du moteur (10),
 - une étape (E3B3) de transformation, à partir de l'angle (θ_{mot}) donnant la position du rotor (10B), de la première tension sinusoïdale ($U1$), de la deuxième tension sinusoïdale ($U2$) et de la troisième tension sinusoïdale ($U3$), en une tension sinusoïdale directe (U_d) et une tension sinusoïdale en quadrature (U_q) exprimées dans un repère diphasé lié au rotor (10B) du moteur (10),
 - une étape (E3B4) de détermination d'un courant sinusoïdal direct estimé (I_{d_est}) correspondant à la tension sinusoïdale directe (U_d) et d'un courant sinusoïdal en quadrature estimé (I_{q_est}) correspondant à la tension sinusoïdale en quadrature (U_q), à partir de la tension sinusoïdale directe (U_d), de la tension sinusoïdale en quadrature (U_q), de la vitesse de rotation (ω_{mot}) du rotor (10B) du moteur (10), de la tension sinusoïdale directe résiduelle (U_{d_res}) et de la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle (U_{q_res}).
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel l'étape (E3B3) de transformation de la deuxième tension sinusoïdale ($U2$) et de la troisième tension sinusoïdale ($U3$), en une tension sinusoïdale directe (U_d) et une tension sinusoïdale en quadrature (U_q) exprimées dans un repère diphasé lié au rotor (10B) du moteur (10) est réalisée par l'application d'une transformée de Clarke, d'une transformée de Park ou d'une transformée dqo.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'étape de transformation (E3C3) du premier courant ($I'1$) et du deuxième courant ($I'2$) en un courant direct (I_d) et en un courant en quadrature (I_q) est réalisée à partir de l'angle (θ_{mot}) de position du rotor (10B) du moteur (10) déterminé.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'étape de détermination d'une tension sinusoïdale directe résiduelle (U_{d_res}) et d'une tension sinusoïdale en quadrature résiduelle (U_{q_res}) comprend :
- une étape (E4A) de calcul d'une différence (E_{psId}) entre l'intensité du courant sinusoïdal direct (I_d) et l'intensité du courant sinusoïdal direct estimé (I_{d_est}),
 - une étape (E4B) de calcul d'une différence (E_{psIq}) entre l'intensité du courant sinusoïdal en quadrature (I_q) et l'intensité du courant sinusoïdal en quadrature estimé (I_{q_est}).
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'étape de détection d'un défaut comprend :
- une étape (E6) de calcul d'une moyenne glissante de la tension sinusoïdale directe résiduelle (U_{d_res}) et d'une moyenne glissante de la tension sinusoïdale en quadrature résiduelle (U_{q_res}) à partir des valeurs tension sinusoïdale directe résiduelle (U_{d_res}) et de tension sinusoïdale en quadrature résiduelle (U_{q_res}) reçues continuellement et en utilisant notamment la vitesse (ω_{mot}) de rotation du rotor (10B) du moteur électrique (10),
 - une étape (E7A) de calcul d'une différence ($E_{psU_{d_res}}$) entre la valeur de la tension sinusoïdale directe résiduelle (U_{d_res}) et la moyenne glissante de la tension sinusoïdale directe résiduelle ($U_{d_res_mean}$),
 - une étape (E7B) de calcul d'une différence ($E_{psU_{q_res}}$) entre la valeur de la tension sinusoïdale directe en quadrature (U_{q_res}) et la moyenne glissante de la tension sinusoïdale directe en quadrature ($U_{q_res_mean}$).
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, ledit procédé comprenant en outre une étape (E3B2) de correction de la réduction du gain des moyens de filtrage passe-bas (150) à partir de la vitesse de rotation (ω_{mot}) du rotor (10B) du moteur (10).
9. Dispositif de détection de défaut de commande du couple d'un moteur électrique (10) triphasé d'un système de direction assistée de véhicule automobile, ledit moteur (10) comprenant un premier connecteur de commande (11), un deuxième connecteur de commande (12), un troisième connecteur de commande (13), un stator (10A) et un rotor (10B), ledit dispositif comprenant :
- des moyens (110, 120) de génération (E1 ; E2) d'un premier signal de tension PWM ($U'1$) de commande d'une première phase du moteur (10), d'un deuxième signal de tension PWM ($U'2$) de commande d'une deuxième phase du moteur (10) et d'un troisième signal de tension PWM ($U'3$) de commande d'une troisième phase du moteur (10),

- des moyens d'estimation (150, 152, 154, 156) d'un courant sinusoïdal direct (I_{d_est}) et d'un courant sinusoïdal en quadrature (I_{q_est}) dans un repère diphasé lié au rotor (10B) du moteur (10) à partir dudit premier signal de tension PWM ($U'1$), dudit deuxième signal de tension PWM ($U'2$) et dudit troisième signal de tension PWM ($U'3$),
 - une unité (140) mesure du premier courant ($I'1$) délivré au premier connecteur de commande (11) du moteur (10) et du deuxième courant ($I'2$) délivré au deuxième connecteur de commande (12) du moteur (10) et de détermination du troisième courant ($I'3$) délivré au troisième connecteur de commande (13) du moteur (10),
 - une unité (142) de transformation du premier courant ($I'1$) et du deuxième courant ($I'2$) en un courant direct (I_d) et en un courant en quadrature (I_q),
 - une unité de détermination (160) d'une tension sinusoïdale directe résiduelle (U_{d_res}) et d'une tension sinusoïdale en quadrature résiduelle (U_{q_res}) à partir du courant sinusoïdal direct (I_d) mesuré, du courant sinusoïdal direct (I_{d_est}) estimé, du courant sinusoïdal en quadrature (I_q) mesuré et du courant sinusoïdal en quadrature (I_{q_est}) estimé,
 - une unité de détection (190) d'un défaut lorsqu'une différence ($EpsU_{d_res}$) entre la valeur de la tension sinusoïdale directe résiduelle (U_{d_res}) et la moyenne glissante de la tension sinusoïdale directe résiduelle ($U_{d_res_mean}$) est supérieure à un premier seuil et/ou lorsqu'une différence ($EpsU_{q_res}$) entre la valeur de la tension sinusoïdale en quadrature (U_{q_res}) et la moyenne glissante de la tension sinusoïdale en quadrature ($U_{q_res_mean}$) est supérieure à un deuxième seuil.
10. Véhicule automobile comprenant un moteur électrique (10) triphasé et un dispositif selon la revendication 9, ledit moteur électrique (10) triphasé comprenant un premier connecteur de commande (11), un deuxième connecteur de commande (12), un troisième connecteur de commande (13), un stator (10A) et un rotor (10B).

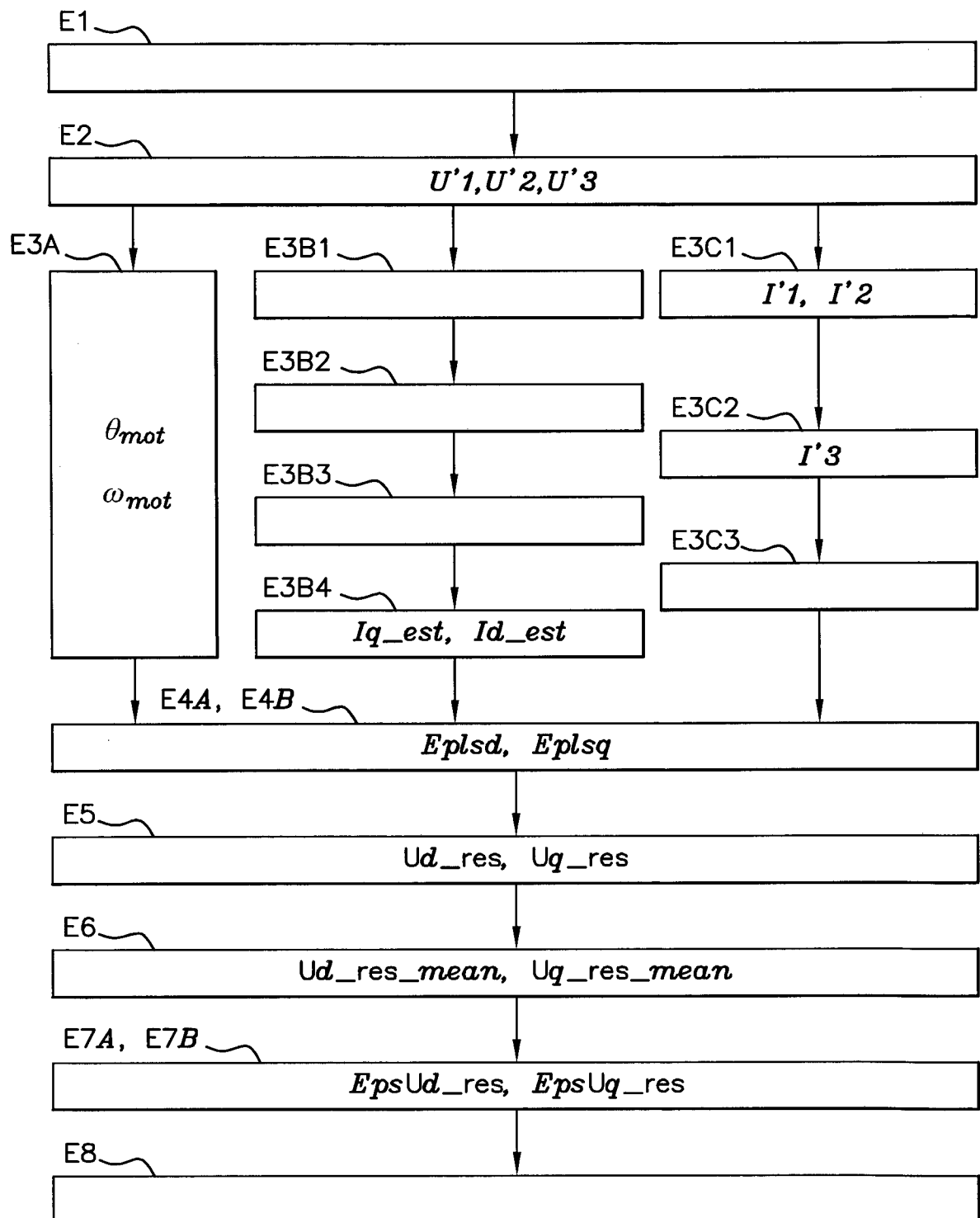
1/2

Fig 1



2/2

Fig 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/001222

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B62D5/04
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B62D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 874 572 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 3 March 2006 (2006-03-03) page 14, line 7 - page 19, line 27; figures 1-9	1-10
A	----- WO 2007/072033 A2 (TRW LTD [GB]; WILLIAMS CONNELL BRETT [GB]; DIXON CHRISTOPHER DAVID [GB]) 28 June 2007 (2007-06-28) page 2, line 27 - page 19, line 10; figures 1-12 -----	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 September 2016

Date of mailing of the international search report

21/09/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kamara, Amadou

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/001222

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
FR 2874572	A1	03-03-2006	CN	1741368 A		01-03-2006
			DE	102005005020 A1		09-03-2006
			FR	2874572 A1		03-03-2006
			JP	4319112 B2		26-08-2009
			JP	2006067731 A		09-03-2006
			KR	20060019484 A		03-03-2006
			US	2006043917 A1		02-03-2006

WO 2007072033	A2	28-06-2007	CN	101385234 A		11-03-2009
			EP	1972053 A2		24-09-2008
			KR	20080102127 A		24-11-2008
			US	2009224707 A1		10-09-2009
			WO	2007072033 A2		28-06-2007

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/001222

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B62D5/04
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B62D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 874 572 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 3 mars 2006 (2006-03-03) page 14, ligne 7 - page 19, ligne 27; figures 1-9	1-10
A	WO 2007/072033 A2 (TRW LTD [GB]; WILLIAMS CONNELL BRETT [GB]; DIXON CHRISTOPHER DAVID [GB]) 28 juin 2007 (2007-06-28) page 2, ligne 27 - page 19, ligne 10; figures 1-12	1-10



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 septembre 2016

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/09/2016

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Kamara, Amadou

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/001222

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2874572	A1	03-03-2006	CN 1741368 A	01-03-2006
			DE 102005005020 A1	09-03-2006
			FR 2874572 A1	03-03-2006
			JP 4319112 B2	26-08-2009
			JP 2006067731 A	09-03-2006
			KR 20060019484 A	03-03-2006
			US 2006043917 A1	02-03-2006

WO 2007072033	A2	28-06-2007	CN 101385234 A	11-03-2009
			EP 1972053 A2	24-09-2008
			KR 20080102127 A	24-11-2008
			US 2009224707 A1	10-09-2009
			WO 2007072033 A2	28-06-2007
