

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 053 183

②1 N° d'enregistrement national : **16 55822**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 02 P 21/18 (2017.01)**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 22.06.16.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.12.17 Bulletin 17/52.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *RENAULT S.A.S Société par actions simplifiée — FR et NISSAN MOTOR CO. LTD — JP.*

⑦2 Inventeur(s) : KOTEICH MOHAMAD et MALOUM ABDELMALEK.

⑦3 Titulaire(s) : *RENAULT S.A.S Société par actions simplifiée, NISSAN MOTOR CO. LTD.*

⑦4 Mandataire(s) : CASALONGA & ASSOCIES.

⑤4 **PROCEDE D'ESTIMATION DE LA POSITION ET DE LA VITESSE DU ROTOR D'UNE MACHINE A COURANT ALTERNATIF POUR VEHICULE AUTOMOBILE ET SYSTEME CORRESPONDANT.**

⑤7 Procédé d'estimation de la position et de la vitesse du rotor d'une machine à courant alternatif pour véhicule automobile.

Le procédé comprend les étapes suivantes :
on détermine les courants statoriques de la machine dans le repère triphasé et les valeurs des tensions statoriques de la machine dans le repère triphasé.

on détermine des composantes des courants statoriques dans un repère diphasé en fonction des courants statoriques dans le repère triphasé par transformation de Concordia,

on détermine des composantes des tensions statoriques dans le repère diphasé en fonction des tensions statoriques dans le repère triphasé par transformation de Concordia,

on détermine la vitesse du rotor de façon itérative en fonction des tensions statoriques dans le repère diphasé et de paramètres de réglage,

on détermine les flux statoriques de la machine dans le repère diphasé en fonction de la vitesse du rotor et de paramètres de rejet, et on détermine la position du rotor en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé, des courants statoriques dans le repère diphasé et de l'inductance équivalente.

FR 3 053 183 - A1



Procédé d'estimation de la position et de la vitesse du rotor d'une machine à courant alternatif pour véhicule automobile et système correspondant.

5

L'invention a pour domaine technique la commande de machines électriques pour véhicule automobile, et plus particulièrement l'estimation de grandeurs intervenant dans de telles commandes.

10

Les stratégies de commande avancée des machines électriques nécessitent une connaissance précise de la position et/ou de la vitesse du rotor. Ces grandeurs mécaniques sont traditionnellement mesurées.

15

Avec une telle structure de commande, les performances dynamiques des machines à courant alternatif sont meilleures que celles des machines à courant continu. En revanche, des calculateurs numériques performants, des composants de puissance à fréquence de commutation élevée et certains capteurs supplémentaires branchés sur l'arbre moteur relié au rotor sont requis pour une telle commande avancée.

20

L'utilisation des capteurs mécaniques, pour mesurer la position et/ou la vitesse du rotor, dans une structure de commande des machines électriques engendre plusieurs contraintes, parmi lesquelles on peut citer le coût supplémentaire des capteurs et de leurs électroniques associées, l'encombrement dû à l'installation des capteurs et à leur câblage, la sensibilité des capteurs à leur environnement (température, bruits, oscillations mécaniques, compatibilité électromagnétique, etc.) et la possibilité de défaillance d'un capteur ou d'une de ses connexions, ce qui réduit la fiabilité du système.

25

30

Ces contraintes limitent l'utilisation des capteurs, voire la rendent impossible, dans certaines applications. Pour cela, on cherche à remplacer les capteurs mécaniques qui mesurent la position et la vitesse angulaire du rotor par des algorithmes d'estimation qui

estiment ces grandeurs en utilisant les mesures des courants et des tensions.

De l'état de la technique, on connaît les documents suivants.

5 Le document US 2013/0289934A1 décrit un procédé pour estimer le flux du stator à partir des signaux de la tension et des courants de la machine, servant ensuite à estimer le flux rotorique de la machine à partir du flux statorique. Le procédé comprend aussi la détermination de l'angle électrique et sa dérivée. Ce procédé s'applique uniquement à des machines asynchrones et n'est pas
10 transposable aux machines à rotor bobiné.

Le document US 2007/0194742A1 décrit l'estimation du flux sans impliquer un observateur au sens propre du terme mais plutôt avec des signaux sinusoïdaux décalés.

15 Le document CN102983806 décrit une simple technique d'estimation du flux statorique.

Le document CN102437813 décrit une méthode pour remonter à l'angle et à la vitesse du rotor à partir du flux rotorique, pour une machine synchrone à aimant permanent. Par ailleurs, l'enseignement du document implique une utilisation extensive du filtrage physique au
20 travers d'une extraction de la fondamentale de la tension et courant du rotor.

Le document EP3012962 décrit un procédé d'estimation de la position pour la machine synchrone à rotor bobiné, à partir de l'estimation des flux. Dans ce procédé il est nécessaire de connaître
25 les inductances de phases et les inductances mutuelles entre le stator et le rotor.

Il existe un besoin pour un procédé de commande d'une machine électrique amélioré par rapport aux procédés existants, pouvant être appliqués à tout type de machines à courant alternatif
30 (synchrones et asynchrones), et pouvant présenter une plus grande robustesse vis-à-vis des paramètres de la machine et vis-à-vis des bruits de mesures.

L'invention a pour objet un procédé d'estimation de la position et de la vitesse du rotor d'une machine à courant alternatif pour véhicule automobile. Le procédé comprend les étapes suivantes :

5 on détermine les courants statoriques de la machine dans le repère triphasé et les valeurs des tensions statoriques de la machine dans le repère triphasé,

on détermine des composantes des courants statoriques dans un repère diphasé en fonction des courants statoriques dans le repère triphasé par transformation de Concordia,

10 on détermine des composantes des tensions statoriques dans le repère diphasé en fonction des tensions statoriques dans le repère triphasé par transformation de Concordia,

on détermine la vitesse du rotor de façon itérative en fonction des tensions statoriques dans le repère diphasé et de paramètres de réglage,

15 on détermine les flux statoriques de la machine dans le repère diphasé en fonction de la vitesse du rotor et de paramètres de rejet, et

on détermine la position du rotor en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé, des courants statoriques dans le repère diphasé et de l'inductance équivalente.

20 On peut déterminer les paramètres de rejet en fonction de la résistance statorique, des courants statoriques dans le repère diphasé, des tensions statoriques dans le repère diphasé et de paramètres de réglage.

25 Lorsque la machine électrique est de type synchrone, on peut fixer l'inductance équivalente égale à la composante quadratique de l'inductance du stator.

Lorsque la machine électrique est de type asynchrone, on peut déterminer l'inductance équivalente en fonction de l'inductance mutuelle, de l'inductance statorique et de l'inductance rotorique.

30 On peut déterminer le couple électromagnétique en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé et des courants statoriques dans le repère diphasé.

L'invention a également pour objet un système d'estimation de la position et de la vitesse du rotor d'une machine à courant alternatif pour véhicule automobile. Le système comprend

5 un premier moyen de détermination des composantes des courants statoriques dans un repère diphasé en fonction des courants statoriques dans le repère triphasé par transformation de Concordia,

un deuxième moyen de détermination des composantes des tensions statoriques dans le repère diphasé en fonction des tensions statoriques dans le repère triphasé par transformation de Concordia,

10 un troisième moyen de détermination par itération de la vitesse du rotor en fonction des tensions statoriques dans le repère diphasé,

un moyen d'estimation des flux statoriques dans le repère diphasé en fonction de la vitesse du rotor, et de paramètres de rejet des bruits de mesure et des écarts issus d'un quatrième moyen de détermination desdits paramètres, et

15 un cinquième moyen de détermination de la position du rotor en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé, des courants statoriques dans le repère diphasé et de l'inductance équivalente.

20 Le quatrième moyen est apte à déterminer les paramètres de rejet des bruits de mesure et des écarts en fonction des courants statoriques dans le repère diphasique, des tensions statoriques dans le repère diphasique et de la vitesse de rotation du rotor.

25 Lorsque la machine électrique est de type synchrone, on peut fixer l'inductance équivalente égale à la composante quadratique de l'inductance du stator.

Lorsque la machine électrique est de type asynchrone, on peut déterminer l'inductance équivalente en fonction de l'inductance mutuelle, de l'inductance statorique et de l'inductance rotorique.

30 Le système d'estimation peut comprendre un sixième moyen de détermination du couple électromagnétique en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé et des courants statoriques dans le repère diphasé.

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement

à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre les principales étapes d'un procédé d'estimation selon l'invention, et
- 5 - la figure 2 illustre les principaux éléments d'un système d'estimation selon l'invention.

Les principes mathématiques et physiques permettant la détermination de la position et de la vitesse du rotor d'une machine électrique vont maintenant être décrits.

10 On mesure les courants statoriques i_a , i_b et i_c . Les tensions v_a , v_b et v_c sont connues au niveau de la commande.

A partir des tensions triphasées v_a , v_b , v_c on calcule les tensions diphasées v_α, v_β par application de l'équation suivante.

$$\begin{bmatrix} v_\alpha(k) \\ v_\beta(k) \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a(k) \\ v_b(k) \\ v_c(k) \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 1})$$

15 Dans le cas d'une machine polyphasée, la projection dans un repère diphasé fait partie de l'état de l'art connu de l'homme de métier.

A partir des courants triphasés i_a , i_b , i_c , on calcule les courants diphasés i_α, i_β par application de l'équation suivante.

$$\begin{bmatrix} i_\alpha(k) \\ i_\beta(k) \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a(k) \\ i_b(k) \\ i_c(k) \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 2})$$

20

Il est à noter que ces transformations sont généralement connues comme des transformations de Concordia d'un repère triphasé solidaire du stator vers un repère diphasé solidaire du stator également.

25

La vitesse $\omega(k)$ à l'instant k est calculée d'une manière itérative, suivant l'algorithme suivante :

6

$$\phi(0) = 0$$

$$\omega(0) = 0$$

$$\begin{aligned} \phi(k) &= \phi(k-1) + T_s (\omega(k-1) + m_\phi (v_{\alpha(k-1)} \sin \phi(k-1) - v_{\beta(k-1)} \cos \phi(k-1))) \\ \omega(k) &= \omega(k-1) + m_\omega T_s (v_{\alpha(k)} \sin \phi(k) - v_{\beta(k)} \cos \phi(k)) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 3})$$

Avec :

m_ϕ et m_ω : paramètres de réglage

5 T_s : le pas d'échantillonnage, et

$\Phi(0)$: une variable permettant d'estimer la vitesse (initialisée à zéro).

10 L'équation (Eq. 3) assure une estimation de la vitesse qui peut être réglée par les paramètres m_ϕ et m_ω . Si les valeurs de ces paramètres sont élevées, l'estimation est plus rapide mais bruitée. Si ces valeurs sont faibles, l'estimation converge moins rapidement, mais avec moins de bruit aussi.

15 On définit les deux quantités $e_{\alpha(k)}$ et $e_{\beta(k)}$ par les équations suivantes :

$$\begin{aligned} e_{\alpha(k)} &= v_{\alpha(k)} - R_s i_{\alpha(k)} + m_\alpha \cdot S_{\omega(k)} (v_{\beta(k)} - R_s i_{\beta(k)}) \\ e_{\beta(k)} &= v_{\beta(k)} - R_s i_{\beta(k)} - m_\beta \cdot S_{\omega(k)} (v_{\alpha(k)} - R_s i_{\alpha(k)}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 4})$$

Avec :

$$S_{\omega(k)} = 1 \quad \text{si} \quad \omega(k) > 0$$

$$S_{\omega(k)} = 0 \quad \text{si} \quad \omega(k) = 0$$

$$S_{\omega(k)} = -1 \quad \text{si} \quad \omega(k) < 0$$

$$0 < m_\alpha, m_\beta < 1$$

(Eq. 5)

20

R_s : la résistance statorique.

25

Généralement, on choisit les valeurs suivantes pour les deux quantités $e_{\alpha(k)}$ et $e_{\beta(k)}$:

$$m_\alpha = m_\beta = 0.3 \quad (\text{Eq. 6})$$

Les flux statoriques $\hat{\psi}_{\alpha(k)}, \hat{\psi}_{\beta(k)}$ dans le repère diphasique sont estimés à partir des équations suivantes :

$$\begin{aligned} \hat{\psi}_{\alpha(k)} &= \hat{\psi}_{\alpha(k-1)} + \frac{T_s}{2}(e_{\alpha(k)} + e_{\alpha(k-1)}) - m_\alpha \cdot S_{\omega(k)} \cdot \omega(k) \cdot \frac{T_s}{2}(\hat{\psi}_{\alpha(k)} + \hat{\psi}_{\alpha(k-1)}) \\ \hat{\psi}_{\beta(k)} &= \hat{\psi}_{\beta(k-1)} + \frac{T_s}{2}(e_{\beta(k)} + e_{\beta(k-1)}) - m_\beta \cdot S_{\omega(k)} \cdot \omega(k) \cdot \frac{T_s}{2}(\hat{\psi}_{\beta(k)} + \hat{\psi}_{\beta(k-1)}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 7})$$

5

En utilisant l'équation (Eq. 7), on assure que l'estimation des flux est robuste vis-à-vis des bruits et écarts produits par les capteurs. Les paramètres m_α et m_β sont choisis de manière à assurer la rapidité de convergence et le rejet des perturbations (bruits, écarts etc.). Si ces deux paramètres sont à zéro, aucun filtrage des perturbations n'est effectué et l'estimation risque de ne pas converger. S'ils sont à 1, on assure un bon filtrage et rejet de perturbation mais au risque de voir apparaître une erreur statique.

10

Les valeurs comprises entre 0.2 et 0.7 assurent une bonne qualité d'estimation.

15

Par ailleurs, l'équation (Eq. 7) est plus stable que l'estimation proposée dans l'état de la technique antérieure.

20

La position $\hat{\theta}_{(k)}$ est estimée à partir des flux estimés par application de l'équation suivante :

$$\hat{\theta}_{(k)} = \text{atan} \left(\frac{\hat{\psi}_{\beta(k)} - L_{eq} i_{\beta(k)}}{\hat{\psi}_{\alpha(k)} - L_{eq} i_{\alpha(k)}} \right) \quad (\text{Eq. 8})$$

25

Pour les machines synchrones, on remplace l'inductance équivalente L_{eq} par la composante quadratique de l'inductance du stator (L_q)

$$L_{eq} = L_q \quad (\text{Eq. 9})$$

30

Pour les machines asynchrones, on remplace l'inductance équivalente L_{eq} par l'inductance transitoire du stator :

$$L_{eq} = L_s - \frac{M^2}{L_s L_r} \quad (\text{Eq. 10})$$

avec :

L_s : l'inductance statorique,

L_r : l'inductance rotorique et

5 M : l'inductance mutuelle entre stator et rotor dans une machine asynchrone.

Le couple électromagnétique $C_{m(k)}$ peut être estimé à partir des flux estimés et des courants par application de l'équation suivante:

$$10 \quad C_{m(k)} = \hat{\psi}_{\alpha(k)} i_{\beta(k)} - \hat{\psi}_{\beta(k)} i_{\alpha(k)} \quad (\text{Eq. 11})$$

On va maintenant décrire les principales étapes d'un procédé d'estimation de la position et de la vitesse du rotor d'une machine à courant alternatif, à partir de la connaissance des courants statoriques (i_a, i_b, i_c), des tensions statoriques (v_a, v_b, v_c), de la résistance statorique et de l'inductance équivalente L_{eq} . Ces étapes sont illustrées par la figure 1.

15 Au cours d'une première étape 1, on détermine les courants statoriques et les tensions statoriques dans le repère triphasé. Il est à noter que les tensions statoriques peuvent être reçues directement d'un moyen de commande de la machine électrique.

20 Au cours d'une deuxième étape 2, on détermine les composantes des courants statoriques dans un repère diphasé en fonction des courants statoriques dans le repère triphasé par application de l'équation 1 et on détermine les composantes des tensions statoriques dans le repère diphasé en fonction des tensions statoriques dans le repère triphasé par application de l'équation 2.

25 Au cours d'une troisième étape 3, on détermine la vitesse du rotor en fonction des tensions statoriques dans le repère diphasé par application de l'équation Eq. 3.

30 Au cours d'une quatrième étape 4, on détermine les flux statoriques dans le repère diphasé en fonction de la vitesse du rotor, de la résistance statorique, et des courants et tensions statoriques dans le

repère diphasé par application de l'équation Eq. 7 en combinaison avec les équations Eq. 4 à Eq. 6. Cette estimation permet de rejeter les bruits de mesure et les écarts au niveau des capteurs de courants, à travers les deux paramètres définis par l'équation Eq. 4. Cette estimation est indépendante du type de la machine utilisée.

5

Au cours d'une cinquième étape 5, on détermine la position du rotor en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé, des courants statoriques dans le repère diphasé et de l'inductance équivalente par application de l'équation Eq. 8

10

Si la machine électrique est de type synchrone, on fixe l'inductance équivalente égale à la composante quadratique de l'inductance du stator.

15

Si la machine électrique est de type asynchrone, on détermine l'inductance équivalente en fonction de l'inductance mutuelle, de l'inductance statorique et de l'inductance rotorique par application de l'équation Eq. 10.

Enfin, on détermine le couple électromagnétique en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé et des courants statoriques dans le repère diphasé par application de l'équation Eq. 11.

20

On va maintenant décrire les principaux éléments d'un système d'estimation de la position et de la vitesse du rotor d'une machine à courant alternatif, à partir de la connaissance des courants statoriques (i_a, i_b, i_c), des tensions statoriques (v_a, v_b, v_c), de la résistance statorique et de l'inductance équivalente L_{eq} . Ces éléments sont illustrés par la figure 2.

25

Un premier moyen de détermination 11 détermine les composantes des courants statoriques dans un repère diphasé en fonction des courants statoriques dans le repère triphasé par application de l'équation 1.

30

Un deuxième moyen de détermination 12 détermine les composantes des tensions statoriques dans le repère diphasé en fonction des tensions statoriques dans le repère triphasé par application de l'équation 2.

Un troisième moyen de détermination 13 détermine par itération la vitesse du rotor en fonction des tensions statoriques dans le repère diphasé par application de l'équation Eq. 3.

5 Un moyen d'estimation 15 estime les flux statoriques dans le repère diphasé en fonction de la vitesse du rotor, de la résistance statorique, et des courants et tensions statoriques dans le repère diphasé par application de l'équation Eq. 7 en combinaison avec les équations Eq. 4 à Eq. 6. Plus précisément, un quatrième moyen de détermination 14 détermine des paramètres de rejet des bruits de
10 mesure et des écarts en fonction des courants statoriques dans le repère diphasique, des tensions statoriques dans le repère diphasique, de la résistance statorique et de la vitesse de rotation du rotor par application des équations Eq. 4 à Eq.6, et le moyen d'estimation 15 estime les flux statoriques en fonction des paramètres de rejet
15 déterminés par le quatrième moyen de détermination, et en fonction de la vitesse du rotor déterminée par le troisième moyen

Un cinquième moyen de détermination 16 détermine la position du rotor en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé, des courants statoriques dans le repère diphasé et de l'inductance équivalente par application de l'équation Eq. 8.
20

Si la machine électrique est de type synchrone, on fixe l'inductance équivalente égale à la composante quadratique de l'inductance du stator.

Si la machine électrique est de type asynchrone, un moyen de détermination non illustré sur la figure 2 détermine l'inductance équivalente en fonction de l'inductance mutuelle, de l'inductance statorique et de l'inductance rotorique par application de l'équation Eq. 10.
25

Enfin, un sixième moyen de détermination 17 détermine également le couple électromagnétique en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé et des courants statoriques dans le repère diphasé par application de l'équation Eq. 11.
30

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'estimation de la position et de la vitesse du rotor d'une machine à courant alternatif pour véhicule automobile caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes suivantes :

5 on mesure les courants statoriques de la machine dans le repère triphasé et les valeurs des tensions statoriques de la machine dans le repère triphasé,

 on détermine des composantes des courants statoriques dans un repère diphasé en fonction des courants statoriques dans le repère triphasé par transformation de Concordia,

10 on détermine des composantes des tensions statoriques dans le repère diphasé en fonction des tensions statoriques dans le repère triphasé par transformation de Concordia,

 on détermine la vitesse du rotor de façon itérative en fonction des tensions statoriques dans le repère diphasé et de paramètres de réglage,

 on détermine les flux statoriques de la machine dans le repère diphasé en fonction de la vitesse du rotor et de paramètres de rejet, et

20 on détermine la position du rotor en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé, des courants statoriques dans le repère diphasé et de l'inductance équivalente.

2. Procédé d'estimation selon la revendication précédente, dans lequel on détermine les paramètres de rejet en fonction de la résistance statorique, des courants statoriques dans le repère diphasé, des tensions statoriques dans le repère diphasé et de paramètres de réglage.

3. Procédé d'estimation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, lorsque la machine électrique est de type synchrone, on fixe l'inductance équivalente égale à la composante quadratique de l'inductance du stator.

30 4. Procédé d'estimation selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel, lorsque la machine électrique est de type asynchrone, on détermine l'inductance équivalente en fonction

de l'inductance mutuelle, de l'inductance statorique et de l'inductance rotorique.

5 5. Procédé d'estimation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on détermine le couple électromagnétique en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé et des courants statoriques dans le repère diphasé.

6. Système d'estimation de la position et de la vitesse du rotor d'une machine à courant alternatif pour véhicule automobile, caractérisé par le fait qu'il comprend

10 un premier moyen de détermination (11) des composantes des courants statoriques dans un repère diphasé en fonction des courants statoriques dans le repère triphasé par transformation de Concordia,

15 un deuxième moyen de détermination (12) des composantes des tensions statoriques dans le repère diphasé en fonction des tensions statoriques dans le repère triphasé par transformation de Concordia,

un troisième moyen de détermination (13) par itération de la vitesse du rotor en fonction des tensions statoriques dans le repère diphasé,

20 un moyen d'estimation (15) des flux statoriques dans le repère diphasé en fonction de la vitesse du rotor, et de paramètres de rejet des bruits de mesure et des écarts issus d'un quatrième moyen de détermination desdits paramètres,

25 un cinquième moyen de détermination (16) de la position du rotor en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé, des courants statoriques dans le repère diphasé et de l'inductance équivalente.

30 7. Système d'estimation selon la revendication précédente, dans lequel le quatrième moyen de détermination (14) est apte à déterminer les paramètres de rejet des bruits de mesure et des écarts en fonction des courants statoriques dans le repère diphasé, des tensions statoriques dans le repère diphasique et de la vitesse de rotation du rotor.

8. Système d'estimation selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, dans lequel, lorsque la machine électrique est

de type synchrone, on fixe l'inductance équivalente égale à la composante quadratique de l'inductance du stator.

5 9. Système d'estimation selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, dans lequel, lorsque la machine électrique est de type asynchrone, un moyen de détermination détermine l'inductance équivalente en fonction de l'inductance mutuelle, de l'inductance statorique et de l'inductance rotorique.

10 10. Système d'estimation selon l'une quelconque des revendications 6 à 9 comprenant un sixième moyen de détermination (17) du couple électromagnétique en fonction des flux statoriques dans le repère diphasé et des courants statoriques dans le repère diphasé.

1/2
FIG. 1

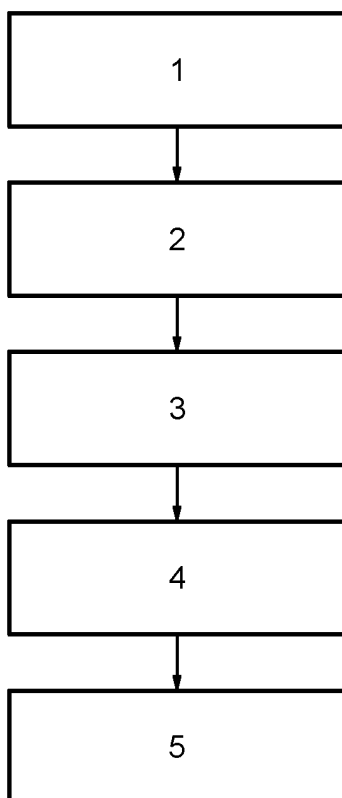
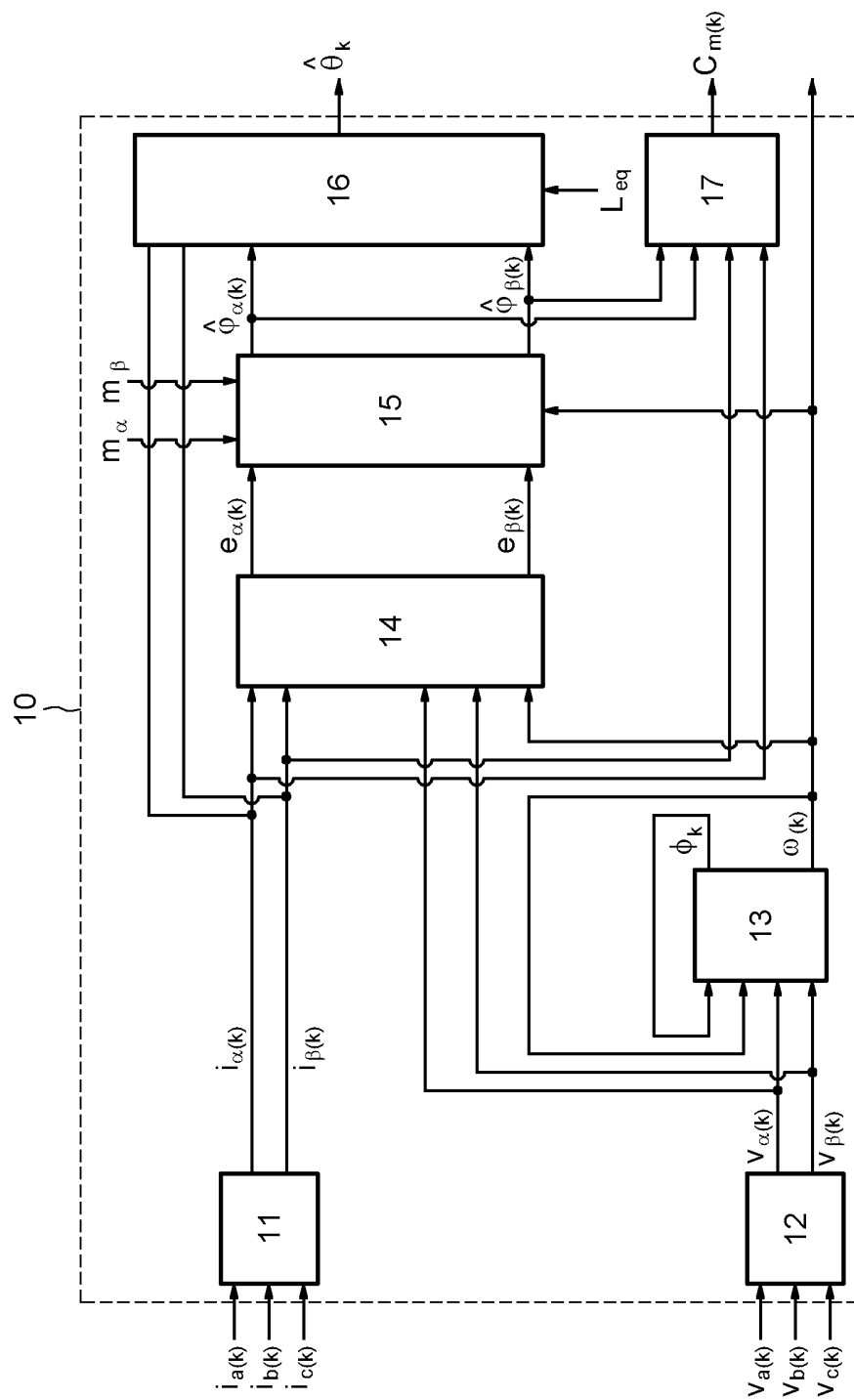


FIG. 2



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 828572
FR 1655822

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, des parties pertinentes		
A,D	EP 3 012 962 A1 (RENAULT SAS [FR]) 27 avril 2016 (2016-04-27) * abrégé; revendication 1 *	1-10	H02P21/18
A,D	CN 102 983 806 B (SHENZHEN INOVANCE TECH CO LTD; SUZHOU INOVANCE TECHNOLOGY CO; SUZHOU M) 18 février 2015 (2015-02-18) * abrégé *	1-10	
A,D	US 2013/289934 A1 (BAZZI ALI M [US] ET AL) 31 octobre 2013 (2013-10-31) * revendication 1 *	1-10	
A,D	CN 102 437 813 B (DONGFANG ELECTRIC CORP) 9 avril 2014 (2014-04-09) * abrégé *	1-10	
A,D	US 2007/194742 A1 (MARKUNAS ALBERT L [US]) 23 août 2007 (2007-08-23) * abrégé; revendication 1 *	1-10	
A	WO 2015/166173 A2 (RENAULT SAS [FR]) 5 novembre 2015 (2015-11-05) * page 7 - page 9; revendications 1,2 *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02P
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 février 2017		Closa, Daniel	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1655822 FA 828572**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 17-02-2017

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3012962	A1	27-04-2016	EP 3012962 A1	27-04-2016
			FR 3027746 A1	29-04-2016

CN 102983806	B	18-02-2015	AUCUN	

US 2013289934	A1	31-10-2013	US 2013289934 A1	31-10-2013
			US 2014071793 A1	13-03-2014

CN 102437813	B	09-04-2014	AUCUN	

US 2007194742	A1	23-08-2007	FR 2897729 A1	24-08-2007
			GB 2435356 A	22-08-2007
			US 2007194742 A1	23-08-2007

WO 2015166173	A2	05-11-2015	EP 3138193 A2	08-03-2017
			FR 3020730 A1	06-11-2015
			WO 2015166173 A2	05-11-2015
