

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
7 novembre 2013 (07.11.2013)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2013/164527 A2

(51) Classification internationale des brevets :
H02P 6/16 (2006.01) H02P 21/00 (2006.01)
H02P 21/14 (2006.01) H02P 6/18 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2013/050868

(22) Date de dépôt international :
19 avril 2013 (19.04.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
12 53965 30 avril 2012 (30.04.2012) FR
61/654,370 1 juin 2012 (01.06.2012) US

(71) Déposant : RENAULT S.A.S. [FR/FR]; 13-15 quai Le
Gallo, F-92100 Boulogne-Billancourt (FR).

(72) Inventeur : NEGRE, Edouard; 27 rue de Valois, F-78180
Montigny le Bretonneux (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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))

(54) Title : METHOD FOR DETERMINING THE ANGULAR OFFSET BETWEEN THE ROTOR AND THE STATOR OF AN ELECTRICAL MACHINE OF A MOTOR VEHICLE

(54) Titre : PROCEDE DE DETERMINATION DU DECALAGE ANGULAIRE ENTRE LE ROTOR ET LE STATOR D'UNE MACHINE ELECTRIQUE D'UN VEHICULE AUTOMOBILE

(57) Abstract : The invention relates to a method for determining the angular offset between the rotor and the stator of an electrical machine for driving a motor vehicle, the rotor being supplied with a rotor-energizing current and voltage, the stator being supplied over three phases with stator-phase currents and voltages, wherein the method includes the following steps: verifying that the electrical machine is stopped; applying a rotor-energizing signal for an amount of time capable of causing the partial magnetization of the rotor; applying a rotor-de-energizing signal capable of causing an active and rapid demagnetization of the rotor, while measuring, during the magnetization, the stator-phase currents and maintaining zero voltage among the phases of the stator; determining the direct stator currents and quadrature stator currents corresponding to the stator-phase currents measured by applying Park and Clarke transforms and in accordance with a measurement of the electrical position of the rotor; determining the maximum values among the direct and quadrature stator currents; transmitting an angular offset fault signal if the absolute value of the maximum quadrature stator signal is greater than a threshold value; determining a correction of the angular offset in radians by calculating the tangent arc of the maximum quadrature stator current value divided by the maximum value of the direct stator current.

(57) Abrégé : Procédé de détermination du décalage angulaire entre le rotor et le stator d'une machine électrique assurant la propulsion d'un véhicule automobile, le rotor étant alimenté par un courant et une tension d'excitation rotorique, le stator étant alimenté sur trois phases par des courants et tensions de phases statoriques, comprenant les étapes suivantes: on vérifie que la machine électrique est à l'arrêt, on applique un signal d'excitation rotorique pendant un laps de temps apte à provoquer une magnétisation partielle du rotor, on applique un signal de désexcitation rotorique apte à provoquer une démagnétisation active et rapide du rotor, tout en mesurant pendant la démagnétisation, les courants de phases statoriques, et en maintenant des tensions nulles entre les phases du stator, on détermine des courants statoriques directs et des courants statoriques en quadrature correspondant aux courants de phases statoriques mesurés par application de la transformation

[Suite sur la page suivante]

WO 2013/164527 A2



de Park-Clarke et en fonction d'une mesure de la position électrique du rotor, on détermine les valeurs maximales parmi les courants statoriques direct et en quadrature, on émet un signal de défaut de calage angulaire si la valeur absolue du courant statorique maximum en quadrature est supérieure à une valeur de seuil, on détermine une correction du décalage angulaire en radians en calculant l'arc tangente de la valeur maximale du courant statorique en quadrature divisée par la valeur maximale du courant statorique direct.

Procédé de détermination du décalage angulaire entre le rotor et le stator d'une machine électrique d'un véhicule automobile.

5 L'invention a pour domaine technique les machines électriques, et plus particulièrement la commande de telles machines.

Une machine synchrone, également appelée moteur électrique à courants alternatifs synchrone, a pour principe de produire un couple, moteur ou résistant à partir de l'interaction de deux champs
10 magnétiques. L'un des champs est dit d'excitation rotorique car lié au rotor, partie tournante de la machine. L'autre est dit statorique car lié au stator, partie statique de la machine. Le champ statorique est le fruit d'un flux magnétique produit par des courants alternatifs parcourant les phases de la machine. Ces courants sont pilotés de
15 manière à produire un flux synchrone par rapport au rotor, c'est-à-dire tournant à la même vitesse que lui. Ainsi, le champ magnétique statorique est piloté en quadrature, c'est-à-dire piloté pour être en déphasage constant de 90° avec le champ rotorique. Une telle configuration produit un couple mécanique, moteur ou frein, selon que
20 le déphasage est positif ou négatif. A haute vitesse il peut-être nécessaire de dé-fluxer le rotor par le stator, et pour cela de piloter le déphasage à un angle supérieur à 90° .

Dans tous les cas, pour piloter le déphasage des champs, un système de commande des courants électriques statorique nécessite une
25 information de position du rotor de la machine. Elle est obtenue par l'intermédiaire d'un dispositif de mesure de position angulaire absolue du rotor par rapport au stator. Une tel dispositif de mesure est disposé au centre de rotation du rotor qui est également l'origine des repères (Xa,Xb,Xc) et (d,q,f) illustrés par la figure 2.

30 Dans la plupart des cas, ce dispositif de mesure n'est pas positionné de façon suffisamment précise pour fournir directement une position angulaire absolue, mais plutôt une position angulaire relative. La position angulaire relative est décalée d'un décalage angulaire constant par rapport à la position angulaire absolue. Il est ainsi
35 nécessaire de fournir la valeur de décalage angulaire au système afin

qu'il puisse calculer la position angulaire absolue. Ceci est réalisé au cours d'une procédure de détermination ou d'apprentissage. Une fois ce décalage déterminé et mémorisé par le système de commande des courants électriques statoriques, le dispositif de mesure angulaire est
5 opérationnel et les courants statoriques peuvent être produits avec une phase adéquate par rapport au rotor de la machine.

L'état de l'art comprend des procédures d'apprentissage du décalage angulaire, également appelé décalage de mesure de position, consistant en l'orientation du rotor sur le stator par alignement des
10 champs magnétiques statorique et rotorique. Ces procédures nécessitent donc la rotation du rotor, sur un ou plusieurs tours, et ce sans charge mécanique sur le rotor.

La plupart des applications industrielles de machines synchrones sont des applications de pilotage en vitesse où la phase
15 initiale de mise en route tolère un certain retard à l'application du couple. Dans ces cas-là, un dispositif sans capteur, avec estimateur de position peut être envisagé.

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

20 Les documents DE 102010017411A1 et WO 201203825A2 divulguent une méthode de compensation d'un décalage angulaire de la mesure de position en utilisant la force électromotrice de la machine et la détection du passage par 0V.

25 Le document EP 1014554A2 divulgue une méthode de détection d'une erreur de mesure de position et de correction adaptative par corrélation entre courants et tensions dans le plan de Park synchrone.

30 Le document JP 2006136123A divulgue le pilotage sans capteur d'une machine synchrone à rotor bobiné. L'addition d'un générateur de tension alternative au circuit d'alimentation du rotor permet de créer une oscillation de l'excitation produisant une tension induite au stator et permettant d'obtenir une estimation de la position du rotor.

Dans le cadre de l'application aux groupes motopropulseurs automobiles, la rotation sans charge du rotor implique soit de

déconnecter le rotor de la transmission, soit de lever le véhicule de manière à laisser les roues libres en rotation.

Dans le cas d'une première utilisation d'un nouveau groupe motopropulseur ou suite au remplacement de la machine électrique, du capteur de position angulaire ou du système de commande des courants électriques, il est nécessaire de réaliser une détermination du décalage de mesure de position. Si celle-ci est omise ou n'est pas correctement réalisée, le moteur peut ne produire aucun couple moteur, ou même produire un couple en sens inverse à ce qui est commandé, ce qui peut conduire à des effets indésirables et potentiellement dangereux.

Il existe donc un besoin pour un procédé de détermination de décalage angulaire entre rotor et stator plus simple à mettre en œuvre.

L'invention a pour objet un procédé de détermination du décalage angulaire entre le rotor et le stator d'une machine électrique assurant la propulsion d'un véhicule automobile, le rotor étant alimenté par un courant et une tension d'excitation rotorique, le stator étant alimenté sur trois phases par des courants et tensions de phases statoriques. Le procédé comprend les étapes suivantes. On vérifie que la machine électrique est à l'arrêt, on applique un signal d'excitation rotorique pendant un laps de temps apte à provoquer une magnétisation partielle du rotor, on applique un signal de désexcitation rotorique apte à provoquer une démagnétisation active et rapide du rotor, tout en mesurant pendant la démagnétisation, les courants de phases statoriques, et en maintenant des tensions nulles entre les phases du stator. On détermine ensuite des courants statoriques directs et des courants statoriques en quadrature correspondant aux courants de phases statoriques mesurés par application de la transformation de Park-Clarke et en fonction d'une mesure de la position électrique du rotor, on détermine les valeurs maximales parmi les courants statoriques direct et les courants statoriques en quadrature, on émet un signal de défaut de calage angulaire si la valeur absolue de la valeur maximale du courant statorique en quadrature est supérieure à une valeur de seuil, et on détermine une correction du décalage angulaire en radians en calculant l'arc tangente du rapport entre la valeur

maximale du courant statorique en quadrature et la valeur maximale du courant statorique direct.

On peut procéder à une magnétisation partielle du rotor en provoquant l'apparition d'un courant d'excitation rotorique supérieur à un courant de seuil de magnétisation.

On peut procéder à la démagnétisation du rotor en provoquant la réduction du courant d'excitation rotorique en dessous d'une valeur de seuil de démagnétisation.

Le signal d'excitation rotorique et le signal de désexcitation rotorique peuvent être des courants d'excitation rotorique, ou des tensions d'excitation rotorique.

Le signal d'excitation rotorique et le signal de désexcitation rotorique peuvent former un motif choisi parmi des motifs de forme rectangulaire, triangulaire, sinusoïdale, ou dirac.

On peut déterminer les valeurs maximales des courants statoriques directs et des courants statoriques en quadrature en fin de démagnétisation, lorsque le courant d'excitation rotorique est nul.

On peut déterminer les valeurs maximales des courants statoriques directs et des courants statoriques en quadrature en début de démagnétisation, lorsque le courant d'excitation rotorique est maximal.

On peut déterminer les valeurs maximales des courants statoriques directs et des courants statoriques en quadrature à un moment favorable du déroulé du profil de courant ou de tension d'excitation rotorique, où le gradient du courant d'excitation rotorique est maximal.

Le procédé présente l'avantage d'être entièrement transparent pour l'utilisateur car il ne nécessite pas de rotation du rotor, ni de production d'un couple.

Ce procédé est également rapide car il peut être réalisé en environ 300 à 400ms, tandis que la procédure classique généralement utilisée décrite en relation avec l'art antérieur nécessite plus d'une minute.

Ce procédé n'induit aucun surcoût dans sa mise en œuvre car tous les dispositifs requis sont pré-existant dans le système de commande du moteur.

5 Le procédé peut être exécuté de façon systématique avant tout démarrage, éliminant ainsi tout risque d'une erreur de calage angulaire du dispositif de mesure de position du rotor. Une telle exécution systématique est impossible avec les procédés de l'art antérieur.

10 D'autres buts, caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description suivante donnée uniquement en tant qu'exemple non limitatif et faite en référence en référence aux figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 illustre les principales étapes de procédé, et
- la figure 2 illustre les différents repères et angles d'une machine électrique.

15 Comme on l'a vu en introduction, une machine électrique comprend un stator, partie fixe de la machine, et un rotor, partie tournante reliée à l'arbre de sortie et permettant de transmettre le couple mécanique produit.

20 Le stator comprend des bobinages parcourus par les courants statoriques, et qui produisent des flux magnétiques guidés par le corps du stator pour se refermer sur le rotor.

25 Le rotor comprend des bobinages parcourus par le courant d'excitation rotorique, et qui produisent des flux magnétiques d'excitation qui sont guidés par le corps du rotor pour se refermer sur le stator.

Les moteurs automobiles concernés par la présente invention sont les machines synchrones à rotor bobiné.

30 Selon l'état de l'art, une représentation vectorielle des flux et des courants selon un diagramme de Fresnel fournit une bonne modélisation de la machine. Le repère adopté est un repère tournant solidaire du rotor. L'axe du bobinage rotor est noté « direct », d. L'axe en quadrature est noté q.

Les courants statoriques sont représentés par un vecteur courant $\vec{i}_s$, vecteur fixe de composantes i_d et i_q dans le repère tournant

($\vec{d}, \vec{q}$). Le courant statorique direct i_d et le courant statorique en quadrature i_q sont obtenus à partir des mesures des courants de phase du stator (i_A , i_B et i_C) et de la position électrique θ au moyen de la transformée de Park-Clarke. Le courant d'excitation rotorique est représenté par un vecteur $\vec{i}_f$, colinéaire à l'axe d.

Les courants statoriques $\vec{i}_s$ et rotorique $\vec{i}_f$ produisent un flux magnétique $\vec{\Phi}_s$ à travers les bobinages du stator, et $\vec{\Phi}_f$ à travers le bobinage du rotor. Les courants statoriques sont générés par un vecteur tension $\vec{V}_s$, résultant des tensions entre phases produites par un système de commande. Le courant d'excitation rotorique est généré par la tension de désexcitation rotorique V_f produit par le système de commande de l'excitation.

Les équations électriques vectorielles de la machine sont les suivantes :

$$\vec{V}_s = R_s \vec{i}_s + \frac{d\vec{\Phi}_s}{dt} \quad (\text{Eq. 1})$$

pour le stator ; et

$$V_f = R_f i_f + \frac{d\Phi_f}{dt} \quad (\text{Eq. 2})$$

pour le rotor.

Avec R_s la résistance phase-neutre stator, R_f la résistance bobinage rotor.

Le vecteur courant $\vec{i}_s$ pouvant se décomposer en courants i_d et i_q , le vecteur tension $\vec{V}_s$ peut également se décomposer de façon similaire en composantes V_d et V_q , le flux $\vec{\Phi}_s$ se décomposant également en flux Φ_d et Φ_q .

On obtient alors l'ensemble d'équations suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} V_d = R_s i_d + \frac{\partial \Phi_d}{\partial i_d} \frac{di_d}{dt} + \frac{\partial \Phi_d}{\partial i_f} \frac{di_f}{dt} - \omega \Phi_q \\ V_q = R_s i_q + \frac{\partial \Phi_q}{\partial i_q} \frac{di_q}{dt} + \omega \Phi_d \\ V_f = R_f i_f + \frac{\partial \Phi_f}{\partial i_f} \frac{di_f}{dt} + \frac{\partial \Phi_f}{\partial i_d} \frac{di_d}{dt} \end{array} \right. \quad (\text{Eq 3})$$

Avec ω : la pulsation électrique de la machine (vitesse angulaire multipliée par le nombre de paires de pôles).

A faibles courants, les niveaux de flux étant faibles et la machine n'étant pas magnétiquement saturée, ces équations peuvent être linéarisées. On obtient alors les équations suivantes :

$$\begin{cases} V_d = R_s \cdot i_d + L_d \cdot \frac{di_d}{dt} + M_f \cdot \frac{di_f}{dt} - \omega \cdot L_q \cdot i_q \\ V_q = R_s \cdot i_q + L_q \cdot \frac{di_q}{dt} + \omega \cdot L_d \cdot i_d \\ V_f = R_f \cdot i_f + L_f \cdot \frac{di_f}{dt} + \frac{3}{2} \cdot M_f \cdot \frac{di_d}{dt} \end{cases} \quad (\text{Eq 4})$$

En particulier, à vitesse nulle ($\omega=0$), et si $V_d=V_q=0$, l'équation 4 devient :

$$\begin{cases} i_d = -\frac{1}{R_s} \cdot \left(L_d \cdot \frac{di_d}{dt} + M_f \cdot \frac{di_f}{dt} \right) \\ i_q = -\frac{L_q}{R_s} \frac{di_q}{dt} \end{cases} \quad (\text{Eq 5})$$

On remarque que i_q ne dépend pas de i_f . Une variation de i_f altère donc i_d , mais pas i_q .

Le procédé de détermination consiste donc à procéder à une variation rapide du courant i_f alors que la machine est à l'arrêt ($\omega=0$), et que la tension statorique est nulle ($\vec{V}_s = \vec{0}$). Ceci peut être obtenu par une commande de la tension V_f selon un motif, par exemple, en échelon. Cette commande a pour effet une magnétisation du rotor suivie de sa démagnétisation rapide, ce qui provoque l'apparition d'un courant induit dans le stator.

En intégrant les équations différentielles de courants (Eq. 5), on obtient, pour les courants i_d , i_q , obtenus à partir des courants de phase mesurés, après transformation de Park-Clarke, un courant i_q invariant, dans le cas où le décalage de mesure de position est bien appris et un courant i_q proportionnel à i_d dans le cas contraire. Il est alors possible, en observant la variation de courant i_q , de réaliser un diagnostic de la détermination du décalage, par exemple en comparant le courant i_q avec un seuil de détection mémorisé : si le courant i_q

dépasse ce seuil au cours de la démagnétisation, on déclenche l'activation d'un signal de défaut de calage angulaire.

On pourra alors obtenir la valeur réelle du décalage de mesure de position ($\Delta\theta$, en degrés d'arc) en relevant les valeurs de courant de crête de i_d et i_q , notés i_{d_dr} et i_{q_dr} au moment de la démagnétisation rapide du rotor, noté instant t_{dr} et en appliquant la formule suivante :

$$\Delta\theta = \frac{180}{\pi} \cdot \arctan\left(\frac{i_{q_dr}}{i_{d_dr}}\right) \quad (\text{Eq. 6})$$

Le procédé de détermination de décalage angulaire entre rotor et stator comprend les étapes suivantes illustrées par la figure unique.

Au cours d'une première étape 1, on initialise le procédé. Pour cela, on vérifie que la valeur absolue de la vitesse de rotation ω est inférieure à un seuil ω_{seuil} . Alternativement, on peut initialiser le procédé à chaque initialisation du système de commande de la machine, ou bien seulement sous certaines conditions de déclenchement, par exemple après une opération de maintenance.

Au cours de la deuxième étape 2, on commande l'application d'une tension d'excitation V_f pendant un laps de temps aptes à provoquer une magnétisation partielle du rotor, c'est-à-dire à provoquer l'apparition d'un courant i_f supérieur à un courant de seuil de magnétisation. Par exemple, on peut appliquer $V_f=30V$ pendant 0,3s.

Immédiatement après la fin du laps de temps de l'étape 2, on applique, au cours d'une troisième étape 3, une nouvelle tension V_f apte à provoquer une démagnétisation active et rapide du rotor, c'est-à-dire la réduction du courant i_f en dessous d'une valeur de seuil de démagnétisation. On peut appliquer par exemple $V_f=-V_{\text{bat}}$ avec V_{bat} la tension de batterie.

La variation rapide de i_f induit un courant dans le stator uniquement selon dans l'axe d, comme prédit par l'équation 5.

La variation en forme de créneau appliquée à la tension V_f , ou bien à la consigne de courant i_f peut être remplacée par tout motif consistant à une variation du courant d'excitation apte à provoquer une

induction de courant dans le stator. On peut citer notamment des variations de forme triangulaire, sinusoïdale, ou diracs.

Alternativement, la magnétisation et la démagnétisation du rotor peuvent être réalisées en commandant le courant d'excitation i_f , plutôt que la tension V_f . Cela présente l'avantage d'une meilleure répétabilité des profils de courant, tout en accélérant la réalisation de la détermination du décalage.

Par ailleurs, pendant la durée de la démagnétisation, les courants de phase statoriques i_A , i_B , i_C sont mesurés.

Au cours des étapes 2 et 3, on applique des tensions entre phases du stator nulles afin d'obtenir un rebouclage par les phases des courants statoriques induits.

Au cours d'une quatrième étape 4, on applique la transformation de Park-Clarke aux courants mesurés, en fonction de la mesure de position électrique du rotor θ_e afin d'obtenir les courants de Park i_d et i_q mesurés.

On rappelle l'expression de la transformation de Park-Clarke :

$$\begin{pmatrix} i_d \\ i_q \end{pmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta_e) & \cos(\theta_e - 2\pi/3) & \cos(\theta_e - 4\pi/3) \\ -\sin(\theta_e) & -\sin(\theta_e - 2\pi/3) & -\sin(\theta_e - 4\pi/3) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{pmatrix} \quad (\text{Eq. 7})$$

Toujours au cours de la quatrième étape, on détermine les valeurs maximales parmi les mesures des courants i_d et i_q . Ces valeurs maximales sont mesurées en tant que valeurs i_{d_dr} et i_{q_dr} . Les courants maximums sont atteints lorsque le gradient du courant d'excitation rotorique est maximum. Cela peut-être le cas en fin de démagnétisation, par exemple, lorsque le courant i_f atteint zéro.

Au cours d'une cinquième étape 5, on compare la valeur i_{q_dr} à une valeur de seuil i_{q_max} . Si la comparaison $|i_{q_dr}| < i_{q_max}$ est vérifiée, il n'y a pas d'erreur de calage. La procédure se termine par une étape 6 qui consiste en l'acquiescement au système de pilotage autorisant le passage en mode fonctionnel du moteur.

Dans le cas contraire, on émet un signal de défaut de calage angulaire. Ce défaut traduit un mauvais calage angulaire de la position angulaire absolue mesurée par rapport à la position réelle du rotor par rapport au stator. La conséquence de ce mauvais calage serait un mauvais phasage des courants statoriques, et donc du flux statorique, ce qui induirait une mauvaise réalisation du couple mécanique, voire une inversion du sens de marche de la machine.

Le procédé se poursuit alors par la septième étape 7, au cours de laquelle on détermine une correction du décalage $\Delta\theta$ en appliquant l'équation 6. La valeur de correction du décalage peut être émise. Alternativement, on détermine, au cours d'une huitième étape 8, la valeur corrigée θ_{0_corr} du décalage θ_0 de mesure de position de la manière suivante :

$$\theta_{0_corr} = \theta_0 - \frac{180}{\pi} \cdot \arctan\left(\frac{i_{q_dr}}{i_{d_dr}}\right) \quad (\text{Eq. 8})$$

Le décalage corrigé θ_{0_corr} étant appliqué de la manière suivante :

$$\theta_e = \text{mod}(\theta_{\text{raw}} - \theta_{0_corr}, 360) \quad (\text{Eq. 9})$$

avec

θ_{raw} la mesure brute de position fournie par le dispositif de mesure sans calage angulaire, et

θ_e la valeur de position angulaire absolue.

Il est à noter que la correction du décalage θ_0 est calculée à partir des mesures de courants statoriques induits lors de la démagnétisation. Il est également possible de calculer la correction du décalage à partir des courants statoriques mesurés lors de la magnétisation. Dans ce cas, les valeurs maximales de ces courants sont obtenues en début de séquence, lorsque le gradient du courant i_f est maximal, ou, par exemple, au moment où il franchit un seuil prédéterminé réglable.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détermination du décalage angulaire entre le rotor et le stator d'une machine électrique, le rotor étant alimenté par un courant et une tension d'excitation rotorique, le stator étant alimenté sur trois phases par des courants et tensions de phases statoriques, caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes suivantes :

on vérifie que la machine électrique est à l'arrêt,

on applique un signal d'excitation rotorique pendant un laps de temps apte à provoquer une magnétisation partielle du rotor,

on applique un signal de désexcitation rotorique apte à provoquer une démagnétisation active et rapide du rotor, tout en mesurant pendant la démagnétisation, les courants de phases statoriques, et en maintenant des tensions nulles entre les phases du stator,

on détermine des courants statoriques directs et des courants statoriques en quadrature correspondant aux courants de phases statoriques mesurés par application de la transformation de Park-Clarke et en fonction d'une mesure de la position électrique du rotor,

on détermine les valeurs maximales parmi les courants statoriques directs et les courants statoriques en quadrature,

on émet un signal de défaut de calage angulaire si la valeur absolue de la valeur maximale du courant statorique en quadrature est supérieure à une valeur de seuil,

on détermine une correction du décalage angulaire en radians en calculant l'arc tangente du rapport entre la valeur maximale du courant statorique en quadrature et la valeur maximale du courant statorique direct.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on procède à une magnétisation partielle du rotor en provoquant l'apparition d'un courant d'excitation rotorique supérieur à un courant de seuil de magnétisation.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on procède à la démagnétisation du rotor en

provoquant la réduction du courant d'excitation rotorique en dessous d'une valeur de seuil de démagnétisation.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le signal d'excitation rotorique et le signal de
5 désexcitation rotorique sont des courants d'excitation rotorique ou des tensions d'excitation rotorique.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le signal d'excitation rotorique et le signal de
10 désexcitation rotorique forment un motif choisi parmi des motifs de forme rectangulaire, triangulaire, sinusoïdale, ou dirac.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on détermine les valeurs maximales des courants statoriques directs et des courants statoriques en quadrature
15 en fin de démagnétisation, lorsque le courant d'excitation rotorique est nul.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel on détermine les valeurs maximales des courants statoriques directs et des courants statoriques en quadrature en début
20 de magnétisation, lorsque le courant d'excitation atteint un certain seuil réglable.

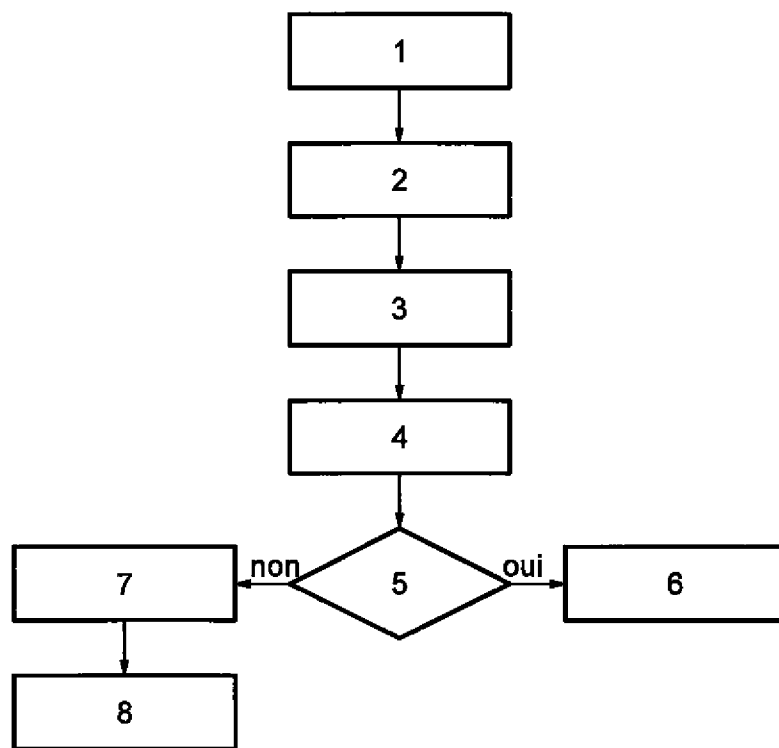
FIG.1

FIG.2