



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 37017 A1** (51) Cl. internationale : **G01R 31/34**
- (43) Date de publication : **29.01.2016**

- 
- (21) N° Dépôt : **37017**
- (22) Date de Dépôt : **12.05.2014**
- (71) Demandeur(s) : **NGOTE MOHAMED NABIL, IMM 21 APPT 3 CITE IBN SINA AGDAL RABAT (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **NGOTE MOHAMED NABIL**

- 
- (54) Titre : **PROCEDE DE SURVEILLANCE ET DE DIAGNOSTIC DES DEFAUTS DES MACHINES ASYNCHRONES BASE SUR L'APPROCHE HYBRIDE " MOYENNE SYNCHRONNE - TRANSFORMEE EN ONDELETTES " APPLIQUEE AU COURANT STATORIQUE**
- (57) Abrégé : La présente invention consiste en la mise en place d'un procédé permettant de détecter des défauts naissants d'une machine asynchrone à partir de l'acquisition et du traitement du signal courant statorique. La principale originalité de cette invention consiste en l'association des deux méthodes « Moyenne Synchronne » et « Transformée en Ondelettes Discrète » appliquées au courant statorique. Ainsi, dans le cadre de cette invention, nous apportons les contributions suivantes dans le domaine de la surveillance et du diagnostic des défauts de la machine asynchrone : - Développement d'une nouvelle approche utilisant la cyclo-stationnarité des signaux électriques. - Détermination de la moyenne synchronne (TSA) du courant statorique, puis, par soustraction de celle-ci du signal courant statorique, obtention du courant résiduel. - Application de la transformée en ondelettes discrètes (Discrete Wavelet Transform - DWT) au courant résiduel en vue de diagnostiquer le défaut de la machine asynchrone.

## **Abrégé**

La présente invention consiste en la mise en place d'un procédé permettant de détecter des défauts naissants d'une machine asynchrone à partir de l'acquisition et du traitement du signal courant statorique. La principale originalité de cette invention consiste en l'association des deux méthodes « Moyenne Synchrones » et « Transformée en Ondelettes Discrète » appliquées au courant statorique.

Ainsi, dans le cadre de cette invention, nous apportons les contributions suivantes dans le domaine de la surveillance et du diagnostic des défauts de la machine asynchrone :

- Développement d'une nouvelle approche utilisant la cyclostationnarité des signaux électriques.
- Détermination de la moyenne synchrone (TSA) du courant statorique, puis, par soustraction de celle-ci du signal courant statorique, obtention du courant résiduel.
- Application de la transformée en ondelettes discrètes (Discrete Wavelet Transform – DWT) au courant résiduel en vue de diagnostiquer le défaut de la machine asynchrone.

# PROCEDE DE SURVEILLANCE ET DE DIAGNOSTIC DES DEFAUTS DES MACHINES ASYNCHRONES BASE SUR L'APPROCHE HYBRIDE « MOYENNE SYNCHRONE – TRANSFORMEE EN ONDELETTES » APPLIQUEE AU COURANT STATORIQUE

---

29 JAN 2016

## Description

La présente invention se rapporte aux procédés de surveillance et de diagnostic des défaillances des machines (moteurs ou générateurs) électriques asynchrones.

Les machines asynchrones occupent aujourd'hui une importante place dans la grande majorité des procédés industriels et ce, en raison de leur faible coût, de leurs performances, de leur encombrement réduit et de leur robustesse. Cependant, dans la pratique, divers problèmes liés à la source d'alimentation électrique, à l'environnement, aux contraintes mécaniques et/ou thermiques peuvent être à l'origine de défaillances dans certaines parties de la machine asynchrone, que ce soit au niveau du stator, du rotor ou du palier, d'où un mode de fonctionnement dégradé de celle-ci.

L'apparition d'un défaut au niveau de la machine en modifie le fonctionnement, ce qui affecte ses performances. Ainsi, la mise en place de moyens techniques permettant de détecter des défauts naissants, serait très bénéfique pour la disponibilité de la machine asynchrone et permettrait, par conséquent, de réduire les temps d'arrêt ainsi que les coûts de maintenance.

A cette fin, plusieurs méthodes de surveillance de l'état de la machine asynchrone se sont développées ces dernières années, dont principalement la surveillance thermique (voir A. Boglietti, A. Cavagnino, D. Staton, M. Shanel, M. Mueller, C. Mejuto, Evolution and Modern Approaches for Thermal Analysis of Electrical Machines, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 56, (Issue 3), pp. 871-882, 2009.), la surveillance acoustique (voir A. Gaylard, A. Meyer & C. Landy, Acoustic evaluation of faults in electrical machines, *Seventh International Conference on Electrical Machines and Drives*, IEE (Conf. Publ. No. 412), pp. 147-150, 1995.), la surveillance du couple électromagnétique (Voir H. Yahoui, J. Seetohul, G. Grellet, A. Jammal, Detection of broken bar or end-ring fault in asynchronous machines by spectrum analysis of the observed electromagnetic torque through supply cable, *Revue Européenne de Diagnostic et Sûreté de Fonctionnement*, Vol.5, (Issue 4), 1995.) ou encore la surveillance vibratoire (voir J.S. Rao, Vibratory condition monitoring of machines (CRC Press, 2000)).

Mais l'ensemble des méthodes citées plus haut présentent l'inconvénient majeur de nécessiter un accès direct à la machine afin d'y placer les capteurs, ce qui pourrait être impossible dans le cas des stations de pompage immergées (groupes motopompes immergés) ou encore dans le cas des aérogénérateurs (génératrices asynchrones accouplées à des éoliennes). Pour y pallier, la surveillance électrique se présente comme une technique

basée sur la mesure des signaux électriques, principalement le courant statorique, pour surveiller l'état de la machine asynchrone.

Ainsi, cette approche présente plusieurs avantages, à savoir :

- D'abord c'est une méthode « non-invasive », vu que le courant statorique peut être acquis sans accès direct à la machine.
- Dans la plupart des applications industrielles, le courant statorique est déjà disponible, vu qu'il est utilisé pour la protection et/ou commande des machines. La surveillance du courant est par conséquent une méthode de détection qui peut être mise en œuvre sans capteur supplémentaire.
- Le courant peut être mesuré en ligne et la détection en ligne des défauts est donc possible.
- Finalement, la plupart des défaillances de la machine asynchrone, tant mécaniques qu'électriques, peuvent être détectées par cette méthode.

Néanmoins, cette approche présente une limitation. En effet, au niveau de l'étude du défaut de barre rotorique cassée, le spectre du courant statorique est caractérisé par deux bandes latérales aux fréquences respectives  $(1-2g)f$  et  $(1+2g)f$ , où  $g$  est le glissement et  $f$  est la fréquence d'alimentation. Or, l'amplitude de ces raies latérales augmente notamment avec le niveau de charge du moteur. De ce fait, lors du fonctionnement à bas glissement (machine asynchrone à vide ou faiblement chargée), les deux bandes latérales deviennent très proches de la bande centrale (à 50 Hz), qui joue un effet de masque, rendant leur détection quasiment impossible.

Ainsi, cette invention présente une alternative qui permet de lever cette difficulté.

Pour ce faire, la « cyclostationnarité » du courant statorique est utilisée. La cyclostationnarité est en fait une propriété qui caractérise les systèmes présentant des propriétés statistiques périodiques. En effet, dans le cas d'un signal cyclostationnaire, chaque période (ou cycle) peut être considérée comme la réalisation du même processus aléatoire. Par suite, si on superpose ces cycles, la moyenne globale peut être calculée : on parle de moyenne synchrone, plutôt connue sous l'appellation anglo-saxonne Time Synchronous Average (TSA).

La TSA est une méthode développée par McFadden en 1987, et qui permet l'extraction d'une composante déterministe à partir d'un signal. Elle consiste à effectuer la moyenne d'ensemble d'une série de « tranches » d'un même signal, chaque « tranche » correspondant à une période dudit signal.

Par ailleurs, les signaux électriques présentent un comportement non-stationnaire lié au mode de fonctionnement de la machine et aux fluctuations de la phase électrique et, dans le

cadre de cette invention, il nous a semblé intéressant d'adapter ces outils de traitement du signal au cas des signaux électriques.

Ainsi, nous proposons une nouvelle méthode basée sur l'analyse « temps – fréquence » du courant statorique en vue de détecter les défauts du moteur asynchrone. Cette technique, basée sur l'utilisation combinée de la TSA et de la transformée en ondelettes discrète (Discrete Wavelet Transform « DWT »), se présente comme alternative qui permet d'obtenir une haute résolution fréquentielle dans le domaine des basses fréquences et une haute résolution temporelle dans le domaine des hautes fréquences.

L'algorithme de la figure 1 propose une nouvelle approche que nous avons développée, et qui utilise la cyclostationnarité des signaux électriques : Une chaîne d'acquisition relève les signaux tension  $V$  et courant  $I_s$ , la moyenne synchrone (TSA) du courant statorique est ensuite déterminée. La TSA ne peut être appliquée qu'à des signaux synchronisés, d'où la nécessité d'une étape préliminaire de synchronisation des signaux  $V$  et  $I_s$ . Ensuite, par soustraction de la moyenne synchrone (TSA) du signal courant statorique, le courant résiduel est obtenu. La transformée en ondelettes discrète DWT est appliquée à celui-ci et, finalement, un indicateur énergétique  $K$  est conditionné en vue de détecter le défaut du moteur.

Nous illustrons notre invention par l'application de ce procédé à une machine asynchrone présentant un défaut rotorique (Défaut de barre cassée).

Le courant statorique  $I_s(t)$  peut se décomposer de la manière suivante :

$$I_s(t) = I_{sh}(t) + I_{sméc}(t) + b(t)$$

Où  $I_{sh}(t)$ ,  $I_{sméc}(t)$  et  $b(t)$  représentent respectivement la composante harmonique du courant statorique, le courant statorique lié à la structure mécanique et le bruit.

La surveillance de la machine asynchrone revient en quelques sortes à surveiller la partie harmonique du signal. Il se pose donc le problème de la séparation entre les fréquences liées à l'harmonique (le 50Hz qui regroupe tout ce qui a trait aux phénomènes électriques) de celles liées à la structure mécanique.

La moyenne synchrone (TSA) du courant statorique à la période  $T_h$  est donnée par :

$$\langle I_s(t) \rangle_{T_h} = \lim_{K \rightarrow +\infty} \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} I_s(t + k \cdot T_h) = I_{sh}(t)$$

$T_h$  étant la période harmonique ( $T_h = 1/f_s$  ;  $f_s = 50$  Hz : fréquence harmonique)

Ainsi, seule la partie harmonique  $I_{sh}(t)$  correspondant à la fréquence de l'alimentation électrique (50Hz) subsiste dans le signal moyenné.

De ce fait, la méthode TSA permet une séparation effective entre les composantes du courant statorique liées à la partie électrique et celles liées à la partie mécanique.

La différence effectuée entre le courant statorique  $I_s(t)$  et sa moyenne synchrone (TSA) à la période  $T_h$  donne le courant résiduel  $I_{res}(t)$  dont l'expression est la suivante :

$$I_{res}(t) = I_s(t) - \langle I_s(t) \rangle_{T_h}$$

Il convient de noter finalement que seules les fréquences liées aux phénomènes mécaniques subsistent dans ce courant résiduel  $I_{res}(t)$ .

. La TSA ne peut être appliquée qu'à des signaux synchronisés, d'où la nécessité d'une étape préliminaire de synchronisation des signaux  $V$  et  $I_s$

Néanmoins, dans la pratique, et en raison des fluctuations du secteur électrique, un problème de dérive d'un cycle électrique à l'autre peut parfois apparaître. Or, la TSA ne peut être appliquée qu'à des signaux synchronisés. Nous avons donc développé un algorithme de re-échantillonnage qui permet de synchroniser les signaux électriques acquis avant d'appliquer la TSA au courant statorique (Figure 2).

Cet algorithme consiste à d'abord relever la tension  $V$  pendant un certain intervalle de temps, puis la découper en  $N$  cycles que nous appellerons  $V(1)$ ,  $V(2)$ , ...  $V(N)$ . Nous déterminons l'abscisse zéro de  $V(1)$  que nous appelons  $z(1)$ , puis nous initialisons une variable entière  $k$  à 2. Cette variable va parcourir tous les cycles de 2 à  $N$ .

(C) A chaque cycle nous déterminons l'abscisse zéro de  $V(k)$  :  $z(k)$ , puis nous comparons  $z(k)$  à  $z(1)$ . S'ils sont différents nous décalons le cycle  $V(k)$  pour qu'il coïncide avec  $V(1)$  puis nous affectons  $V(k)$  à la tension synchronisée de sortie  $V_{synch}(k)$ . Sinon (s'ils sont égaux) nous affectons directement  $V(k)$  à la tension synchronisée de sortie  $V_{synch}(k)$  sans décalage. Nous testons enfin si  $k$  est égal à  $N$ , si oui nous arrêtons l'algorithme et nous retournons le  $V_{synch}$  (Tension synchronisée). Sinon ( $k$  est différent de  $N$ ) nous incrémentons  $k$  par 1 puis nous revenons au début du cycle (C).

Nous appliquons ensuite la transformée en ondelette discrètes ou DWT. C'est une analyse multi-résolution qui permet de décomposer un signal en sous bandes fréquentielles.

En pratique, la décomposition en ondelettes dyadiques d'un signal conduit à l'obtention d'un signal d'approximation et d'un signal de détail. Le signal de détail  $d_1$  contient le contenu fréquentiel haute fréquence (HF) du signal d'origine dans le domaine  $[f_{ech}/4 ; f_{ech}/2]$  avec  $f_{ech}$  la fréquence d'échantillonnage. Le signal d'approximation  $a_1$ , quant à lui, contient le contenu

fréquentiel basse fréquence (BF) du signal d'origine dans le domaine  $[0 ; f_{ech}/4]$ . A son tour, le signal  $a_1$  est décomposé en un signal de détail  $d_2$  (HF) dans le domaine  $[f_{ech}/8 ; f_{ech}/4]$  et un signal d'approximation  $a_2$  (BF) dans le domaine  $[0 ; f_{ech}/8]$ .

L'opération est répétée de manière itérative sur chaque approximation conduisant à l'arbre de décomposition du signal temporel  $s(t)$ , selon l'algorithme de Mallat [16] illustré à la figure 3.

Le signal  $s(t)$  est obtenu à partir de la relation suivante :

$$s(t) = a_n + d_n + \dots + d_1$$

Où  $a_n$  est le signal d'approximation au niveau  $n$  et  $d_j$  est le signal de détail au niveau  $j$ .

Pour mettre davantage l'accent sur la pertinence de l'approche proposée, le signal est conditionné en vue d'élaborer un indicateur énergétique pour le diagnostic de la machine asynchrone. À cette fin, l'énergie résiduelle dans chaque niveau de détail de la décomposition en ondelettes est calculée, tant pour le cas sain que défectueux.

L'énergie résiduelle au niveau de détail  $j$  est donnée par:

$$E_j = \sum_{n=1}^N |d_j(n)|^2$$

Où  $j$  est le niveau de détail,  $d_j$  est le signal de détail au niveau  $j$  et  $N$  est le nombre total d'échantillons dans le signal.

Un indicateur énergétique  $K$  peut être conditionné, à partir des énergies résiduelles, comme suit :

$$K = \frac{E_j(\text{Défectueux}) - E_j(\text{Sain})}{E_j(\text{Sain})}$$

La figure 1 fournit le flux du procédé d'aide au diagnostic objet de cette invention.

La figure 2 fournit le flux de l'algorithme de synchronisation

La figure 3 fournit le flux de l'algorithme de Mallat

La figure 4 fournit une comparaison entre les courants résiduels entre le cas d'une machine saine (a) et le cas d'une machine défectueuse (b) suite à l'application du procédé objet de cette invention. Le niveau de détails d9 fait ressortir cette différence.

La figure 5 fournit une comparaison entre les énergies résiduelles entre le cas d'une machine saine (a) et le cas d'une machine défectueuse (b) suite à l'application du procédé objet de cette invention. Le niveau de détails d9 fait ressortir cette différence.



## Revendications

1- Procédé de surveillance et de diagnostic des défauts des machines asynchrones caractérisé par l'acquisition des signaux de courant et de tension de la machine asynchrone, puis l'exploitation de la cyclostationnarité du courant électrique en vue de calculer la moyenne synchrone (ou Time Synchronous Averaging TSA) dudit courant, puis, par soustraction de la TSA du courant statorique, obtenir le courant résiduel et puis, par application de la transformée en ondelettes discrète (ou Discrete Wavelet Transform DWT) au courant résiduel, identifier clairement les machines défectueuses des machines saines.

2- Procédé de surveillance et de diagnostic des défauts des machines asynchrones selon la revendication 1 caractérisé par la synchronisation du signal du courant relevé avant le calcul de la moyenne synchrone (TSA).

3- Procédé de surveillance et de diagnostic des défauts des machines asynchrones selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que la synchronisation consiste à d'abord relever la tension  $V$  pendant un certain intervalle de temps, puis la découper en  $N$  cycles que nous appellerons  $V(1), V(2), \dots V(N)$ . Nous déterminons l'abscisse zéro de  $V(1)$  que nous appelons  $z(1)$ , puis nous initialisons une variable entière  $k$  à 2. Cette variable va parcourir tous les cycles de 2 à  $N$ . A chaque cycle ( $C$ ), nous déterminons l'abscisse zéro de  $V(k) : z(k)$ , puis nous comparons  $z(k)$  à  $z(1)$ . S'ils sont différents, nous décalons le cycle  $V(k)$  pour qu'il coïncide avec  $V(1)$  puis nous affectons  $V(k)$  à la tension synchronisée de sortie  $V_{\text{synch}}(k)$ . Sinon (s'ils sont égaux) nous affectons directement  $V(k)$  à la tension synchronisée de sortie  $V_{\text{synch}}(k)$  sans décalage. Nous testons enfin si  $k$  est égal à  $N$ , si oui nous arrêtons l'algorithme et nous retournons le  $V_{\text{synch}}$  (Tension synchronisée). Sinon ( $k$  est différent de  $N$ ) nous incrémentons  $k$  par 1 puis nous revenons au début du cycle ( $C$ ).

4- Procédé de surveillance et de diagnostic des défauts des machines asynchrones selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que la moyenne synchrone (TSA) du courant statorique s'exprime par :

$$\langle I_s(t) \rangle_{T_h} = \lim_{K \rightarrow +\infty} \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} I_s(t + k \cdot T_h) = I_{sh}(t)$$

Où  $I_s(t)$  est le courant statorique et  $T_h$  la période harmonique ( $T_h = 1/f_s$  ;  $f_s = 50$  Hz : fréquence harmonique)

5- Procédé de surveillance et de diagnostic des défauts des machines asynchrones selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce que la détermination de la composante du courant liée à la structure mécanique (le courant résiduel) s'obtient par :

$$I_{res}(t) = I_s(t) - \langle I_s(t) \rangle_{T_h}$$

6- Procédé de surveillance et de diagnostic des défauts des machines asynchrones selon les revendications 1 et 2 caractérisé par le conditionnement d'un indicateur énergétique K qui est donné par :

$$K = \frac{E_j(\text{Défectueux}) - E_j(\text{Sain})}{E_j(\text{Sain})} \quad E_j = \sum_{n=1}^N |d_j(n)|^2$$

Où j est le niveau de détail,  $d_j$  est le signal de détail au niveau j et N est le nombre total d'échantillons dans le signal, et  $E_j$  est l'énergie résiduelle au niveau de détail j.

Dessins

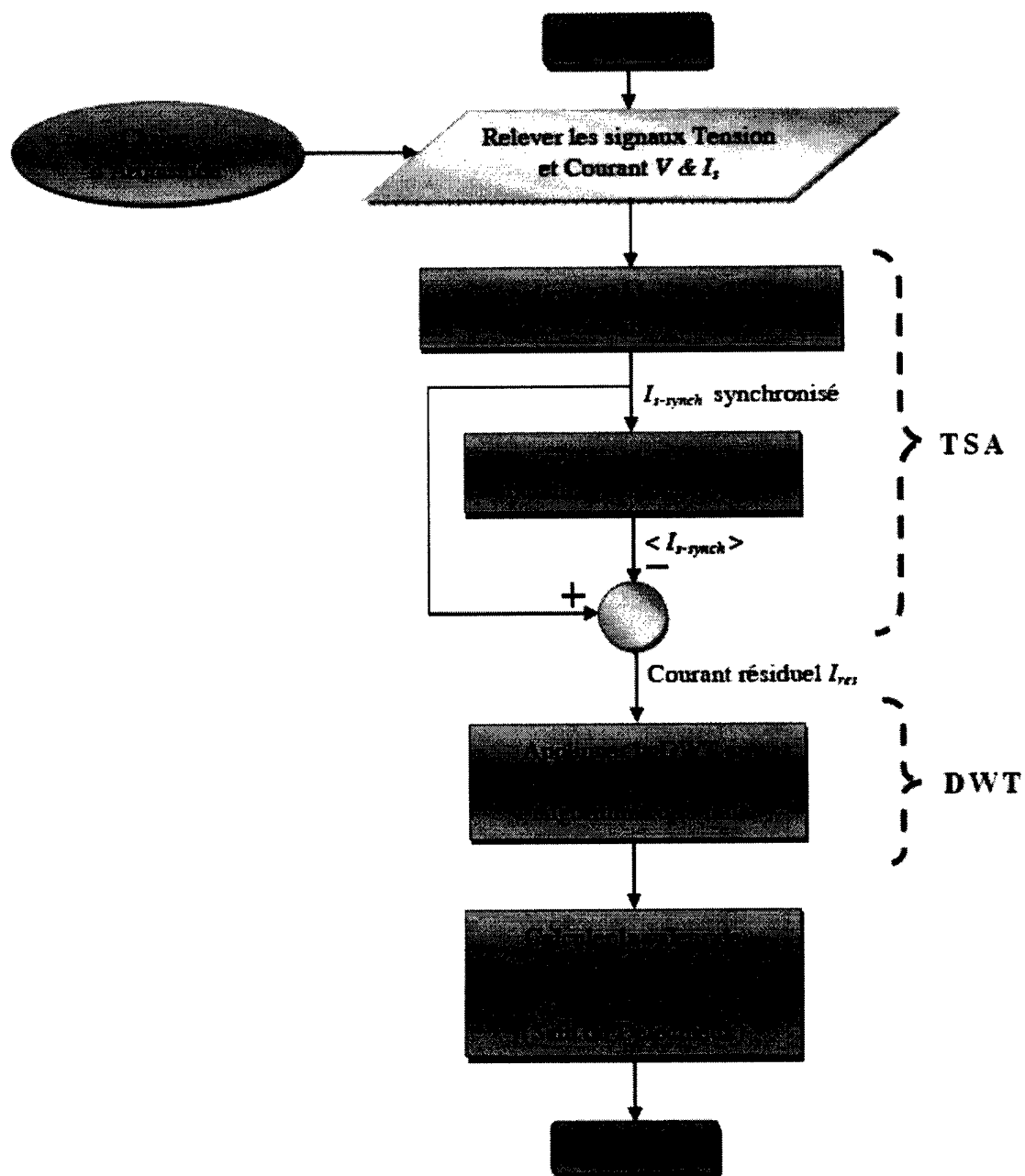


Figure 1

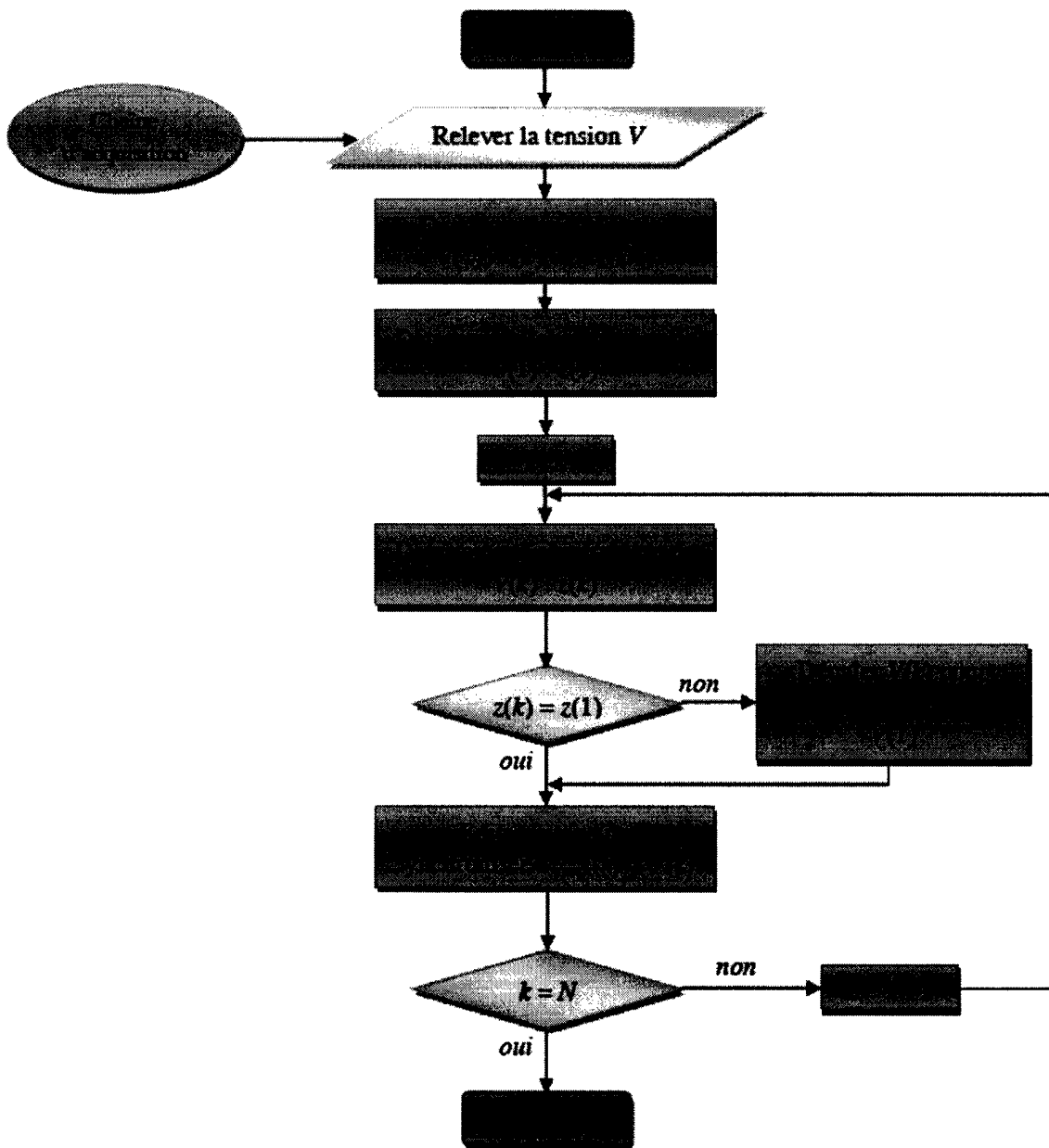


Figure 2

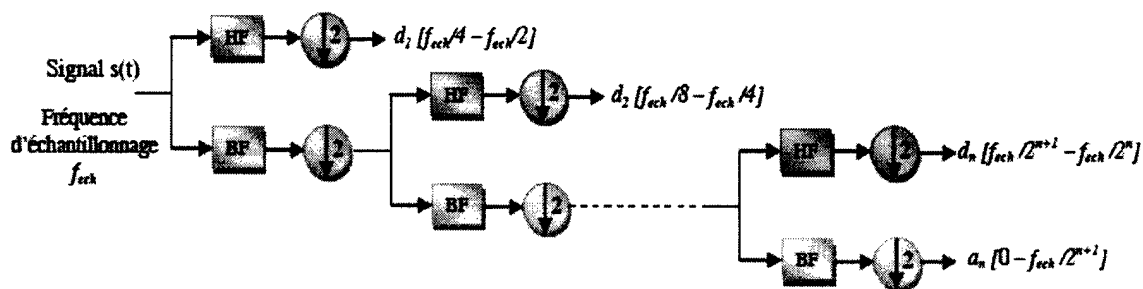


Figure 3

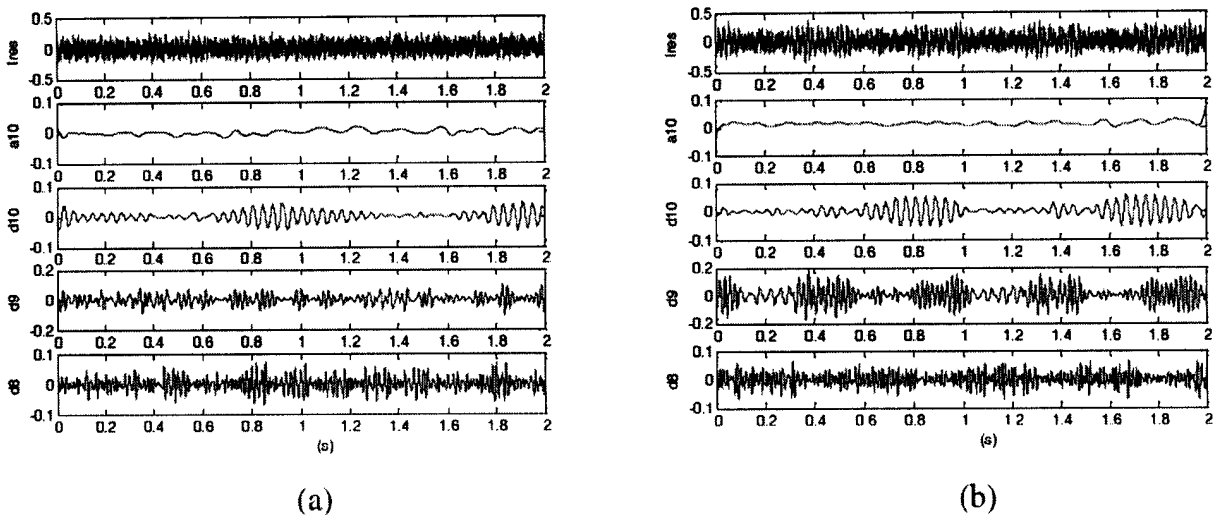


Figure 4

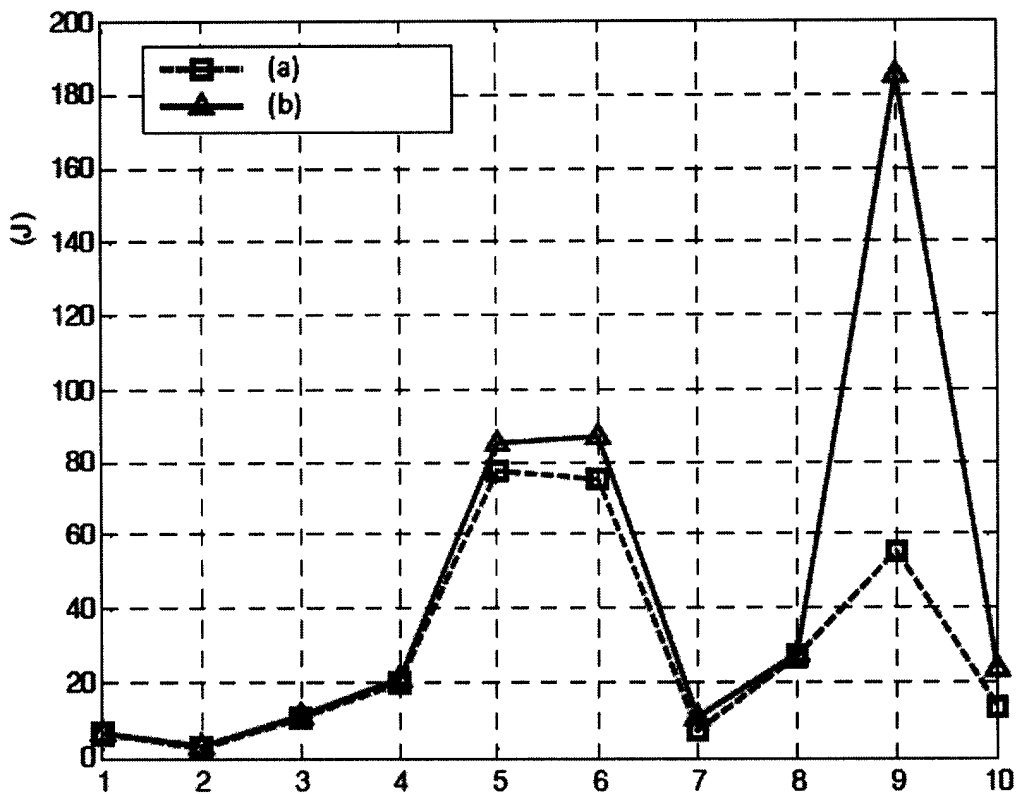


Figure 5



**RAPPORT DE RECHERCHE  
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**  
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle)

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 37017	Date de dépôt : 12/05/2014
Déposant : NGOTE MOHAMED NABIL	
Intitulé de l'invention : Procédé de surveillance et de diagnostic des défauts des machines asynchrones basé sur l'approche hybride " moyenne synchrone - transformée en ondelettes " appliquée au courant statorique	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents cités par l'examineur dans la partie rapport de recherche sont joints au présent document	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée <input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: Mohamed EL KINANI	Date d'établissement du rapport : 21/12/2015
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	
Email : elkinani@ompic.ma	

**Partie 1 : Considérations générales**

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description  
6 Pages
- Revendications  
6
- Planches de dessin  
3 Pages

**Partie 2 : Rapport de recherche**

**Classement de l'objet de la demande :**

CIB : G 01R 31/34; G01R 23/16

CPC :

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

**EPOQUE, Orbit**

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
Y	JING YU ; "Early Fault Detection for Gear Shaft and Planetary Gear Based on Wavelet and Hidden Markov Modeling"; Thèse Université de Toronto 2011	1-6
Y	H. Douglas & AL; "Broken Rotor Bar Detection in Induction Machines With Transient Operating Speeds"; IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 20, NO. 1; 03/2005	1-3
Y	N NGOTE, S GUEDIRA, M CHERKAOUI; "Conditioning of a spectral indicator for the detection of rotor faults of an induction motor by using the TSA method"; Condition Monitoring of Machinery in Non-Stationary Operations, ISBN: 978-3-642-28767-1, pp 339-346; 2012	2, 5
A	N NGOTE, S GUEDIRA, M CHERKAOUI, M OUASSAID; "Diagnosis of Induction Motor Rotor Fault through Discrete Wavelet Transform Applied to Residual Current"; Advances in Applied and Pure Mathematics, ISBN: 978-960-474-380-3, p. 390-396 ;15-17/05/2014	1-6
A	N NGOTE, S GUEDIRA, M CHERKAOUI, M OUASSAID; "On the Detection of Induction-Motor Rotor Fault by the Combined "Time Synchronous Averaging-Discrete Wavelet Transform" Approach"; JEET V.10 N°6, 11/2015	1-6

**\*Catégories spéciales de documents cités :**

-« 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  
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs  
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

**Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité***Cadre 4 : Remarques de clarté*

La formulation « puis nous initialisons une variable k à 2...s'ils sont différents...sinon...nous testons enfin si k=N si oui nous arrêtons l'algorithme et nous retournerons...sinon nous incrémentons k.. » employée dans la revendication de procédé 2 n'est pas claire et correspond à un programme ordinateur (algorithme), un procédé doit plutôt être défini par les étapes qui le constituent, il conviendrait alors de dire :

- Relever la tension V pendant un certain intervalle de temps
- Découper en N cycle la tension V que nous appellerons V(1)...V(N)
- Nous décalons chaque période pour que le k<sup>ième</sup> cycle V(K) (k=2->N) coïncide avec V(1) prise comme référence.

Les revendications 4-6 divulguent des méthodes mathématiques dont l'objet n'est pas considéré comme invention conformément à l'article 23 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

*Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle*

Nouveauté (N)	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune Revendications 1-6	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-6 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

- D1 : JING YU "Early Fault Detection for Gear Shaft and Planetary Gear Based on Wavelet and Hidden Markov Modeling"  
 D2 : H. Douglas & AL "Broken Rotor Bar Detection in Induction Machines With Transient Operating Speeds"  
 D3 : N NGOTE & AL "Conditioning of a spectral indicator for the detection of rotor faults of an induction motor by using the TSA method"

**1. Nouveauté (N) :**

Aucun des documents mentionnés ne divulgue un procédé de surveillance et de diagnostic des défauts des machines asynchrones caractérisé par :

- L'acquisition des signaux de courant et de tension;



- Le calcul de la moyenne synchrone TSA dudit courant;
- Obtention du courant résiduel par soustraction de la dite moyenne synchrone du courant statorique;
- Application de la transformée en ondelette discrète DWT au courant résiduel.

D'où l'objet de la revendication 1 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13, par la suite, toutes les revendications dépendantes le sont.

## **2. Activité inventive (AI) :**

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue une méthode de diagnostic de défauts de l'arbre de transmission des moteurs à courant alternatif (p. 15 § 2.6) comprenant :

- L'acquisition des signaux d'entrée de l'arbre (p. 16 § 2.6);
- Le calcul de la moyenne synchrone TSA desdits signaux (p. 10 § 2.3);
- Obtention du signal résiduel par soustraction de la dite moyenne synchrone du signal (p. 10 § 2.3);
- Application de la transformée en ondelette discrète DWT au signal résiduel (p. 26 § 2.7.2.1).

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère du document D1 en ce que la machine en question est en particulier une machine asynchrone dont les signaux inspectés sont le courant et la tension statorique.

L'effet technique apporté par cette différence est de diagnostiquer les défauts rotoriques de la machine asynchrone tels qu'une barre endommagée.

Le problème objectif technique que la présente demande tente de résoudre est d'adapter la méthode de diagnostic par la transformée en ondelettes discrète appliquée au signal résiduel de l'arbre de transmission, aux machines asynchrones par inspection du courant statorique.

En tout état de cause, ces caractéristiques ont déjà été employées dans le même but dans une application analogue (cf. D2), il serait évident pour l'homme du métier désireux de parvenir au même résultat d'appliquer ces caractéristiques, avec un effet correspondant, dans une méthode de diagnostic suivant D1, afin d'obtenir la méthode objet de la revendication 1.

Par conséquent, la solution proposée par la présente demande ne peut pas être considérée comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

Il aurait été possible de prouver l'évidence de l'invention objet de la revendication 1 à partir du

document D2 qui divulgue une méthode de diagnostic des défauts de barres du rotor d'un moteur à induction par transformée en ondelette discrète appliquée au courant résiduel, la différence dans ce cas serait la méthode de calcul du courant résiduel, ce qui est achevé dans D2 par un algorithme d'extraction par soustraction de la fondamentale estimée du signal réel, et dans le document D1 par la méthode de la moyenne synchrone; la combinaison des deux documents D1 et D2 mène dans tous les cas à l'absence de l'activité inventive de la revendication 1.

De plus, nonobstant le manque de clarté mentionné ci-dessus, Les revendications dépendantes 2-6 ne semblent pas contenir de caractéristiques supplémentaires qui satisfassent aux exigences de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13 en matière d'activité inventive en étant combinées aux caractéristiques de l'une quelconque des revendications auxquelles lesdites revendications dépendantes sont liées, et ce pour les raisons suivantes :

La synchronisation des signaux relevés serait considérée par l'homme du métier comme une procédure de développement ordinaire pour le calcul de la moyenne synchrone, la sommation des signaux selon la TSA n'étant pas possible s'ils présentent un décalage de phase (Cf. D3).

Le procédé de synchronisation réalisé sur l'ensemble des signaux en décalant chaque cycle (de 2 à N) pour qu'il coïncide avec le point de référence est divulgué dans le document D3.

Les formules de calcul dans les revendications 4-6 sont des formules standard de la littérature et ne présentent aucune caractéristique technique supplémentaire (Cf. D1 ; D3).

### **3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.