

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 38941 A1** (51) Cl. internationale : **G01M 15/12**

(43) Date de publication :
31.10.2017

(21) N° Dépôt :
38941

(22) Date de Dépôt :
31.03.2016

(71) Demandeur(s) :
**UNIVERSITE MOHAMMED V RABAT, ANGLE AVENUE ALLAL EL FASSI ET MFADEL
CHERKAOUI AL IRFANE 8007. N.U RABAT (MA)**

(72) Inventeur(s) :
EL YOUSFI ALAOUI HICHAM

(74) Mandataire :
KARTIT ZAID

(54) Titre : **SYSTEME EMBARQUE POUR EXTRAIRE ET TRANSMETTRE LES
SIGNATURES VIBRATOIRES RELATIVES AU DEFAUTS DE ROULEMENT DANS UNE
EOLIENNE**

(57) Abrégé : La présente invention permet d'extraire et de transmettre les signaux vibratoires relatifs aux défauts de roulement de ceux acquis par un accéléromètre monté sur la structure d'une machine électrique. Cette solution permet d'éliminer les signaux non utiles à la source, de réduire la quantité de données transmises et traitées. Ce qui augmente la vitesse et l'efficacité du traitement. Ce circuit s'installe sur la machine à surveiller, reçoit les signaux captés par l'accéléromètre, les traite et les met à la disposition d'un émetteur sans fils. Ce qui offre une solution adaptée à la surveillance des machines mobiles ou à accès difficile comme dans le cas des éoliennes.

Abrégé

La présente invention permet d'extraire et de transmettre les signaux vibratoires relatifs aux défauts de roulement de ceux acquis par un accéléromètre monté sur la structure d'une machine électrique. Cette solution permet d'éliminer les signaux non utiles à la source, de réduire la quantité de données transmises et traitées. Ce qui augmente la vitesse et l'efficacité du traitement. Ce circuit s'installe sur la machine à surveiller, reçoit les signaux captés par l'accéléromètre, les traite et les met à la disposition d'un émetteur sans fils. Ce qui offre une solution adaptée à la surveillance des machines mobiles ou à accès difficile comme dans le cas des éoliennes.

Titre : Système embarqué pour extraire des signatures vibratoires relatives aux défauts de Roulement dans une Eolienne

Description

La présente invention permet d'extraire et de transmettre les signaux vibratoires relatifs aux défauts de roulement de ceux acquis par un accéléromètre monté sur la structure d'une machine électrique. Cette solution permet d'éliminer les signaux non utiles à la source, de réduire la quantité de données transmises et traitées. Ce qui augmente la vitesse et l'efficacité du traitement. Ce circuit s'installe sur la machine à surveiller, reçoit les signaux captés par l'accéléromètre, les traite et les met à la disposition d'un émetteur sans fils. Ce qui offre une solution adaptée à la surveillance des machines mobiles ou à accès difficile comme dans le cas des éoliennes.

Le Contexte de l'invention : Les moteurs électriques sont largement utilisés dans tout type d'application industrielle et Les roulements sont des éléments largement utilisés sur ces machines et leurs défauts représentent près de 40% de l'ensemble des pannes rencontrés sur une machine, d'après plusieurs études comme l'article de L. Navarro, M. Delgado, J. Urresty, J. Cusidó, and L. Romeral, "Condition monitoring system for characterization of electric motor ball bearings with distributed fault using fuzzy inference tools," in *Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2010 IEEE, 2010*, pp. 1159-1163.

La surveillance vibratoire de l'état des roulements et le diagnostic des défauts est de plus en plus utilisés. L'efficacité de cette technique dépend des techniques de traitement de signal utilisées et de la possibilité de dé-bruitage et mise à niveau des signaux vibratoires acquis et transmis.

Les vibrations causées par un défaut de roulement (signatures) se présentent sous forme de petites impulsions modulées en amplitudes. Dans un stade peu évolué, ces signaux non stationnaires, ont des fréquences centrées qui se situent dans la bande 1KHz à 3KHz [réf 2]. Se sont les signatures surveillées pour décider de l'état d'un roulement. Mais ces signaux sont de très faible amplitude et généralement masqués par les différents bruits environnant, et leur mise en valeur nécessite des traitements spéciaux tel que le filtrage adaptatif.

Ces traitements sont traditionnellement réalisés sur un ordinateur après leur transmission. Mais leur quantité élevée rend le traitement lourd et gourmand en ressources. Dans l'article de T. Barszcz, "Decomposition of vibration signals into deterministic and nondeterministic components and its capabilities of fault detection and identification," *International Journal of Applied Mathematics and*

Computer Science, vol. 19, pp. 327-335, 2009."On conclut que vu le grand ordre du filtre, et avec un processeur rapide, ce traitement occupe le processeur et ne laisse pas assez de temps à l'analyse avancée.

La procédure : Le but de l'invention (ou circuit proposé) est de fournir une solution permettant d'améliorer la méthode de la surveillance de l'état des roulements dans une machine électrique en rejetant tous les signaux non utiles et prélevant uniquement ceux relatifs aux signatures de défauts, et tout ça avant leur transmission. Ce circuit se situe au niveau de l'acquisition et permet de réduire énormément la quantité de données à transmettre et à traiter. Il s'adapte très bien aux cas de machines mobiles ou à accès difficile comme les éoliennes. Et puisqu'il réalise une grande partie du traitement, ce qui reste peut être réalisé sans ordinateurs puissants. Et peut être embarqué sous forme de fonction selon le champ d'application (voiture, usine etc...)

Le système embarqué proposé intègre un filtre adaptatif de type Self Adaptive Noise Cancellation (SANC) d'ordre élevé. Pour répondre aux besoins du traitement souhaité, ce filtre comme dimensionné dans des travaux antérieurs sous Matlab et autre logiciel est d'ordre très élevé et son implémentation matérielle pour un traitement temps réel à base des algorithmes habituels est impossible sur les cartes FPGA actuelles.

Embarquer un tel filtre adaptatif, nécessite la prise en compte, dans un traitement temps réel des délais requis pour les différentes opérations du processus de filtrage et de l'ordonnement de ces opérations (lecture mémoire, multiplication, addition, écriture mémoire et registre...). Et l'optimisation des ressources utilisées doit être en adéquation avec la consommation d'énergie et la vitesse de traitement demandée.

L'ordonnement des opérations de filtrage adaptatif permet d'optimiser les ressources utilisées en utilisant un seul processeur basé sur un couple de multiplicateur – additionneur, une mémoire RAM et un circuit de contrôle. Mais cette solution n'est pas possible dans ce cas où la taille du filtre est très élevée et la fréquence d'horloge est limitée et surtout le temps demandé par les différentes opérations est critique.

Comme indiqué sur le schéma bloc ci-dessous, L'algorithme de traitement que nous avons implémenté se base sur l'utilisation en parallèle de plusieurs processeurs à base de paires de multiplieur-additionneur, d'une mémoire RAM à deux ports d'entrées/sortie et d'un circuit qui contrôle pour l'ordonnement des opérations et leur synchronisation afin d'optimiser l'exploitation des ressources utilisées.

La taille de la mémoire est juste suffisante pour le stockage temporaire des échantillons et des coefficients utilisés pendant le traitement. Et la disposition des blocs mémoires est choisie pour répondre aux besoins du traitement.

Le nombre de processeurs de traitement est aussi choisi pour répondre au besoin d'un traitement temps réel du SANC dans ce domaine d'application.

Un algorithme à l'entrée du système permet l'interfaçage à un accéléromètre.

Un autre algorithme d'interfaçage de sortie permet de connecter le système à un circuit de transmission.

Le système est alimenté par pile et fonctionne de manière autonome dès son branchement et sa mise en marche.

Revendications

1. Système d'extraction pour extraire des signatures vibratoires comprenant
 - un ordinateur de traitement
 - logiciel de surveillance et de diagnostic
 - capteur de détection
 - système de transmission

Caractérisé en ce que le système est un circuit d'extraction des signatures des défauts relatives aux roulements des éoliennes.

2. Système d'extraction selon la revendication 1 caractérisé en ce que le circuit embarqué est positionné entre le capteur et émetteur des signaux,
3. Système d'extraction selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le circuit embarqué utilise un filtre adaptatif d'ordre dépassant le 1000.
4. Système d'extraction selon la revendication 1 et 2 et 3 caractérisé en ce que le circuit embarqué se base sur un processus de contrôle synchronisé par un seul circuit de contrôle utilisant une seule mémoire, lequel dispose d'une interface d'adaptation avec l'accélérateur et une aitre avec l'émetteur sans fil.

Annexe

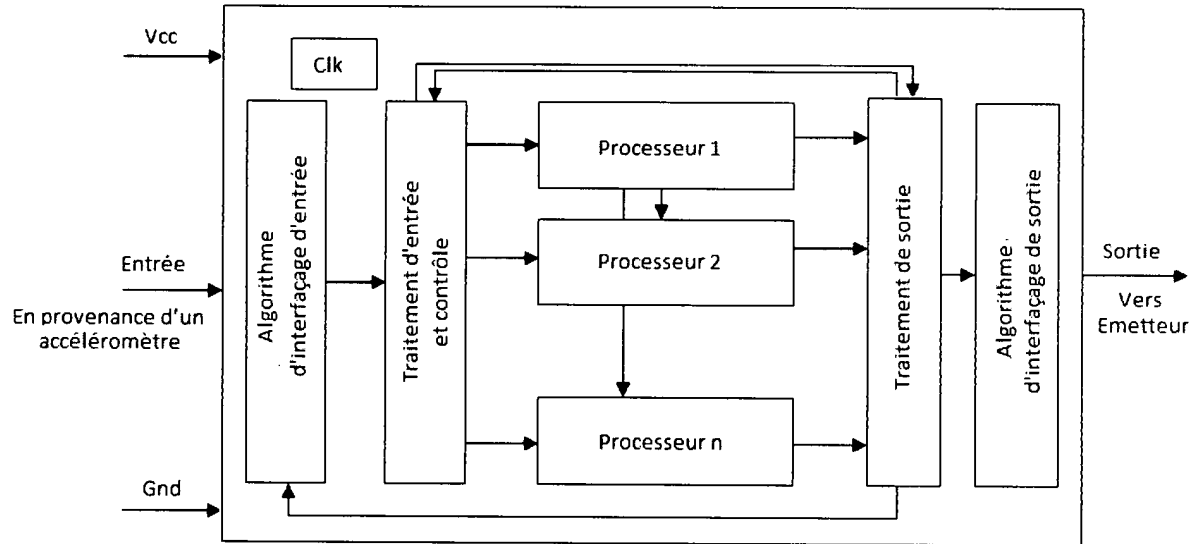
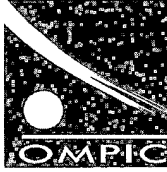


Figure1 : Schéma bloc du système



**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 telle que modifiée et
complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande

N° de la demande : 38941

Date de dépôt : 31/03/2016

Déposant : UNIVERSITE MOHAMMED V RABAT

Intitulé de l'invention : SYSTEME EMBARQUE POUR EXTRAIRE ET TRANSMETTRE LES SIGNATURES VIBRATOIRES RELATIVES AU DEFATS DE ROULEMENT DANS UNE EOLIENNE

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 brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <http://worldwide.espacenet.com>, et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales

- Cadre 1 : Base du présent rapport
 Cadre 2 : Priorité
 Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

Partie 2 : Rapport de recherche

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

- Cadre 4 : Remarques de clarté
 Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle
 Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée
 Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention

Examineur: M. EL KINANI

Date d'établissement du rapport : 19/010/2016

Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00



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
3 Pages
- Revendications
4
- Planches de dessin
1 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche**Classement de l'objet de la demande :**

CIB : G01R 31/02

CPC : G01R31/343

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
X	US8405339; Eaton Corporation; 26/03/2013	1, 2
Y		3, 4
Y	US5566092 ; Caterpillar Inc. ; 15/10/1996	3, 4
A	US5313407 ; Ford Motor Company ; 17/05/1994	4
A	US20130024164; Rubico Ab ; 24/01/2013	1-4

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

Nouveauté (N)	Revendications 3, 4 Revendications 1, 2	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune Revendications 1-4	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-4 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 : US8405339
D2 : US5566092
D3 : US5313407
D4 : US20130024164

1. Nouveauté (N) :

Le document D1 (figure 10) décrit un système d'extraction pour extraire des signatures vibratoires (les références entre parenthèses s'appliquent au présent document) comprenant :

- Un ordinateur de traitement (abrégié);
- Un logiciel de surveillance et de diagnostic (144);
- Un capteur de détection (146, 148);
- Un système de transmission (150).

Caractérisé en ce que ledit système est un circuit d'extraction des signatures des défauts relatifs aux roulements des machines à courant alternatif (machines utilisées dans différentes applications, telle qu'une génératrice éolienne par exemple, Cf. D4, paragr. [001]).

En outre, le contrôleur de traitement du système de D1 est positionné entre le capteur et émetteur des signaux (figure 10).

D'où l'objet de la revendication indépendante 1 et la revendication dépendante 2 n'est pas nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

Aucun des documents susmentionnés ne divulgue l'objet des revendications dépendante 3, 4 qui est alors nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1 (figure 10) considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 3 divulgue un système d'extraction pour extraire des signatures vibratoires (les références entre parenthèses s'appliquent au présent document) comprenant :

- Un ordinateur de traitement (abrégé);
- Un logiciel de surveillance et de diagnostic (144);
- Un capteur de détection (146, 148);
- Un système de transmission (150).

Caractérisé en ce que ledit système est un circuit d'extraction des signatures des défauts relatifs aux roulements des machines à courant alternatif. En outre, le contrôleur de traitement du système de D1 est positionné entre le capteur et émetteur des signaux (figure 10), ledit contrôleur implémente un algorithme de control basé sur un filtre adaptatif (revendication 7).

Par conséquent l'objet de la revendication 3 diffère de ce document en ce que le ledit filtre adaptatif est d'ordre dépassant 1000.

Le problème objectif que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme modifier le système connu pour implémenter un filtre d'ordre élevé (>1000).

Il n'est pas décrit dans la présente invention, quel avantage inattendu pourrait découler de cette sélection (ordre du filtre > 1000), une telle sélection ne peut être considérée comme inventive que si le filtre produit des effets inattendus ou présente des propriétés inattendues par rapport au reste de la gamme, en outre D2 décrit que le choix de l'optimum de l'ordre du filtre est réalisé sous différents critères tel que la minimisation de l'erreur finale de prédiction, par ailleurs, il est décrit dans la description de la présente demande, que l'implémentation d'un tel filtre est basée sur l'utilisation en parallèle de plusieurs processeurs. En tout état de cause, ces caractéristiques ont déjà été employées dans le même but dans un système analogue (cf. D2 [The parallel processing hardware used in a preferred embodiment is MicroWay's Quadputer board. The Quadputer is a single slot, AT form factor board that includes the control logic for four T800-25 transputers, each with four megabytes of external memory for a total of sixteen megabytes on a board. The speed of each transputer is 25 MHz]). Il serait évident pour l'homme du métier désireux de parvenir au même résultat d'appliquer ces caractéristiques, avec un effet correspondant, dans un système d'extraction suivant D1, afin

d'obtenir un système d'extraction d'ordre élevé conformément à la revendication 3. Par conséquent, l'objet de la revendication 3 n'implique pas d'activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

La revendication dépendante 4 ne contient pas de caractéristiques supplémentaires qui, en combinaison avec les caractéristiques de la revendication 3, pourraient impliquer une activité inventive, du fait qu'elles soient connues ou présentent des modifications structurelles mineures du dispositif selon la revendication 3 (Cf. D1-D4).

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.