

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2014/135784 A1**

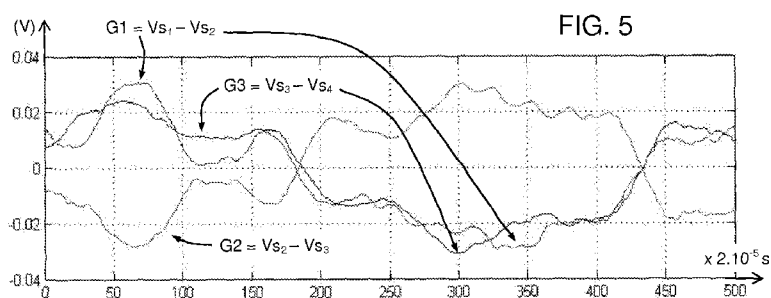
(43) Date de la publication internationale  
12 septembre 2014 (12.09.2014)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :  
*G01R 31/34* (2006.01) *H02K 15/16* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2014/050475
- (22) Date de dépôt international :  
4 mars 2014 (04.03.2014)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
13 51977 5 mars 2013 (05.03.2013) FR
- (71) Déposant : ELECTRICITE DE FRANCE [FR/FR]; 22-30 avenue de Wagram, F-75008 Paris (FR).
- (72) Inventeurs : JACQ, Thierry; 11, rue Truillot, F-94200 Ivry Sur Seine (FR). GUILLOT, Eilin; 113, avenue Edmond Rostand, F-91420 Morangis (FR). BIET, Méli-sande; 2, rue Claude Matrat, F-92130 Issy Les Moulineaux (FR). DE CHILLAZ, Antoine; 97, Boulevard Rodin, F-92130 Issy Les Moulineaux (FR). CHARBONNIER, Bruno; 3, passage Salmier, F-75011 Paris (FR).
- (74) Mandataires : BARTHEL, Nicolas et al.; Cabinet Plasse-raud, 52 rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :  
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD FOR DETECTING A FAULT IN THE ECCENTRICITY OF A ROTOR OF A ROTATING ELECTRICAL MACHINE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE DÉTECTION D'UN DÉFAUT D'EXCENTRICITÉ D'UN ROTOR D'UNE MACHINE ÉLECTRIQUE TOURNANTE



(57) Abstract : The detection method uses electromagnetic flux measurements carried out by a probe arranged in a gap of the machine, and implements the sampling of a probe signal over at least one rotor revolution. It comprises steps especially of identifying an entire section of the measurement of the probe signal corresponding to a full revolution of the rotor and the division thereof into a plurality of polar sections of the same length, of generating at least one difference signal (G1, G2, G3) representing the difference between two polar sections, of calculating a standard deviation of the difference signal, of calculating an eccentricity indicator for each difference signal, taking into account the related standard deviation and a positive value of extremum of the related polar sections, and of signalling a dynamic eccentricity fault as soon as at least one eccentricity indicator exceeds a pre-determined indicator level.

(57) Abrégé : Le procédé de détection utilise des mesures de flux électromagnétique réalisées par une sonde disposée dans un entrefer de la machine, et réalise l'échantillonnage d'un signal de sonde sur au moins un tour du rotor. Il comprend

[Suite sur la page suivante]



WO 2014/135784 A1

---

des étapes consistant notamment en l'identification d'un tronçon entier de la mesure du signal de sonde correspondant à un tour complet du rotor et son découpage en plusieurs tronçons polaires de même longueur, la génération d'au moins un signal de différence (G1, G2, G3) représentatif de la différence entre deux tronçons polaires, le calcul d'un écart type du signal de différence, le calcul d'un indicateur d'excentricité pour chaque signal de différence, prenant en compte l'écart type concerné ainsi qu'une valeur positive d'extremum des tronçons polaires concernés, et le signalement d'un défaut d'excentricité dynamique dès lors qu'au moins un indicateur d'excentricité dépasse une valeur de seuil d'indicateur prédéterminée.

**Procédé de détection d'un défaut d'excentricité d'un rotor d'une machine électrique tournante**

La présente invention se rapporte à un procédé de détection d'un défaut d'excentricité d'un rotor d'une machine électrique tournante telle qu'un alternateur, utilisant des mesures de flux électromagnétique réalisées par une sonde disposée dans un entrefer de la machine électrique, et réalisant l'échantillonnage d'un signal de sonde mesuré par la sonde sur au moins un tour du rotor.

Une excentricité dynamique d'un rotor se traduit par le fait que l'axe central du rotor tourne d'une manière décalée par rapport à l'axe central du stator, alors que dans le cas d'une machine électrique tournante idéale l'axe du rotor coïncide en permanence avec l'axe du stator. Par conséquent, en tout point de l'entrefer, l'excentricité dynamique se traduit par le fait que l'épaisseur de l'entrefer varie pendant la rotation du rotor. Le rotor subit alors une force d'attraction déséquilibrée qui tourne avec lui, ce qui peut provoquer un bruit acoustique et des vibrations de l'arbre du rotor.

L'excentricité dynamique se conjugue souvent à une excentricité statique. En effet, dans le cas d'une excentricité statique initialement sans excentricité dynamique, le rotor tourne autour de son axe central, mais ce dernier est décalé de manière fixe par rapport à l'axe central du stator. Ce décalage peut résulter par exemple d'un mauvais positionnement du rotor ou du stator à l'assemblage de la machine, et génère une attraction magnétique constante vers le stator. Cette attraction magnétique tend à déformer l'arbre du rotor, ce qui diminue encore localement l'épaisseur de l'entrefer et augmente par conséquent la force d'attraction magnétique. L'accentuation du phénomène tend à dégrader les paliers de l'arbre du rotor et à entraîner l'apparition d'une excentricité dynamique.

Une excentricité dynamique d'un rotor peut être détectée par des mesures du flux dans l'entrefer de la machine. Dans le but généralement de suivre l'état diélectrique des bobinages dans les rotors des machines synchrones d'un parc de centrales nucléaires ou de centrales thermiques, de nombreux exploitants dont la demanderesse ont installé des sondes comprenant des capteurs de flux dans l'entrefer des machines. Depuis quelques années, les turbo-alternateurs du parc nucléaire de la demanderesse sont équipés chacun d'une telle sonde, qui a généralement été installée à

- 2 -

l'occasion de la mise à l'arrêt de la machine pour son inspection générale une fois tous les dix ans. Une sonde comprend dans la plupart des cas deux bobines de détection de flux. Un modèle de sondes peut posséder une bobine radiale et une bobine tangentielle, ou plus rarement deux bobines radiales dont l'une est en secours de l'autre en cas de  
5 défaillance telle qu'une rupture de la bobine. Le risque de défaillance d'une bobine est cependant extrêmement faible, par conséquent les sondes à bobines radiale et tangentielle sont préférées par la demanderesse.

Typiquement, une bobine radiale et une bobine tangentielle d'une même sonde de flux sont disposées l'une à côté de l'autre à l'extrémité d'un boîtier formé par une  
10 canule qui traverse le stator dans une direction radiale. La bobine radiale, sensible au flux radial, est orientée selon l'axe de la canule, tandis que la bobine tangentielle est orientée perpendiculairement à l'axe de la canule et dans un plan radial contenant l'axe du rotor pour être sensible au flux tangentiel. Un exemple de disposition des deux bobines radiale et tangentielle d'une sonde de flux est décrit dans le brevet américain  
15 US3506914. Lorsque la machine est en fonctionnement, les variations du champ magnétique dans l'entrefer engendrent une force électromotrice aux bornes de chacune des deux bobines. La tension aux bornes de chaque bobine peut être mesurée sur une durée correspondant à au moins un tour du rotor.

Comme expliqué dans le brevet américain US3506914, le signal mesuré par  
20 une sonde de flux peut être traité afin de rechercher d'éventuels indices révélateurs de la présence d'un court-circuit dans le bobinage du rotor. Un avantage d'une telle technique est de permettre un diagnostic en ligne, c'est-à-dire avec la machine en fonctionnement et sans perturber le fonctionnement. Néanmoins, la recherche d'un éventuel défaut d'excentricité dynamique et/ou statique du rotor n'est pas abordée par  
25 la méthode de détection décrite dans ce brevet. De nombreuses méthodes connues pour diagnostiquer les défauts d'excentricité utilisent des capteurs capacitifs pour mesurer l'entrefer de la machine en plusieurs endroits du pourtour interne du stator. Plus rarement, d'autres méthodes utilisent les mesures de plusieurs sondes de flux décalées angulairement dans l'entrefer de la machine. Les signaux mesurés par les différentes  
30 sondes de flux sont traités par une analyse spectrale, par exemple selon le principe de la transformée de Fourier rapide (FFT), afin d'étudier différentes raies d'harmoniques

généérées par l'analyse spectrale. L'étude des raies d'harmoniques permet généralement la détection de plusieurs types de défauts d'excentricité du rotor, en particulier les défauts d'excentricité dynamique et les défauts d'excentricité statique.

Une méthode de détection de l'excentricité d'une machine synchrone par une telle analyse spectrale est décrite dans la publication de la demande de brevet européen EP1455436A1. Le dispositif de détection décrit dans ce document utilise des capteurs de flux constitués par des spires de mesure individuelles réparties le long de la périphérie du stator entre des fentes de ventilation de la couronne statorique dentée, cf. Fig.6 du document. Ces capteurs mesurent donc en ligne le flux de la couronne statorique selon différentes positions angulaires. Un traitement particulier des signaux mesurés permet de détecter et de quantifier les excentricités dynamique et statique de la machine. Le procédé de détection décrit dans ce document de brevet EP1455436A1 présente néanmoins des inconvénients. En particulier, la plupart des alternateurs en service dans le parc au moins européen de centrales thermiques ou nucléaires ne sont pas équipés de telles spires de mesure dont la mise en place est relativement délicate et requiert un arrêt de la machine.

La présente invention vise à proposer un procédé de détection de l'excentricité dynamique d'une machine tournante, procurant des résultats fiables à partir du traitement des signaux d'une sonde de flux d'entrefer installée sur la machine, et vise notamment à permettre que la sensibilité de la détection s'adapte automatiquement à la machine à surveiller.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de détection tel que défini en introduction, caractérisé en ce que qu'il comprend les étapes suivantes :

- l'identification d'un tronçon entier de la mesure du signal de sonde et son découpage en plusieurs tronçons polaires de même longueur chacun, ledit tronçon entier correspondant à un tour complet du rotor, la longueur d'un dit tronçon polaire étant déterminée comme la longueur dudit tronçon entier divisée par le nombre de pôles du rotor ;
- la génération d'au moins un signal de différence représentatif de la différence point par point entre les mesures du signal de sonde relatives à deux tronçons polaires ;
- le calcul d'un écart type dudit signal de différence ;

- 4 -

- pour chaque paire de deux tronçons polaires correspondant à un signal de différence, la détermination d'une valeur positive d'extremum prenant en compte au moins un extremum des mesures du signal de sonde sur les deux tronçons polaires ;
- le calcul d'un indicateur d'excentricité pour chaque signal de différence, prenant en compte ledit écart type du signal de différence ainsi que ladite valeur positive d'extremum ; et
- le signalement d'un défaut d'excentricité dynamique dès lors qu'au moins un dit indicateur d'excentricité dépasse une valeur de seuil d'indicateur prédéterminée.

Grâce à ces dispositions, et du fait notamment que l'indicateur d'excentricité de chaque signal de différence prend en compte une valeur d'extremum du signal de sonde, il n'est pas nécessaire d'adapter spécialement le traitement des mesures du signal de sonde à la machine particulière sur laquelle le procédé de détection est mis en œuvre. En particulier, la valeur prédéterminée du seuil d'indicateur ne nécessite pas spécialement d'être modifiée d'une machine à une autre. En outre, bien que le facteur de charge de la machine ait une influence conjointe à la fois sur l'amplitude (et donc sur l'écart type) de chaque signal de différence, et sur les valeurs des extrema du signal de sonde, le calcul de l'indicateur d'excentricité peut être prévu de façon à ce que le résultat soit relativement peu sensible aux possibles variations du facteur de charge pendant la durée de la mesure. Par exemple, l'indicateur d'excentricité peut être calculé comme un ratio entre l'écart type d'un signal de différence et une valeur d'extremum du signal de sonde, qui sont deux grandeurs qui augmentent ensemble en cas d'augmentation du facteur de charge. La comparaison entre l'indicateur d'excentricité et le seuil d'indicateur est donc peu affectée en pratique par les variations du facteur de charge, a fortiori si la durée de la mesure traitée ne dépasse pas 1,25 tours, ce qui permet avec une mesure de qualité qu'un défaut d'excentricité dynamique réel se traduise quasi systématiquement par le dépassement du seuil d'indicateur par au moins un indicateur d'excentricité.

Dans des modes de réalisation préférés d'un procédé de détection selon l'invention, on a recours notamment à l'une ou l'autre des dispositions suivantes :

- 5 -

ladite valeur positive d'extremum du signal de sonde pour une paire de tronçons polaires est déterminée comme égale au maximum de la valeur absolue des mesures du signal de sonde sur les deux tronçons polaires ;

l'indicateur d'excentricité est calculé comme le ratio entre ledit écart type du signal de différence et ladite valeur positive d'extremum ;

ladite valeur de seuil d'indicateur est comprise entre 0,030 et 0,040, et est préférablement égale à 0,035 ;

ledit signal de sonde est enregistré sur un nombre de tours du rotor compris entre 1,25 et 2,5 ;

la fréquence d'échantillonnage du signal de sonde est au moins égale à 50 KHz, et l'échantillonnage utilise un convertisseur analogique/numérique ayant une résolution d'au moins 12 bits ;

si un signal de top-tour est disponible on identifie dans le signal de sonde chaque instant correspondant à un top-tour ; et si un signal de top-tour n'est pas disponible, on

construit ce signal par auto-corrélation des mesures du signal de sonde effectuées sur au moins 1,25 tours, en connaissance de la fréquence théorique du réseau et du nombre de paires de pôles de la machine électrique, le top-tour étant identifié par les maxima de corrélation ;

on identifie un dit tronçon entier du signal de sonde comme la mesure du signal sur une période entre deux top-tours consécutifs, et on procède à un ré-échantillonnage du signal afin que chaque tronçon entier ait la même longueur en terme de nombre de points de mesure que la longueur théorique d'un tour sur la base de la fréquence théorique du réseau ;

on génère un nombre  $N_s$  de signaux de différence,  $N_s$  vérifiant la relation  $N_s = N_p - 1$

où  $N_p$  est le nombre de pôles de la machine électrique, et dans lequel un défaut d'excentricité est signalé dès lors que l'indicateur d'excentricité d'au moins un signal de différence dépasse le seuil d'indicateur ;

deux tronçons polaires consécutifs sont comparés entre eux pour générer un dit signal de différence.

D'autres caractéristiques et avantages ressortent de la description qui va suivre d'exemples non limitatifs de modes de réalisation, en référence aux figures dans lesquelles :

5 La FIG.1 représente un exemple du signal de la tension issue d'une bobine d'une sonde de flux d'entrefer ;

La FIG.2 représente un autre exemple d'un signal fourni par une sonde de flux, et illustre le marquage d'un signal de top-tour et le découpage d'un tour en quatre tronçons polaires ;

10 La FIG.3 représente la superposition des signaux des deux premiers tronçons polaires du signal de sonde de la FIG.2, avec un agrandissement d'une zone de points où des écarts entre les deux signaux apparaissent ;

La FIG.4 représente un exemple de superposition de signaux de tronçons polaires d'un signal de sonde, dans lequel des écarts entre les signaux laissent suspecter la présence d'un défaut d'excentricité dynamique ;

15 La FIG.5 représente des signaux de différence pôle à pôle générés par des comparaisons des signaux superposés de la FIG.4 ;

Sur la FIG.1 est représenté un exemple d'une mesure échantillonnée du signal  $V_s$  de la tension issue d'une des deux bobines d'une sonde de flux d'entrefer, la mesure étant effectuée pendant 1,25 tour du rotor de l'alternateur. Une telle mesure de sonde de flux peut être relevée par exemple automatiquement entre une fois toutes les 20 5 minutes et une fois toutes les 24 heures. La graduation en abscisse correspond au nombre NM de points de mesure générés par l'échantillonnage du signal de la sonde. L'instant initial de la mesure, ainsi que l'angle initial du rotor, sont quelconques. Le signal présente une allure périodique de période apparente  $T_a$ , chaque période 25 apparente couvrant une succession de deux trains d'impulsions qui apparaissent inversés l'un par rapport à l'autre. Chaque train d'impulsions correspond aux variations du flux magnétique dans l'entrefer lors du passage des encoches d'un pôle devant la sonde. Le rotor possédant quatre pôles, la période apparente  $T_a$  correspond à un demi-tour du rotor et est égale à 20 ms si la fréquence du réseau est égale à 50 Hz.

30 Un tour complet du rotor s'effectue sur une période  $T_r$  égale au double de la période apparente  $T_a$ .

Dans le cas où tous les pôles sont sains, les trains d'impulsions des pôles pairs et ceux des pôles impairs sont en théorie identiques, et chaque train d'impulsions d'un pôle pair est exactement l'inverse d'un train d'impulsions d'un pôle impair. Sur une machine réelle, il existe une différence minimale entre les flux magnétiques générés par les pôles successifs du rotor. De plus, le bruit de la mesure crée également des différences entre les flux magnétiques mesurés sur des pôles successifs. Par conséquent, les trains d'impulsions successifs ne sont pas rigoureusement identiques entre eux. La comparaison entre le signal d'un train d'impulsions et le signal d'un autre train d'impulsions, par superposition des deux trains d'impulsions redressés dans le même sens et par soustraction point à point des valeurs des deux signaux, ne donne donc pas un signal de différence parfaitement nul même avec des pôles sains.

Concernant la comparaison pôle à pôle, on utilise dans la présente le terme pôle pour désigner un tronçon du signal de sonde correspondant à un quart de tour du rotor pour un rotor comprenant quatre pôles, ou à un demi tour du rotor pour un rotor comprenant deux pôles. Ce pôle ne se superpose pas nécessairement à un pôle au sens électrotechnique. En effet, on désigne par tronçon entier un tronçon du signal de sonde correspondant à un tour complet du rotor. Comme expliqué plus loin, l'instant initial de la mesure d'un tronçon entier ne correspond pas nécessairement à la séparation entre deux pôles au sens électrotechnique. On divise un tronçon entier par le nombre de pôles du rotor pour former des tronçons de signal de même longueur désignés comme tronçons polaires. Ainsi, lorsqu'on parle de comparaison pôle à pôle du signal, il s'agit de comparer les mesures respectives du signal de deux tronçons polaires distincts.

Afin de ne pas fausser la comparaison pôle à pôle du signal de la sonde de flux, il convient de recalibrer au mieux les différents tronçons polaires correspondant aux pôles, de façon à ce que deux points comparés entre deux tronçons polaires représentent la comparaison des mesures du flux à des positions angulaires du rotor qui correspondent exactement l'une à l'autre sur les deux pôles comparés. Un recalage imparfait entre les tronçons polaires augmente artificiellement les différences point à point dans la comparaison pôle à pôle, ce qui entraîne généralement un fort écart-type du signal de différence et empêche souvent de distinguer un écart-type révélateur d'un défaut.

Afin de permettre un bon recalage entre les tronçons polaires, il faut identifier précisément sur le signal de sonde le point de top-tour correspondant exactement à un tour du rotor, afin d'identifier un tronçon entier dont la longueur correspond exactement à un tour. Un signal de top-tour peut être disponible ou non, selon le matériel de mesure équipant la machine tournante. Par exemple, le signal de top-tour  
5 pourra être fourni par un capteur prévu à cet effet et être utilisé s'il est suffisamment précis. En l'absence d'un tel signal de top-tour disponible, il faut le construire à partir du signal de sonde. La connaissance de la fréquence d'échantillonnage du signal de sonde et du nombre de paires de pôles de la machine permet de calculer la longueur  
10 théorique d'un tour.

Si la fréquence d'échantillonnage n'est pas connue, son estimation repose sur le fait qu'un alternateur tourne à une vitesse connue, par conséquent il existe une périodicité du signal de sonde de flux comme montré en référence à la FIG.1. Avec une fréquence du réseau de 50 Hz, une paire de pôles est vue par la sonde de flux  
15 toutes les 20 ms. En corrélant le signal avec lui-même, le premier maximum de corrélation correspond donc à une période de 20 ms. Il suffit de trouver la localisation en nombre de points de ce premier maximum et de la diviser par 20 pour obtenir la fréquence d'échantillonnage en kHz. Cette méthode permet d'exploiter les signaux en l'absence de l'information sur la fréquence d'acquisition. Cependant elle repose sur la  
20 valeur moyenne de 20 ms pour la période du réseau, or la fréquence du réseau est susceptible de varier autour de 50 Hz. Il est donc préférable de connaître a priori la fréquence d'échantillonnage de la sonde de flux. Par ailleurs, si la fréquence d'échantillonnage est inférieure à 100 kHz, une interpolation du signal peut être  
25 d'avoir une précision temporelle suffisante pour la détection. L'interpolation retenue se fait dans le domaine spectral, par transformée de Fourier du signal, ajout de points (zéros au milieu) à la transformée, et transformée de Fourier inverse.

Avec le nombre  $p$  de paires de pôles, par exemple deux paires de pôles pour un alternateur d'une centrale nucléaire, ainsi que la fréquence d'échantillonnage  $F_e$  en Hz  
30 et la fréquence du réseau égale par exemple à 50 Hz, on calcule la longueur théorique d'un tour comme le nombre  $N$  de points échantillonnés sur la durée théorique d'un tour

du rotor, par la relation suivante :  $N = Fe \cdot p / 50$ . On enregistre le signal sur au moins le nombre N de points, et préférablement sur au moins 1,25 fois ce nombre N de points pour avoir une mesure sur au moins un tour un quart du rotor.

En effet, si l'enregistrement est limité au nombre N de points, c'est-à-dire à la longueur théorique d'un tour, il n'est pas certain en réalité qu'exactly un tour entier soit enregistré, du fait notamment des variations de la fréquence du réseau autour de 50 Hz. Par exemple, une fréquence du réseau égale à 50,5 Hz correspond à une durée de 19,8 ms pour un tour réel du rotor, soit un écart de 0,2 ms par rapport à la période de 20 ms correspondant à 50 Hz. Avec une fréquence d'échantillonnage par exemple égale à 100 kHz, cet écart de 0,2 ms correspond à 20 points de mesure en moins par rapport au nombre N de points. La corrélation du signal avec lui-même risque donc fort de ne présenter aucun maximum.

Une fois l'enregistrement réalisé sur au moins un tour un quart du rotor, on choisit une partie de l'enregistrement de longueur 1,25 fois le nombre N de points, puis on procède à l'auto-corrélation du signal et on recherche les maxima de cette corrélation autour des points théoriques de fin des tours. La localisation de ces maxima donne directement l'information correspondant au top-tour. On obtient en sortie un signal qui vaut 0 partout, sauf aux localisations des maxima de corrélation où il vaut 1. Il peut être préférable de réaliser l'enregistrement sur 2,5 tours du rotor, afin de pouvoir étudier plusieurs parties d'enregistrement chacune de longueur 1,25 fois le nombre N de points, ce qui permet ensuite de choisir une partie d'enregistrement pour laquelle l'auto-corrélation du signal présenterait éventuellement des maxima plus précis en comparaison avec une autre partie d'enregistrement.

Un exemple de marquage d'un signal de top-tour est représenté sur la FIG.2. Il s'agit dans cet exemple d'une mesure d'un signal de sonde de flux sur une machine différente de celle correspondant à la FIG.1 et dont le rotor possède également quatre pôles. L'amplitude maximale du signal est plus petite que dans l'exemple précédent. L'instant initial de la mesure ne correspond pas à la séparation entre deux pôles au sens électrotechnique, puisqu'il se situe ici aux alentours du milieu d'un train d'impulsions. La fréquence d'échantillonnage étant fixée à 100 kHz, le nombre théorique N de points sur un tour à compter de l'instant initial de la mesure est égal à 4000, puisque la

période  $T_r$  de rotation du rotor est égale à 40 ms pour une fréquence du réseau égale à 50 Hz. Le point de top-tour TT1, qui correspond à un tour à compter du top-tour initial TT0 fixé sur le premier point de la mesure, peut être indiqué grâce à un capteur prévu à cet effet sur la machine, ou être trouvé par la méthode susmentionnée de repérage d'un maximum de corrélation. Ce point de top-tour TT1 ne se situe pas nécessairement exactement sur le point n° N correspondant à la durée théorique d'un tour. En effet, le point TT1 se situera généralement dans une plage de variation de quelques points autour du point n° N théorique du fait d'une variation minimale de la fréquence du réseau autour de 50 Hz. Ainsi, du fait de la variation de la fréquence du réseau, une mesure du signal de sonde sur plusieurs tours fera généralement apparaître des tours de rotation réelle qui n'ont pas exactement la même longueur en terme de nombre de points de mesure entre deux points consécutifs de top-tours.

Afin de pouvoir effectuer une comparaison précise des pôles, il est important de ré-échantillonner l'enregistrement effectué du signal de sonde mesuré, afin que chaque tour découpé ait la même longueur en terme de nombre de points de mesure que la longueur d'un tour sur la base de la fréquence théorique du réseau. Par exemple, si le point de top-tour TT1 sur la FIG.2 se situe entre les points n° 3990 et n° 3999 de la mesure, le signal de sonde enregistré entre les deux points de top-tour TT0 et TT1 sera ré-échantillonné de façon à ce que le point de top-tour TT1 se situe exactement au point n° 4000 de la mesure. Si cette étape de ré-échantillonnage n'est pas effectuée, il apparaît généralement des décalages temporels dans la superposition des signaux des pôles, qui peuvent entraîner des différences pôle à pôle importantes. Ces différences faussent le calcul du signal de différence, surtout lors des fronts raides du signal de force électromotrice mesuré par la sonde.

Une fois que le signal a été découpé en au moins un tronçon entier correspondant à un tour comme décrit ci-dessus, un tronçon entier est divisé en tronçons polaires représentant chacun un pôle, en divisant la longueur du tronçon entier par le nombre de pôles du rotor. Dans l'exemple de la FIG.2, le rotor possédant quatre pôles, chaque pôle correspond à un tronçon de signal comprenant exactement 1000 points de mesures à une fréquence d'échantillonnage de 100 kHz, soit une durée de 10 ms par pôle. Une fois les pôles identifiés en tronçons polaires du signal de sonde,

afin de pouvoir comparer les pôles deux à deux par superposition, il convient de changer le signe des signaux correspondants aux pôles pairs pour qu'ils soient dans le même sens que les pôles impairs. Par exemple, le deuxième pôle identifié, c'est-à-dire le deuxième tronçon polaire du signal de sonde, est désigné arbitrairement comme un pôle pair et correspond à un tronçon de signal  $-V_{S2}$  qui est quasiment l'inverse du tronçon de signal  $V_{S1}$  correspondant au premier tronçon polaire identifié. Le changement de signe du tronçon de signal  $-V_{S2}$  génère un tronçon de signal  $V_{S2}$  qui en théorie se superpose exactement au tronçon de signal  $V_{S1}$  pour une machine sans défaut. En d'autres termes, tous les pôles (tronçons polaires) se superposent exactement les uns sur les autres en théorie pour une machine sans défaut.

Sur la FIG.3, on a représenté la superposition des tronçons de signaux  $V_{S1}$  et  $V_{S2}$  correspondant aux deux premiers tronçons polaires. Les pôles physiques du rotor sont sains, néanmoins la superposition des tronçons polaires fait apparaître des différences minimales entre les deux signaux, principalement aux extrema des oscillations des signaux. Comme expliqué précédemment, le signal de différence obtenu par soustraction point à point des valeurs des deux signaux superposés n'est donc pas parfaitement nul même avec des pôles sains. Dans l'exemple représenté, on peut déduire que le signal de différence atteint un maximum de l'ordre de 0,02 V dans une zone autour du point de mesure n° 400.

Dans le cas d'un défaut d'excentricité dynamique, y compris si ce défaut se conjugue à une excentricité statique, la paire de pôles dont les deux signaux de sonde présentent les plus grands écarts de superposition, c'est-à-dire pour laquelle le signal de différence correspondant à une comparaison pôle à pôle présente le plus grand écart type, n'est pas connue a priori. Dans le cas d'un rotor comportant au moins deux paires de pôles, afin qu'au moins un signal de différence traduise le défaut, il est préférable de générer plusieurs signaux de différence dans lesquels aucun pôle n'est oublié. Une façon de générer les signaux de différence consiste à effectuer la différence entre le signal d'un tronçon polaire et le signal du tronçon polaire consécutif après son inversion, ce qui revient à effectuer une série de comparaisons entre pôles consécutifs. Puisque le signal est inversé entre un pôle pair et un pôle impair, la génération d'un signal de différence entre deux pôles consécutifs peut s'effectuer en additionnant point

à point les valeurs algébriques des points de mesures de deux tronçons polaires consécutifs. Par exemple, le signal de différence (en l'occurrence  $V_{S1} - V_{S2}$ ) entre les deux premiers pôles consécutifs peut être calculé en additionnant les signaux ( $V_{S1}$  et  $-V_{S2}$ ) des deux premiers tronçons polaires.

5 De manière générale, le nombre  $N_s$  de signaux de différence à générer vérifie la relation  $N_s = N_p - 1$ , où  $N_p$  est le nombre de pôles de la machine électrique. Dans le cas d'un rotor à deux pôles, comme c'est généralement le cas pour des alternateurs de centrales thermiques, puisqu'il n'y a que deux pôles à comparer entre eux, un seul signal de différence peut être généré. Dans le cas d'un rotor à quatre pôles, à titre  
10 d'exemple, on pourra comparer entre eux les tronçons polaires des paires de tronçons polaires suivants :  $n^{\circ}1$  et  $n^{\circ}2$ ,  $n^{\circ}2$  et  $n^{\circ}3$ ,  $n^{\circ}3$  et  $n^{\circ}4$ . Il n'est néanmoins pas exclu de générer un nombre de signaux de différence supérieur à  $N_p - 1$ , mais cela n'est généralement pas nécessaire. Par exemple, on pourrait comparer également les tronçons polaires  $n^{\circ}4$  et  $n^{\circ}1$ , de façon à avoir quatre signaux de différence. A l'inverse,  
15 il n'est pas non plus exclu de générer seulement deux signaux de différence voire un seul signal de différence.

Sur la FIG.4, on a représenté la superposition des signaux  $V_{S1}$ ,  $V_{S2}$ ,  $V_{S3}$  et  $V_{S4}$  correspondant à quatre tronçons polaires d'un signal de sonde découpé en un tour comme décrit ci-dessus. La fréquence d'échantillonnage est égale à 50 kHz, ce qui  
20 donne un pas d'échantillonnage égal à  $2 \cdot 10^{-5}$  s. Un tronçon polaire correspond à une durée de 10 ms puisque la fréquence du réseau est égale à 50 Hz, et représente donc 500 points de mesure à la fréquence d'échantillonnage de 50 kHz. Comme visible sur la figure, les signaux des tronçons polaires sont mal superposés sur quasiment toute la longueur d'un tronçon polaire, ce qui le plus souvent est caractéristique d'un défaut  
25 d'excentricité dynamique. En particulier, les signaux  $V_{S1}$  et  $V_{S3}$  sont assez proches l'un de l'autre mais présentent chacun un écart généralement important avec les signaux  $V_{S2}$  et  $V_{S4}$  qui sont également assez proches l'un de l'autre. Par conséquent en observant un tel écart dans la superposition des tronçons polaires, la présence d'un défaut d'excentricité dynamique est très fortement suspectée.

30 Pour diagnostiquer la présence d'un défaut d'excentricité dynamique, on génère au moins un signal de différence  $G_i$  représentatif de la différence point par point entre

les mesures relatives à deux tronçons polaires. Comme représenté sur la FIG.5, trois signaux de différence G1, G2 et G3 correspondant chacun à la différence entre deux tronçons polaires consécutifs sont calculés. Pour chaque paire de deux tronçons polaires correspondant à un signal de différence  $G_i$ , une valeur positive d'extremum  $U_{Gi}$  est déterminée à partir des signaux des tronçons polaires représentés sur la FIG.4, en prenant en compte au moins un extremum  $U_i$  des signaux sur les deux tronçons polaires de la paire. Par exemple, pour le signal de différence G1 calculé comme la différence en valeur algébrique entre les signaux  $V_{S1}$  et  $V_{S2}$ , on recherche sur le signal  $V_{S1}$  ainsi que sur le signal  $V_{S2}$  l'extremum ayant la plus grande valeur absolue. Le signal  $V_{S1}$  montre un extremum  $U_1$  valant environ -0,06 V, tandis que Le signal  $V_{S2}$  montre un extremum  $U_2$  valant environ -0,07 V. De ces deux extrema, la plus grande valeur absolue, soit 0,07 V, est retenue comme valeur positive d'extremum  $U_{G1}$  afin de procéder au calcul d'un indicateur d'excentricité E1 relatif au signal de différence G1.

Un indicateur d'excentricité  $E_i$  se calcule préférablement comme le ratio entre l'écart type  $e$  du signal de différence  $G_i$  et la valeur positive d'extremum  $U_{Gi}$  de la paire de tronçons polaires concernés. Par exemple, à supposer que pour le signal de différence G1, le calcul de l'écart type  $e_1$  donne pour résultat 0,02 V, l'indicateur d'excentricité E1 est égal à 0,02/0,07, soit environ 0,29. Dans l'exemple représenté, le calcul de l'écart type de chaque signal de différence donne pour résultat des valeurs très proches égales à environ 0,02 V. De plus, comme indiqué sur la FIG.5, la valeur positive d'extremum  $U_{Gi}$  pour chaque paire de deux tronçons polaires correspondant à un signal de différence  $G_i$  est égale à environ 0,07 V. Ainsi, chaque indicateur d'excentricité E1, E2 et E3 est égal à environ 0,290 dans cet exemple.

Pour diagnostiquer et donc pour signaler le défaut d'excentricité dynamique, chaque indicateur d'excentricité est comparé à une valeur de seuil d'indicateur S prédéterminée. Avec la méthode expliquée dans ce qui précède pour calculer l'indicateur d'excentricité, des expérimentations effectuées par la demanderesse ont abouti à choisir une valeur de seuil d'indicateur S comprise entre 0,030 et 0,040, et préférablement égale à 0,035. Dans l'exemple étudié, les indicateurs d'excentricité étant égaux à environ 0,290, le seuil d'indicateur S est très largement dépassé pour

chaque signal de différence. Il n'y a donc aucun doute dans ce cas sur la présence d'un réel défaut d'excentricité dynamique. Les mesures effectuées par la demanderesse sur un parc d'alternateurs ont montré que les quelques cas pour lesquels le procédé de détection a identifié un réel défaut d'excentricité dynamique correspondent à des indicateurs d'excentricité supérieurs à 0,2. Néanmoins, un cas tangent pour lequel un léger défaut d'excentricité dynamique semble avéré a été identifié avec un indicateur d'excentricité égal à 0,042 concernant un signal de différence. Il est donc prudent d'après cette expérience de fixer le seuil d'indicateur S à une valeur inférieure ou égale à 0,040, mais ceci n'exclut pas de choisir une valeur plus élevée.

10 Une valeur de seuil d'indicateur S comprise entre 0,030 et 0,040 constitue un bon compromis pour détecter de façon quasiment certaine un défaut d'excentricité dynamique réel, et pour ne générer que peu de fausses alarmes. Les fausses alarmes recensées correspondent généralement à des cas où la qualité de la mesure du signal de sonde est insuffisante. En particulier, un signal de sonde insuffisamment quantifié augmente l'écart type de chaque signal de différence et conduit donc à un indicateur d'excentricité trop élevé qui peut dépasser la valeur de seuil d'indicateur même en l'absence de réel défaut d'excentricité dynamique. Un bruit de mesure élevé a également les mêmes conséquences.

20 La même valeur prédéterminée S peut être conservée d'une machine à une autre, sans compromettre la finesse de la détection. Il est par conséquent possible de réaliser un appareillage d'acquisition et de traitement des signaux d'une sonde de flux d'entrefer d'une machine électrique qui peut être déplacé d'une machine à une autre sans nécessiter une adaptation particulière de l'appareillage à la machine, pour détecter un défaut d'excentricité dynamique.

25 De manière générale, pour une bonne qualité de la mesure du signal de sonde, il est souhaitable que la fréquence d'échantillonnage du signal soit au moins égale à 50 KHz, et que l'échantillonnage utilise un convertisseur analogique/numérique ayant une résolution d'au moins 12 bits. En outre, il convient de régler le gain correctement de façon à explorer au maximum la plage de quantification, en évitant bien sûr les saturations. Par ailleurs, dans la plupart des cas, le dispositif de sonde de flux comprend une bobine radiale et une bobine tangentielle. Cela permet d'utiliser les deux

30

signaux des deux bobines pour réaliser deux mesures par exemple simultanées qui seront traitées conjointement, ce qui renforce la fiabilité de la détection d'un défaut. Il est en effet possible que le signal traité de la bobine radiale ne révèle pas de défauts, alors que le signal traité de la bobine tangentielle traduira un défaut réel, et réciproquement. Comme expliqué précédemment il est préférable d'enregistrer le signal de sonde sur au moins 1,25 tours afin d'identifier clairement un tour complet pour le découpage du signal en tronçons polaires.

Enfin, un bon positionnement de la sonde est important pour la qualité des signaux traités. En particulier, la position de la bobine tangentielle dans l'entrefer doit se situer le plus possible au milieu de l'entrefer. Une sonde trop près du stator donne un signal de bobine tangentielle atténué, et une sonde trop près du rotor soit risque d'être cassée par le passage du rotor. En outre, la bobine tangentielle doit être positionnée de manière à ce qu'elle perçoive 100% de la composante tangentielle du flux d'entrefer. Pour cela, l'anneau formé par la bobine tangentielle doit former idéalement un angle de 90° avec les lignes du champ d'induction. Généralement, la canule de la sonde peut tourner autour de son axe et comporte un repère permettant l'orientation correcte de la bobine tangentielle, ainsi qu'un repère de limite d'introduction de la sonde dans l'entrefer. Concernant la bobine radiale, sa position est affectée uniquement par la distance de la sonde vis-à-vis du rotor, puisque idéalement la bobine est centrée sur l'axe de la canule qui lui-même est orienté radialement vers l'axe du rotor.

Le procédé de détection de défaut d'excentricité dynamique selon l'invention peut avantageusement être mis en œuvre dans un appareillage d'acquisition et de traitement des signaux qui réalise également la détection de défauts de court-circuit dans les bobinages du rotor d'une machine électrique tournante, à partir des signaux d'une sonde de flux d'entrefer montée dans la machine. En effet, comme expliqué notamment dans le brevet américain US3506914, à partir du signal mesuré par une sonde de flux d'entrefer, le traitement de parties du signal pour une comparaison pôle à pôle permet de rechercher d'éventuels indices révélateurs de la présence d'un court-circuit. Etant donné que le procédé de détection selon la présente invention génère des signaux de différence entre des tronçons polaires, il est possible d'exploiter ces signaux de différence pour rechercher la présence d'un court-circuit.

- 16 -

On notera qu'en cas de mélange de défauts de court-circuit et d'excentricité dynamique, les défauts de courts-circuits ne sont généralement pas détectés. En effet, les écarts globaux sur les différences pôle à pôle dus à l'excentricité vont prendre le pas sur les écarts locaux dus au court-circuit. Ainsi il est possible qu'un défaut  
5 d'excentricité cache un court-circuit. La recherche de la présence d'un court-circuit pourra être effectuée dès lors que le procédé de détection selon l'invention a permis de conclure à l'absence de défaut d'excentricité dynamique.

**REVENDICATIONS**

1. Procédé de détection d'un défaut d'excentricité d'un rotor d'une machine électrique tournante telle qu'un alternateur, utilisant des mesures de flux électromagnétique réalisées par une sonde disposée dans un entrefer de la machine, et
- 5 réalisant l'échantillonnage d'un signal de sonde ( $V_s$ ) mesuré par la sonde sur au moins un tour du rotor, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- l'identification d'un tronçon entier de la mesure du signal de sonde ( $V_s$ ) et son découpage en plusieurs tronçons polaires de même longueur chacun, ledit tronçon

10 entier correspondant à un tour complet du rotor, la longueur d'un dit tronçon polaire étant déterminée comme la longueur dudit tronçon entier divisée par le nombre de pôles du rotor ;

  - la génération d'au moins un signal de différence ( $G_i$ ) représentatif de la différence point par point entre les mesures du signal de sonde ( $V_s$ ) relatives à deux tronçons

15 polaires ;

  - le calcul d'un écart type ( $e$ ) dudit signal de différence ( $G_i$ ) ;
  - pour chaque paire de deux tronçons polaires correspondant à un signal de différence ( $G_i$ ), la détermination d'une valeur positive d'extremum ( $UG$ ) prenant en compte au moins un extremum ( $U$ ) des mesures du signal de sonde ( $V_s$ ) sur les

20 deux tronçons polaires ;

  - le calcul d'un indicateur d'excentricité ( $E_i$ ) pour chaque signal de différence ( $G_i$ ), prenant en compte ledit écart type ( $e$ ) du signal de différence ainsi que ladite valeur positive d'extremum ( $UG$ ) ; et
  - le signalement d'un défaut d'excentricité dynamique dès lors qu'au moins un dit

25 indicateur d'excentricité ( $E_i$ ) dépasse une valeur de seuil d'indicateur ( $S$ ) prédéterminée.
2. Procédé de détection selon la revendication 1, dans lequel ladite valeur positive d'extremum ( $UG$ ) du signal de sonde pour une paire de tronçons polaires est
- 30 déterminée comme égale au maximum de la valeur absolue des mesures du signal de sonde ( $V_s$ ) sur les deux tronçons polaires.

3. Procédé de détection selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'indicateur d'excentricité ( $E_i$ ) est calculé comme le ratio entre ledit écart type ( $e$ ) du signal de différence et ladite valeur positive d'extremum ( $UG$ ).

5

4. Procédé de détection selon la revendication 3, dans lequel ladite valeur de seuil d'indicateur ( $S$ ) est comprise entre 0,030 et 0,040, et est préférablement égale à 0,035.

5. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit signal de sonde ( $V_s$ ) est enregistré sur un nombre de tours du rotor compris entre 1,25 et 2,5.

6. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la fréquence d'échantillonnage du signal de sonde ( $V_s$ ) est au moins égale à 50 KHz, et l'échantillonnage utilise un convertisseur analogique/numérique ayant une résolution d'au moins 12 bits.

7. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel si un signal de top-tour est disponible on identifie dans le signal de sonde ( $V_s$ ) chaque instant correspondant à un top-tour ; et si un signal de top-tour n'est pas disponible, on construit ce signal ( $TT_0$ ,  $TT_1$ ) par auto-corrélation des mesures du signal de sonde ( $V_s$ ) effectuées sur au moins 1,25 tours, en connaissance de la fréquence théorique du réseau et du nombre de paires de pôles de la machine électrique, le top-tour étant identifié par les maxima de corrélation.

25

8. Procédé de détection selon la revendication 7, dans lequel on identifie un dit tronçon entier du signal de sonde ( $V_s$ ) comme la mesure du signal ( $V_s$ ) sur une période ( $Tr$ ) entre deux top-tours consécutifs ( $TT_0$ ,  $TT_1$ ), et on procède à un ré-échantillonnage du signal afin que chaque tronçon entier ait la même longueur en terme de nombre de points de mesure que la longueur théorique d'un tour sur la base de la fréquence théorique du réseau.

30

9. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on génère un nombre  $N_s$  de signaux de différence ( $G_1, G_2, \dots ; G_{N_s}$ ),  $N_s$  vérifiant la relation  $N_s = N_p - 1$  où  $N_p$  est le nombre de pôles de la machine électrique,
- 5 et dans lequel un défaut d'excentricité est signalé dès lors que l'indicateur d'excentricité ( $E_i$ ) d'au moins un signal de différence ( $G_i$ ) dépasse le seuil d'indicateur ( $S$ ).
10. Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes,
- 10 dans lequel deux tronçons polaires consécutifs sont comparés entre eux pour générer un dit signal de différence ( $G_i$ ).

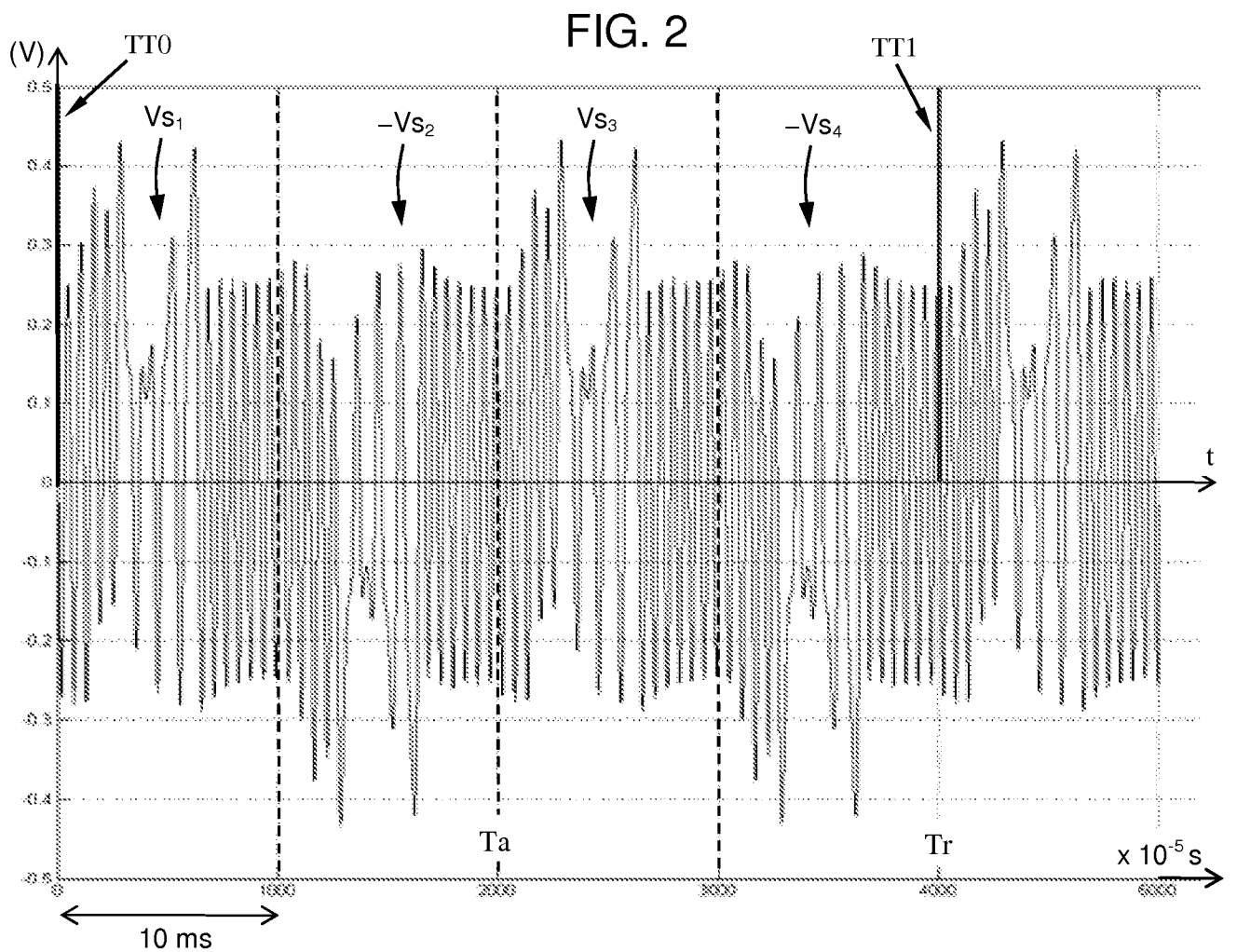
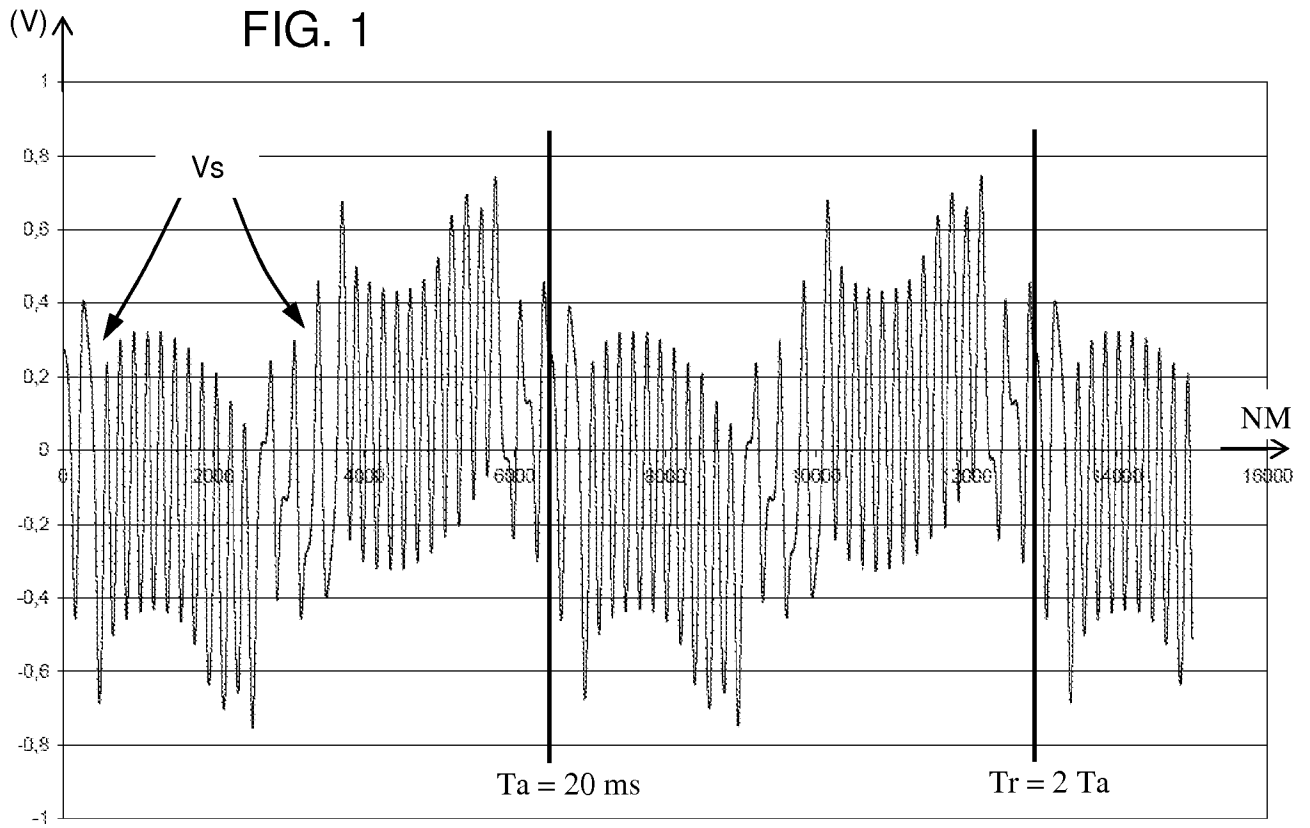


FIG. 3

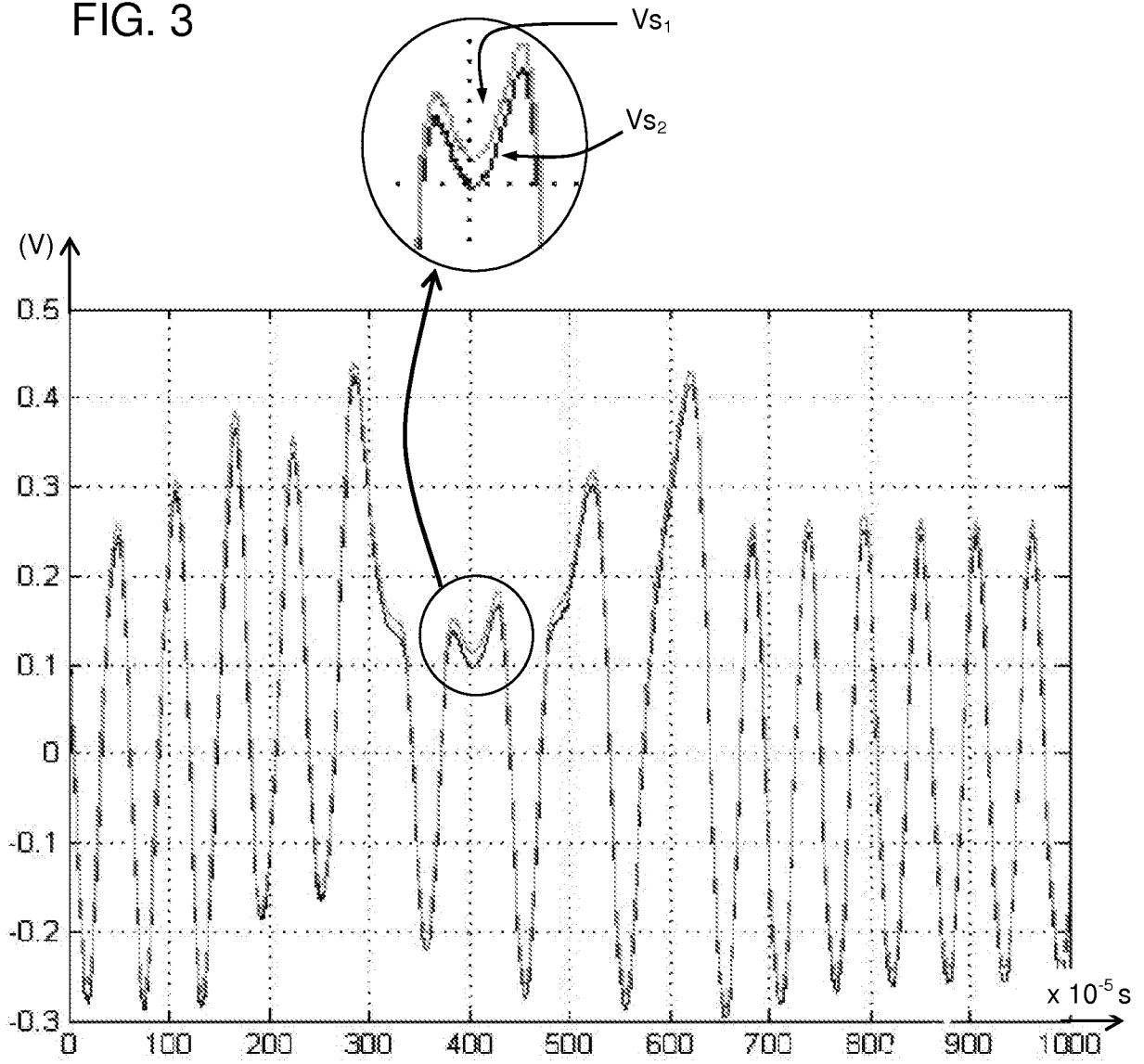
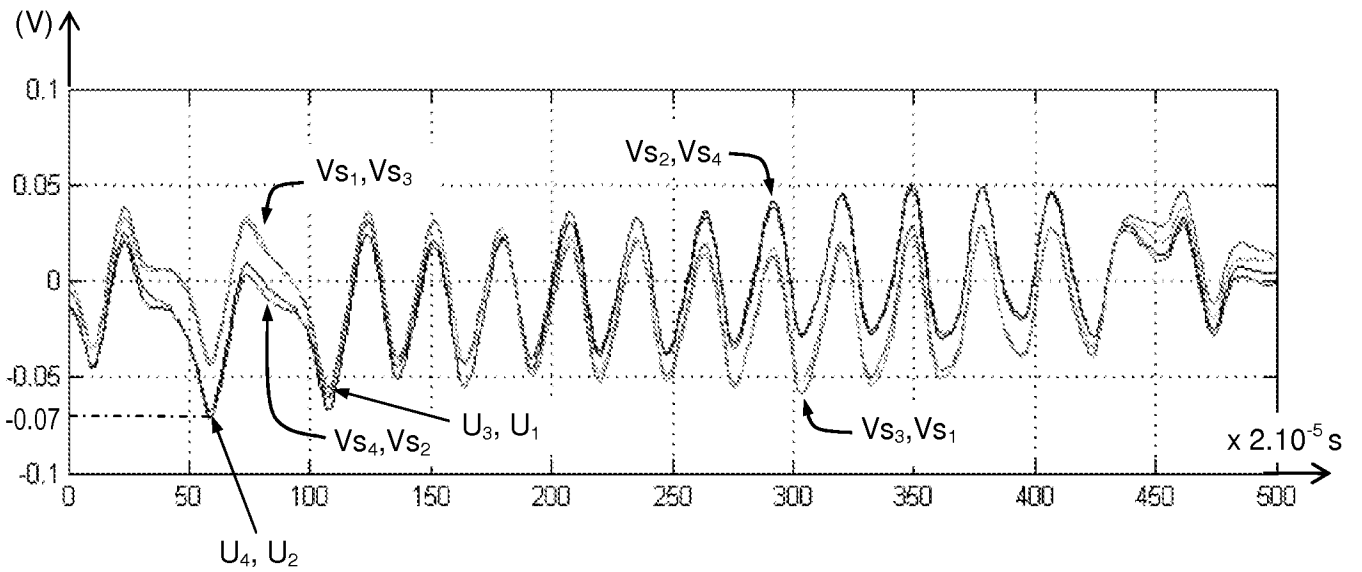


FIG. 4



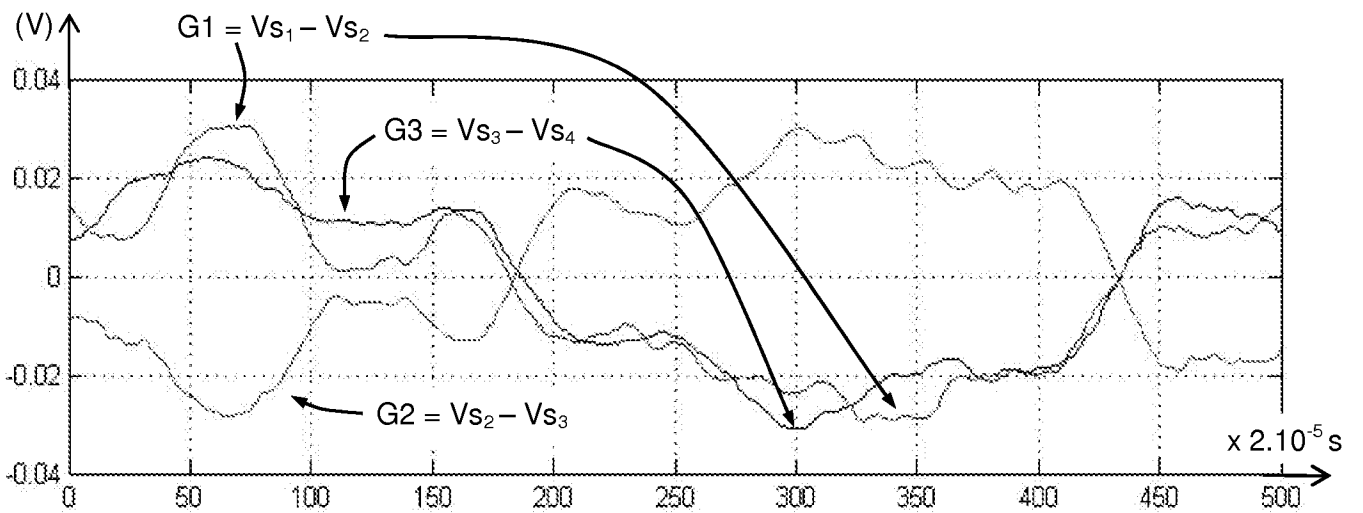
$$U_1 \approx U_3 \approx -0,06 \text{ V} \quad U_4 \approx U_2 \approx -0,07 \text{ V}$$

$$UG1 = \max (|U_1|, |U_2|) = |U_2| \approx 0,07 \text{ V}$$

$$UG2 = \max (|U_2|, |U_3|) = |U_2| \approx 0,07 \text{ V}$$

$$UG3 = \max (|U_3|, |U_4|) = |U_4| \approx 0,07 \text{ V}$$

FIG. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2014/050475

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01R31/34 H02K15/16  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G01R H02K  
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013/033215 A1 (KRISHNAMURTHY UMAMAHESHWAR [US] ET AL) 7 February 2013 (2013-02-07) page 2, paragraph [0041] - page 4, paragraph [0056]; figures 1-26 -----	1-10
A	EP 1 455 436 A1 (ECOLE POLYTECH [CH]) 8 September 2004 (2004-09-08) cited in the application the whole document ----- -/--	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  23 May 2014	Date of mailing of the international search report  02/06/2014
------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Bergado Colina, J
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2014/050475

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	NANDI S ET AL: "Condition monitoring and fault diagnosis of electrical machines-a review", CONFERENCE RECORD OF THE 1999 IEEE INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE. THIRTY-FORTH IAS ANNUAL MEETING (CAT. NO.99CH36370), IEEE, IEEE PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 1, 3 October 1999 (1999-10-03), pages 197-204, XP010355174, DOI: 10.1109/IAS.1999.799956 ISBN: 978-0-7803-5589-7 abstract page 200, right-hand column - page 201, right-hand column	1-10
A	DE 12 26 200 B (CONTINENTAL ELEKTRO IND AG) 6 October 1966 (1966-10-06) the whole document	1-10
A	EBRAHIMI B M ET AL: "Magnetic field and vibration monitoring in permanent magnet synchronous motors under eccentricity fault", IET ELECTRIC POWER APPLICATIONS, IET, UK, vol. 6, no. 1, 10 January 2012 (2012-01-10), pages 35-45, XP006041275, ISSN: 1751-8660, DOI: 10.1049/IET-EPA.2010.0159 the whole document	1-10
A	SHNIBHA R A ET AL: "Smart Technique for Induction Motors Diagnosis by Monitoring the Power Factor Using Only the Measured Current", JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL, GB, vol. 364, no. 1, 28 May 2012 (2012-05-28), page 12062, XP020223144, ISSN: 1742-6596, DOI: 10.1088/1742-6596/364/1/012062 the whole document	1-10
A	GUILLERMO A JIMÉNEZ ET AL: "Fault detection in induction motors using Hilbert and Wavelet transforms", ELECTRICAL ENGINEERING ; ARCHIV FÜR ELEKTROTECHNIK, SPRINGER, BERLIN, DE, vol. 89, no. 3, 24 February 2006 (2006-02-24), pages 205-220, XP019457881, ISSN: 1432-0487 the whole document	1-10
	----- -/--	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2014/050475

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006 280158 A (TOYOTA MOTOR CORP) 12 October 2006 (2006-10-12) abstract; figures 1-30 -----	1-10
A	KR 101 210 825 B1 (UNIV KOREA RES & BUS FOUND [KR]) 11 December 2012 (2012-12-11) the whole document -----	1-10
A	US 3 506 914 A (ALBRIGHT DONALD R ET AL) 14 April 1970 (1970-04-14) cited in the application the whole document -----	1-10
A	EP 1 464 974 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 6 October 2004 (2004-10-06) the whole document -----	1-10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/FR2014/050475
---------------------------------------------------

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013033215	A1	07-02-2013	NONE
-----			
EP 1455436	A1	08-09-2004	BR PI0407849 A 14-02-2006
		CA 2517249 A1	16-09-2004
		CN 1757150 A	05-04-2006
		EP 1455436 A1	08-09-2004
		US 2006261774 A1	23-11-2006
		WO 2004079888 A2	16-09-2004
-----			
DE 1226200	B	06-10-1966	NONE
-----			
JP 2006280158	A	12-10-2006	NONE
-----			
KR 101210825	B1	11-12-2012	KR 101210825 B1 11-12-2012
		WO 2013035948 A1	14-03-2013
-----			
US 3506914	A	14-04-1970	NONE
-----			
EP 1464974	A1	06-10-2004	DE 602004008132 T2 08-05-2008
		EP 1464974 A1	06-10-2004
		JP 4371262 B2	25-11-2009
		JP 2004304999 A	28-10-2004
		US 2004189279 A1	30-09-2004
-----			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2014/050475

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. G01R31/34 H02K15/16 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01R H02K		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2013/033215 A1 (KRISHNAMURTHY UMAMAHESHWAR [US] ET AL) 7 février 2013 (2013-02-07) page 2, alinéa [0041] - page 4, alinéa [0056]; figures 1-26 -----	1-10
A	EP 1 455 436 A1 (ECOLE POLYTECH [CH]) 8 septembre 2004 (2004-09-08) cité dans la demande le document en entier ----- -/--	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 23 mai 2014		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 02/06/2014
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Bergado Colina, J

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>NANDI S ET AL: "Condition monitoring and fault diagnosis of electrical machines-a review",                      CONFERENCE RECORD OF THE 1999 IEEE INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE. THIRTY-FORTH IAS ANNUAL MEETING (CAT. NO.99CH36370), IEEE, IEEE PISCATAWAY, NJ, USA,                      vol. 1, 3 octobre 1999 (1999-10-03), pages 197-204, XP010355174,                      DOI: 10.1109/IAS.1999.799956                      ISBN: 978-0-7803-5589-7                      abrégé                      page 200, colonne de droite - page 201, colonne de droite</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10
A	<p>DE 12 26 200 B (CONTINENTAL ELEKTRO IND AG) 6 octobre 1966 (1966-10-06)                      le document en entier</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10
A	<p>EBRAHIMI B M ET AL: "Magnetic field and vibration monitoring in permanent magnet synchronous motors under eccentricity fault",                      IET ELECTRIC POWER APPLICATIONS, IET, UK,                      vol. 6, no. 1,                      10 janvier 2012 (2012-01-10), pages 35-45,                      XP006041275,                      ISSN: 1751-8660, DOI:                      10.1049/IET-EPA.2010.0159                      le document en entier</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10
A	<p>SHNIBHA R A ET AL: "Smart Technique for Induction Motors Diagnosis by Monitoring the Power Factor Using Only the Measured Current",                      JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL, GB,                      vol. 364, no. 1, 28 mai 2012 (2012-05-28), page 12062, XP020223144,                      ISSN: 1742-6596, DOI:                      10.1088/1742-6596/364/1/012062                      le document en entier</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10
A	<p>GUILLERMO A JIMÉNEZ ET AL: "Fault detection in induction motors using Hilbert and Wavelet transforms",                      ELECTRICAL ENGINEERING ; ARCHIV FÜR ELEKTROTECHNIK, SPRINGER, BERLIN, DE,                      vol. 89, no. 3,                      24 février 2006 (2006-02-24), pages 205-220, XP019457881,                      ISSN: 1432-0487                      le document en entier</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10
	-----	
	-/--	

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	JP 2006 280158 A (TOYOTA MOTOR CORP) 12 octobre 2006 (2006-10-12) abrégé; figures 1-30 -----	1-10
A	KR 101 210 825 B1 (UNIV KOREA RES & BUS FOUND [KR]) 11 décembre 2012 (2012-12-11) le document en entier -----	1-10
A	US 3 506 914 A (ALBRIGHT DONALD R ET AL) 14 avril 1970 (1970-04-14) cité dans la demande le document en entier -----	1-10
A	EP 1 464 974 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 6 octobre 2004 (2004-10-06) le document en entier -----	1-10

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2014/050475

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013033215	A1	07-02-2013	AUCUN	
EP 1455436	A1	08-09-2004	BR PI0407849 A CA 2517249 A1 CN 1757150 A EP 1455436 A1 US 2006261774 A1 WO 2004079888 A2	14-02-2006 16-09-2004 05-04-2006 08-09-2004 23-11-2006 16-09-2004
DE 1226200	B	06-10-1966	AUCUN	
JP 2006280158	A	12-10-2006	AUCUN	
KR 101210825	B1	11-12-2012	KR 101210825 B1 WO 2013035948 A1	11-12-2012 14-03-2013
US 3506914	A	14-04-1970	AUCUN	
EP 1464974	A1	06-10-2004	DE 602004008132 T2 EP 1464974 A1 JP 4371262 B2 JP 2004304999 A US 2004189279 A1	08-05-2008 06-10-2004 25-11-2009 28-10-2004 30-09-2004