

Approche Structurale Pour La Surveillance Des Entraînements Electriques

S. Medjmadj , M. Mostefai
 Département D'électrotechnique, Faculté des Sciences de l'Ingénieur,
 Université Ferhat Abbas De Sétif, Algérie
 s_medjmadj@yahoo.fr

Résumé - Les systèmes de production deviennent de plus en plus complexes suite à une grande flexibilité et un fort degré d'automatisation. Leur conception et leur exploitation nécessite des techniques d'évaluation se basant sur deux aspects principaux : la performance et la sûreté de fonctionnement. L'évaluation de méthodes de diagnostic et de surveillance en vue d'augmenter les performances des systèmes de production nécessite l'intégration d'outils puissants permettant l'amélioration de leur sûreté de fonctionnement. Ce travail formule le problème de base de surveillance des systèmes et présente une synthèse dans le cadre des démarches de résolution basée sur l'application de l'approche des résidus structurés. Nous testons cette technique sur un entraînement électrique. Les résultats obtenus montrent l'efficacité de la méthode proposée.

Mots clés— Surveillance, Processus stochastique, Entraînement électrique, Structuration, Signature.

I INTRODUCTION

Les utilisateurs des entraînements électriques sont de plus en plus confrontés à la sûreté de fonctionnement de leur dispositif de production. Cette demande en terme de sûreté est motivée par les impératifs de production et se trouve actuellement au niveau des cahiers des charges imposés par les industriels à leurs fournisseurs. Ce n'est plus seulement le produit qui est vendu mais l'assurance d'un taux de disponibilité garanti. Ces contraintes imposées par le marché nécessitent un changement radical dans les politiques de conception. La maintenance, qui était principalement corrective dans les applications standard et préventive dans les applications critiques. Se doit être prédictive afin d'optimiser les coûts d'immobilisation et de changement de pièces. Qui dit maintenance prédictive, dit évaluation régulière de l'état du procédé, c'est-à-dire surveillance et analyse des indicateurs de panne sur du matériel de fonctionnement.

La surveillance donc d'un dispositif passe par la connaissance de son comportement sain (quelque soit son point de fonctionnement), la connaissance des défaillances pouvant l'affecter et la caractérisation des fonctionnements défaillants. Cette démarche d'analyse et d'évaluation de l'état d'un système impose une solide connaissance du procédé dans son contexte d'utilisation et un certain retour d'expérience concernant les défauts potentiels pouvant l'affecter. La surveillance automatisée et le diagnostic de pannes peuvent

aider à améliorer l'efficacité et la fiabilité du procédé par des mesures de prévention et d'intervention d'urgence [1]. La connaissance et la mesure des processus de vieillissement des éléments de l'application est le but permettant à la prédiction de défauts. Ces défauts peuvent aller jusqu'à l'endommagement total d'un élément qui paralyse le processus industriel, ce qui se répercute sur la production. Il est alors indispensable de faire un diagnostic préventif afin d'éviter les arrêts imprévus qui peuvent causer de lourdes pertes financières [2]. Pour une prise en charge des problèmes liés aux défauts de nature diverse, le concept de diagnostic en ligne à base des techniques analytiques à vue le jour pour répondre à des demandes, en matière de maintenance, de plus en plus exigeantes. Donc le processus de diagnostic peut se faire suivant les étapes suivantes [3]:

- Le choix d'un modèle mathématique ;
- Le choix des signaux d'entrées et de sorties;
- Un critère de similitude entre le modèle et le processus.

II. FORMULATION DU PROBLEME

Considérons la classe des systèmes se modélisant sous la forme d'état non linéaire suivante:

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x, w) \\ y = h(x, w) \end{cases} \quad (01)$$

Où $x \in X \subseteq \mathbb{R}^n$, $w \in W \subseteq \mathbb{R}^m$, $y \in Y \subseteq \mathbb{R}^p$ sont respectivement l'état, les signaux d'excitation et la sortie du système. Les fonctions $f(\cdot)$ et $h(\cdot)$ peuvent être a priori quelconques.

Le vecteur w est composé de quatre types de signaux différents :

$$w = (u^T \quad v^T \quad \varphi^T \quad \varepsilon^T)^T$$

Avec :

$u \in U \subseteq \mathbb{R}^{m_u}$ est le vecteur des entrées de commande

$v \in V \subseteq \mathbb{R}^{m_v}$ est le vecteur des signaux de perturbation qui ne se modélisent pas sous la forme d'un processus stochastique

$\varphi \in F \subseteq \mathbb{R}^{m_\varphi}$ est le vecteur des pannes

$\varepsilon \in E \subseteq \mathbb{R}^{m_\varepsilon}$ est le vecteur des signaux modélisés par un processus stochastique.

Suivant la composition de w , il est possible de qualifier de deux manières différentes les modèles d'état :

- Les modèles de fonctionnement sain, ces modèles ne prennent pas en compte les pannes :

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x, u, v) \\ y = h(x, u, v) \end{cases} \quad (02)$$

- Les modèles de fonctionnement défaillant, ces modèles introduisent les défauts dans les signaux d'excitation :

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x, u, v, \varphi) \\ y = h(x, u, v, \varphi) \end{cases} \quad (03)$$

Les problèmes à résoudre sont :

- détecter la présence de tout φ_i non nul (détection),
- et isoler tous les φ_i non nuls, s'il y en a (isolation),

Avec cette formulation, le problème de surveillance de pannes est déterminé si le vecteur modélisé par φ_i est nul ou non. Pour un modèle d'état ou d'autres modèles faisant intervenir des variables non directement mesurées, l'existence de ces variables inconnues est la difficulté principale dans la conception de générateur de résidus [1]. Ces défaillances peuvent être simples ou multiples. Puisque la détection de pannes peut se formuler comme un problème particulier de l'isolation, alors nous centrons notre étude sur l'isolation des défauts basée sur l'approche des résidés structurés.

III. SURVEILLANCE A BASE DES RESIDUS STRUCTURES

3.1 Définition

La structuration d'un résidus r_i par rapport à un ensemble de pannes $\{F\}$ de dimension n_f est le mot binaire S_{r_i} composé de n_f bits ($S_{i,j}$) positionnés de la manière suivante :

- $S_{i,j} = 1$ si le résidus r_i est affecté par le $j^{ième}$ élément de $\{F\}$

$S_{i,j} = 0$ si le résidus r_i est non affecté par le $j^{ième}$ élément de $\{F\}$

Les résidus structurés sont conçus de manière à être chacun affecté par un sous ensemble de fautes et robuste (non affecté) par rapport aux fautes restants. Lorsque une faute apparaît, seul un sous ensemble de résidus réagit. L'ensemble des résidus structurés est répertorié dans une table binaire, appelée la table des signatures. Si cette signature est nulle alors le système sera déclaré sain. Si une panne survient, la signature réelle deviendra non nulle [4 5].

3.2. Génération des résidus

Le principe de cette approche consiste à éliminer les variables inconnues apparaissant dans le système d'équation d'état (1). En supposant f et h analytiques et en dérivant chaque sortie y_i jusqu'à un ordre S_i d'où :

$$\bar{y}^{(s)} = A(x, \bar{u}^{(s)}, \bar{v}^{(s)}, \bar{\varphi}^{(s)}) \quad (04)$$

Un algorithme de calcul formel est utilisé pour trouver une base de Grobner en utilisant l'ordre d'élimination suivant :

$$x_1 \succ \dots \succ x_n \succ v^{(s)} \succ \dots \succ \dot{v} \succ v \succ \varphi^{(s)} \succ \dots \succ \dot{\varphi} \succ y^{(s)} \succ u^{(s)} \succ \dots \succ y \succ u \quad (05)$$

L'ordre d'élimination n'est pas unique, toutefois les variables d'état x seront toujours supérieures aux autres variables qui seront arrangées suivant des considérations de robustesse. D'où les relations recherchées sont :

$$\begin{cases} w_1(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, \bar{\varphi}^{(s)}) = 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, \bar{\varphi}^{(s)}) = 0 \end{cases} \quad (06)$$

Ces relations de redondance analytique sont décomposées en forme de calcul et en forme d'évaluation :

$$\begin{cases} w_{1,c}(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}) = w_{1,e}(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, \bar{\varphi}^{(s)}) \\ \cdot \\ \cdot \\ w_{n,c}(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}) = w_{n,e}(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, \bar{\varphi}^{(s)}) \end{cases} \quad (07)$$

$$w_{i,c}(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}) = w_i(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, 0) \quad (08)$$

$$w_{i,e}(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, \bar{\varphi}^{(s)}) = w_i(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, \bar{\varphi}^{(s)}) - w_{i,c}(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}) \quad (09)$$

Ces résidus peuvent servir pour la détection des défauts. Pour la localisation, une approche de structuration des résidus doit être envisagée.

3.3. Structuration des résidus

Après la procédure d'élimination, la table de signatures sera entièrement composée de un.

	$\bar{\varphi}_1^{(s)}$	$\bar{\varphi}_m^{(s)}$
w_1	1	1
.	.		.
.	.		.
w_n	1	1

Il est clair que la structure triangulaire ou diagonale est intéressante pour la localisation. Pour réaliser cela, nous allons présenter une méthode utilisant les résultants [6]

3.4. Utilisation des résultants pour la structuration

Nous allons considérer que la procédure d'élimination a fourni le système de RRA algébriquement indépendantes suivant [5] :

$$\begin{cases} w_1(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, \bar{\varphi}^{(s)}) = 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_{\eta^*}(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, \bar{\varphi}^{(s)}) = 0 \end{cases} \quad (10)$$

A partir de ce système, nous souhaitons construire de nouvelles RRA, indépendantes entre elles et robustes vis-à-vis d'une panne φ_i . Ces relations devront donc avoir une structure telle que le vecteur $\bar{\varphi}_i^{(s)}$ n'apparaisse plus.

Prenons deux RRA $w_j(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, \bar{\varphi}^{*(s)}, \varphi_i^{(l)}) = 0$ et

$w_k(\bar{y}^{(s)}, \bar{u}^{(s)}, \bar{\varphi}^{*(s)}, \varphi_i^{(l)}) = 0$ ou $\varphi_i^{(l)}$ est la composante à éliminer et $\bar{\varphi}^{*(s)}$ est le vecteur $\bar{\varphi}^{(s)}$ sans la composante à éliminer $\varphi_i^{(l)}$. Alors

$$\begin{aligned} \text{Re } s(w_j, w_k, \varphi_i^{(si)}) &= A_{j,k} w_k + B_{j,k} w_j \\ &= A_{j,k} 0 + B_{j,k} 0 \\ &= 0 \end{aligned}$$

Pour éliminer l'influence d'une panne φ_i par la méthode des résultants, chaque élément du vecteur $\bar{\varphi}_i^{(s)}$ doit être éliminé dans le système original.

IV. APPLICATION

4.1. Modèle de simulation

Dans le but de monter la praticabilité de l'approche évoquée, la méthodologie est appliquée à un entraînement électrique. Le but est d'élaborer un modèle aussi fin que possible qui puisse rendre compte de la réalité. Afin de pouvoir développer les relations entre les entrées et les sorties, l'ordre du modèle est augmenté, dans lequel, la présence de la vitesse mécanique conduit à un système d'équations différentielles non linéaires. Les signaux d'entrée et de sortie du modèle sont les composantes de Park des tensions et courants statoriques respectivement.

$$\text{Entrée : } V = \begin{bmatrix} v_{ds} \\ v_{qs} \end{bmatrix} \quad (11); \text{ Sortie : } y = \begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Le modèle de notre système est donné par les équations suivantes :

$$\begin{cases} v_{sd} = R_s i_{sd} + \frac{d\phi_{sd}}{dt} - \frac{d\theta_s}{dt} \phi_{sq} \\ v_{sq} = R_s i_{sq} + \frac{d\phi_{sq}}{dt} + \frac{d\theta_s}{dt} \phi_{sd} \\ 0 = R_r i_{rd} + \frac{d\phi_{rd}}{dt} - \frac{d\theta_r}{dt} \phi_{rq} \\ 0 = R_r i_{rq} + \frac{d\phi_{rq}}{dt} + \frac{d\theta_r}{dt} \phi_{rd} \end{cases} \quad (13)$$

Le lien entre les flux courants dans le repère (d,q) est :

$$\begin{bmatrix} \phi_{sd} \\ \phi_{sq} \\ \phi_{rd} \\ \phi_{rq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_s & 0 & M & 0 \\ 0 & L_s & 0 & M \\ M & 0 & L_r & 0 \\ 0 & M & 0 & L_r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \\ i_{rd} \\ i_{rq} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Pour trouver un modèle polynôme, nous choisissons le référentiel fixe par rapport au stator :

$$\theta_s = 0 \text{ et } \dot{\theta}_s = 0 \quad (15)$$

$$\theta_r = -\theta \text{ et } \dot{\theta}_r = -\dot{\theta} = -p\Omega \quad (16)$$

Le choix est toujours fait sur les variables d'état mesurables ou ayant un sens physique. Finalement, après les calculs, on aboutit à la forme d'équation d'état suivante :

$$\begin{cases} \dot{\Omega} = \frac{PM}{L_r J} (\phi_{rd} i_{sq} - \phi_{rq} i_{sd}) - \frac{B}{J} \Omega - \frac{C_r}{J} \\ \dot{\phi}_{sd} = \frac{1}{T_s \sigma} \phi_{sd} + \frac{M}{T_s L_r \sigma} \phi_{rd} + V_{sd} \\ \dot{\phi}_{sq} = \frac{1}{T_s \sigma} \phi_{sq} + \frac{M}{T_s L_r \sigma} \phi_{rq} + V_{sq} \\ \dot{\phi}_{rd} = \frac{M}{T_r L_s \sigma} \phi_{sd} - \frac{1}{T_r \sigma} \phi_{rd} - P\Omega \phi_{rq} \\ \dot{\phi}_{rq} = \frac{M}{T_r L_s \sigma} \phi_{sq} - \frac{1}{T_r \sigma} \phi_{rq} + P\Omega \phi_{rd} \end{cases} \quad (17)$$

$$\begin{cases} y_1 = x_1 \\ y_2 = x_4 \\ y_3 = x_5 \end{cases} \quad (18)$$

Avec : $\gamma = -\frac{1}{\sigma}(\alpha + (1-\sigma)\beta)$; $\beta = \frac{1}{T_r}$; $\alpha = \frac{1}{T_s}$ et $\delta = \frac{M}{L_s L_r \sigma}$

$T_s = L_s / R_s$: Constante de temps statorique

$T_r = L_r / R_r$: Constante de temps rotorique

$\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_s L_r}$: Coefficient de dispersion.

$\Omega = \frac{\omega r}{p}$: Vitesse de rotation du rotor

On pose le vecteur d'état :

$$x = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5]^t = [\Omega \ \phi_{rd} \ \phi_{rq} \ I_{sd} \ I_{sq}]^t$$

Les équations de RRA générées sont exprimées par les expressions suivantes [7]:

$$\rho_1 = p^2 L_s \sigma A_1 (p y_1 y_2 - \beta y_3) + p^2 L_s \sigma A_2 (p y_1 y_3 - \beta y_2) + \left(\beta^2 + (p y_1)^2 \right) \left(J (p \dot{y}_1) + B p y_1 \right) + p C_r = 0 \quad (19)$$

$$\rho_2 = \left[\beta^2 + (p y_1)^2 \right] \left[\dot{A}_1 - \frac{1-\sigma}{\sigma} \left[\beta^2 y_2 + \beta p y_1 y_3 \right] \right] - \left[\beta A_2 + A_1 p y_1 \right] \left[-2\beta p y_1 + p \dot{y}_1 \right] - \left[\beta A_1 - A_2 p y_1 \right] \left[(p y_1)^2 - \beta^2 \right] = 0 \quad (20)$$

$$\rho_3 = \left[\beta^2 + (p y_1)^2 \right] \left[\dot{A}_2 - \frac{\beta(1-\sigma)}{\sigma} \left[\beta y_3 + p y_1 y_2 \right] \right] - \left[\beta A_1 + A_2 p y_1 \right] \left[-2\beta p y_1 + p \dot{y}_1 \right] - \left[\beta A_2 - A_1 p y_1 \right] \left[(p y_1)^2 - \beta^2 \right] = 0 \quad (21)$$

4.2. Génération des résidus structures

Les résidus sont conçus de façon à être chacun affecté par un sous ensemble de fautes et robuste (non affecté) par rapport aux fautes restantes. Lorsqu'une faute apparaît, seul un sous ensemble de résidus réagit. Ces sous ensembles de défauts permettent de structurer une table de signature appelée également matrice d'incidence.

La panne la plus probable dans les entraînements électriques est celle rotorique. Elle se traduit par une augmentation de la résistance équivalente d'un enroulement rotorique. Cette défaillance rotorique induit hélas des ondulations du couple électromagnétique qui elles-mêmes provoquent des oscillations de la vitesse de rotation de la MAS ce qui engendre des vibrations mécaniques donc un fonctionnement anormal. Pour localiser le défaut, nous nous devons de générer un résidu prélever. Les deux relations ρ_2 et ρ_3 sont écrites sous la

forme de polynôme en la variable β avec les coefficients

$$\left(\bar{y}_1^{(1)}, \bar{y}_2^{(2)}, \bar{y}_3^{(2)}, \bar{v}_{s_d}^{(1)}, \bar{v}_{s_q}^{(1)}, \beta \right)$$

$$\begin{cases} \rho_2 = S_{2.3}^\beta \cdot \beta^3 + S_{2.2}^\beta \cdot \beta^2 + S_{2.1}^\beta \cdot \beta + S_{2.0}^\beta \\ \rho_3 = S_{3.3}^\beta \cdot \beta^3 + S_{3.2}^\beta \cdot \beta^2 + S_{3.1}^\beta \cdot \beta + S_{3.0}^\beta \end{cases} \quad (22)$$

Avec :

$$S_{2.3}^\beta = \frac{1}{\sigma} \left(\alpha y_2 + \dot{y}_2 - \frac{V_{sd}}{L_s} \right)$$

$$S_{2.2}^\beta = \dot{S}_1 + p y_1 S_2 + p \dot{y}_1 y_3 \left(1 - \frac{1}{\sigma} \right)$$

$$S_{2.1}^\beta = (p y_1)^2 S_1 - p \dot{y}_1 S_2 + p^2 y_1 (y_2 \dot{y}_1 - y_1 \dot{y}_2) \left(1 - \frac{1}{\sigma} \right)$$

$$S_{2.0}^\beta = (p y_1)^3 S_2 - p^2 y_1 \dot{y}_1 S_1 + (p y_1)^2 \dot{S}_1$$

$$S_{3.3}^\beta = \frac{1}{\sigma} \left(\alpha y_3 + \dot{y}_3 - \frac{V_{sq}}{L_s} \right)$$

$$S_{3.2}^\beta = \dot{S}_2 + p y_1 S_1 + p \dot{y}_1 y_2 \left(1 - \frac{1}{\sigma} \right)$$

$$S_{3.1}^\beta = (p y_1)^2 S_2 - p \dot{y}_1 S_1 + p^2 y_1 (y_3 \dot{y}_1 - y_1 \dot{y}_3) \left(1 - \frac{1}{\sigma} \right)$$

$$S_{3.0}^\beta = (p y_1)^3 S_1 - p^2 y_1 \dot{y}_1 S_2 + (p y_1)^2 \dot{S}_2$$

$$S_1 = \alpha y_2 + \sigma \dot{y}_2 - \frac{V_{ds}}{L_s} \quad \text{et}$$

$$S_2 = \alpha y_3 + \sigma \dot{y}_3 - \frac{V_{qs}}{L_s}$$

La RRA robuste par rapport à β est obtenu en calculant le résultant entre ρ_2 et ρ_3 par rapport à β , $\left(\beta = \frac{R_r}{L_r} \right)$;

$$\left(\alpha = \frac{R_s}{L_s} \right)$$

4.2.1. Définition

Soient f et $g \in k [x_1, \dots, x_n]$ telles que

$$\begin{cases} f = a_l \cdot x_1^l + \dots + a_0 & (a_l \neq 0) \\ g = b_k \cdot x_1^k + \dots + b_0 & (b_k \neq 0) \end{cases}$$

Où $a_i, b_i \in k [x_1, \dots, x_n]$. Alors, la matrice de Sylvester de f et g par rapport à x_1 , notée $Sylv(f, g, x_1)$ est définie de la manière suivante

$$Sylv(f, g, x_1) = \begin{bmatrix} a_l & 0 & \dots & 0 & b_k & 0 & \dots & 0 \\ a_{l-1} & a_l & \dots & 0 & b_{k-1} & b_k & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_0 & \vdots & \dots & a_l & b_0 & \vdots & \dots & b_k \\ 0 & a_0 & \dots & \vdots & 0 & b_0 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & a_0 & 0 & \dots & 0 & b_0 \end{bmatrix}$$

Nous allons maintenant appliquer cette définition pour trouver la RRA robuste par rapport à la panne rotorique.

$$\rho_4^\beta = \text{Re } s(\rho_2, \rho_3, \beta) = \det(Sylv(\rho_2, \rho_3, \beta))$$

$$Sylv(\rho_2, \rho_3, \beta) = \begin{bmatrix} S_{2,3}^\beta & 0 & 0 & S_{3,3}^\beta & 0 & 0 \\ S_{2,2}^\beta & S_{2,3}^\beta & 0 & S_{3,2}^\beta & S_{3,3}^\beta & 0 \\ S_{2,1}^\beta & S_{2,2}^\beta & S_{2,3}^\beta & S_{3,1}^\beta & S_{3,2}^\beta & S_{3,3}^\beta \\ S_{2,0}^\beta & S_{2,1}^\beta & S_{2,2}^\beta & S_{3,0}^\beta & S_{3,1}^\beta & S_{3,2}^\beta \\ 0 & S_{2,0}^\beta & S_{2,1}^\beta & 0 & S_{3,0}^\beta & S_{3,1}^\beta \\ 0 & 0 & S_{2,0}^\beta & 0 & 0 & S_{3,0}^\beta \end{bmatrix}$$

$$\rho_4^\beta = \det(Sylv(\rho_2, \rho_3, \beta)) = 0 \quad (23)$$

Tous les résidus ρ_i calculés sont donnés par la table des signatures des deux défauts ci dessous :

	β	α
ρ_1	1	1
ρ_2	1	1
ρ_3	1	1
ρ_4	0	1

D'un point de vue structurelle, la panne rotorique est entièrement détectables et localisables.

4.3. Résultats de simulations

Le signal de modulation choisi est un signal triangulaire de fréquence supérieur (environ 10 fois) au signal entrant. La figure (4.1) montre le fonctionnement pour une onde sinusoïdale de 50 Hertz.

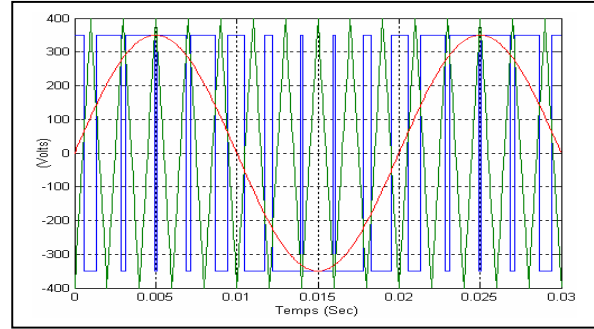


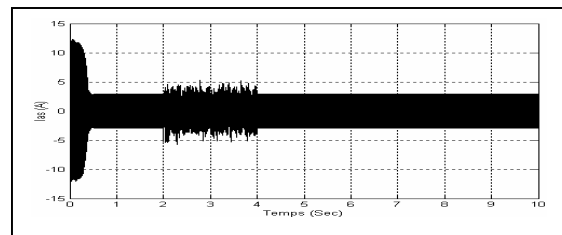
Fig. 4.1. Modulation d'une sinusoïde
Par une onde triangulaire

La modélisation proposée suppose que le temps de commutation des interrupteurs est infiniment court .

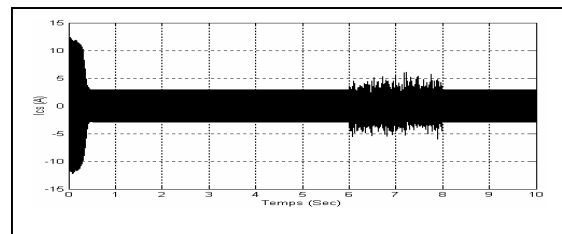
Les paramètres de la MAS sont les suivants:

$$R_s=10\Omega, L_s=0.38H, R_r=3.5\Omega, L_r=0.3H, p=2, M=0.3H, J=2.10^{-2}kg.m^2, B=4.10^{-2}Nms/rad$$

Pour illustrer l'intérêt de la méthode, on suppose qu'entre les intervalles de temps $t=[2s \ 4s]$ et $t=[6s \ 8s]$ associé à un fonctionnement normal on a un bruit et ajouté aux capteurs de mesure des courants statoriques I_{as} et I_{cs} de variance 2 pour chacun. La figure (4.2) représente l'allure des deux types de défaut sur les capteurs des courants statoriques I_{as} et I_{cs} .



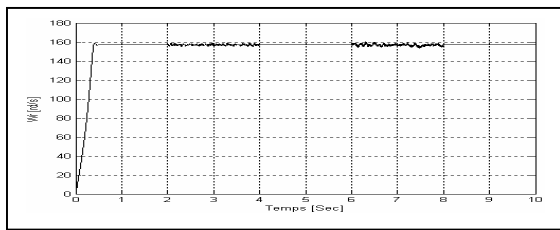
Courant statorique de la phase « a »



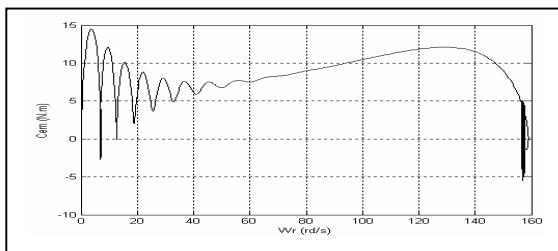
Courant statorique de la phase « c »

Les résultats de simulation sont donnés par les figures suivantes.

V. CONCLUSION



Vitesse



$Cem = f(Wr)$

Fig.4.2. Caractéristiques de l'entraînement électrique en fonctionnement défaillant

La figure (4.3) représente l'évolution de trois résidus de notre processus (Convertisseur – MAS à rotor bobiné) dans le cas défaillant. On constate que les trois résidus sont affectés d'une manière très importante à l'instant d'apparition du défaut.

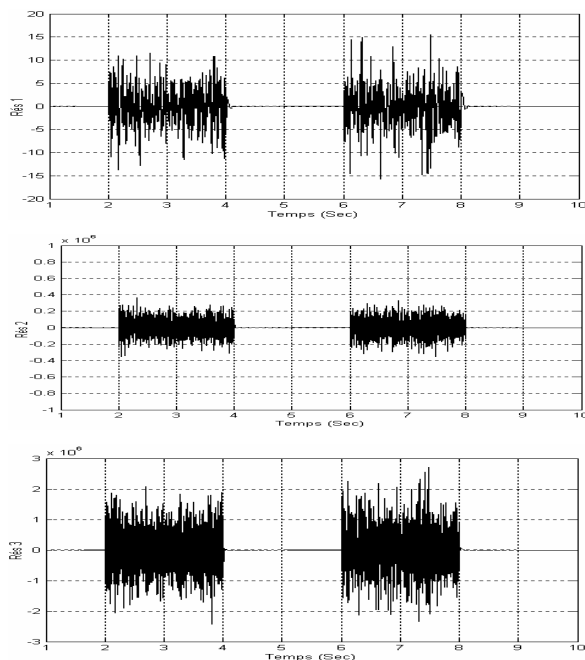


Fig. 4.3. Résidus lors du défaut

La surveillance automatisée est aujourd'hui primordiale pour la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et l'efficacité des systèmes ainsi que pour la sécurité ou la protection de l'environnement. Dans cet article nous avons appliqué l'approche des résidus structurés pour la surveillance des entraînements électriques décrits par les relations polynomiales. Cette technique est fondée sur le calcul a priori d'un ensemble de RRAs qui relient les valeurs observables du système. La génération de ces résidus sont de manière à être chacun affecté par un sous ensemble de défauts et robuste (non affecté) par rapport aux fautes restantes. Lorsqu'une faute apparaît, seul un sous ensemble de résidus réagit et elle consiste à comparer en ligne la signature du système et les différentes signatures de panne pré calculées. Son inconvénient majeur est la complexité du modèle qui suppose un volume de calcul important.

REFERENCES

- [1] XU. Aping, " Observateurs adaptatifs non - linéaires et diagnostic de pannes", Pour obtenir le grade de Docteur de l'université de RENNES1, S.P.M/ université de RENNES1, Sept 2002.
- [2] Djilali, T, "Emploi de l'analyse spectrale du courant de ligne pour la détection des défauts d'excentricités dans les moteur asynchrones à cage d'écurueil", CEE'02, Conférence on electrical engineering, BATNA – DEC 2002.
- [3] T. Boumegoura, " Recherche de signature électromagnétique des défauts dans une machine asynchrone et synthèse d'observateurs en vue du diagnostic ", Pour obtenir le grade de Docteur en Génie électrique, Ecole centrale de LYON, Mars 2001.
- [4] Coquempot, V, J. Ph. Casser and M. Staroswiecki "Generation of robust analytical redundancy relations", ECC, Grenoble (France) pp.309-314
- [5] M. Staroswiecki, G. Comtet - Varga " Analytical redundancy relations for fault detection and isolation in algebraic dynamic systems" LAIL-CNRS UPRESA 8.21, Université de science et technologies de LILLE, 59655 Villeneuve d'Ascq CEDEX.
- [6] C. Christophe, V. Coquempot and M. Starwiecki " Non sinusoidal generation for FDI Induction Motor ", LAIL UPRESA 8021, Université de science et technologies de LILLE, 59655 Villeneuve d'Ascq CEDEX.
- [7] S. Medjmadj, M. Mostefai et R. Khenfer " Utilisation des methods d'élimination pour la génération de résidus en vue de la surveillance des systèmes décrits par les relations polynomiales", First International conference on Electrical systems PCSE'05, Oum Bouaghi, ALGERIA, 2005.