

Chapitre 1

Notion sur les défaillances de la machine asynchrone

1. Introduction

Les entraînements électriques utilisent de plus en plus souvent les machines asynchrones, car elles sont réputées pour leur robustesse, leur puissance massique, leur faible coût de construction et leur entretien minimum [RAZ01].

La machine est maintenant largement utilisée dans des applications nécessitant une vitesse variable, elle peut faire appel à des commandes de type scalaire ou vectoriel. Elle tend effectivement à remplacer la machine à courant continu dans la plupart des entraînements à vitesse variable. Toutes ces qualités expliquent le regain d'intérêt de l'industrie vis à vis de ce type de machine. De plus, le développement récent de l'électronique de puissance et de commande permettent aux machines asynchrones à cage d'écureuil de jouir des mêmes performances que celles des machines à courant continu. Cependant, malgré les qualités évoquées, il n'est pas rare que les machines asynchrones présentent quelques anomalies qui peuvent provenir d'un vieillissement prématuré ou autre.

En effet, c'est le problème des ruptures des barres dans les moteurs des stations de pompage qui a été à l'origine des premiers travaux de recherche sur le diagnostic proprement dit des machines asynchrones [CH99]. Plusieurs travaux se sont succédés dans la même voie où ont été introduits les différents défauts de la machine asynchrone comme les courts circuits, les défauts d'excentricité ou encore l'usure des paliers. Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés aux différents défauts qui peuvent altérer le fonctionnement normal de la machine asynchrone, sans être exhaustif, nous présenterons les principales pannes et dysfonctionnements ainsi que leurs causes. En effet, les défauts de la machine asynchrone peuvent avoir des causes variées, ils peuvent être dus au vieillissement des différents constituants ou bien aux conditions d'utilisation ou encore tout simplement à un défaut de fabrication dont l'effet serait imperceptible lors de la mise en service.

Nous aborderons par la suite les signatures des différents défauts sur les grandeurs et paramètres de la machine asynchrone, nous terminerons ce chapitre par des résultats qui serviront par la suite pour discriminer entre le cas de fonctionnement en régime sain et le cas de fonctionnement en régime de défauts.

2. Constitution de la machine asynchrone :

Dans ce paragraphe, nous allons présenter de manière générale les deux parties principales qui constituent la machine asynchrone

La machine asynchrone est constituée d'un circuit magnétique et de bobinages parcourus par des courants. Elle comporte : un stator fixe et un rotor mobile autour de l'axe de symétrie de la machine.

Dans des encoches réparties sur la face interne du stator, on trouve trois enroulements identiques logés, à p paires de pôles, distants entre eux d'un angle électrique égal à $2\pi/3$. Un empilement de tôles ferromagnétiques fines et découplées réalisent le circuit magnétique, ceci fait apparaître le stator, le rotor et les différentes encoches.

Le bobinage statorique se divise en deux parties :

- Les conducteurs d'encoches qui permettent de créer dans l'entrefer le champ magnétique.
- Les têtes de bobines qui organisent la circulation des courants d'un conducteur d'encoche à l'autre. Pour limiter les ondulations du couple électromagnétique, on essaye d'obtenir à la surface de l'entrefer une distribution de courant qui soit la plus proche du signal sinusoïdal.

Les trois phases statoriques sont alimentées par un réseau triphasé de tensions sinusoïdales à fréquence et amplitude constantes ou par un onduleur de tension ou de courant à fréquence et à amplitude réglables.

On trouve soit :

- Un système d'enroulements triphasés (rotor bobiné).
- Une cage conductrice intégrée aux tôles ferromagnétiques (rotor à cage)

Dans le rotor à cage, les anneaux de court-circuit permettent la circulation des courants d'un conducteur d'encoche à l'autre. Cette réalisation ne nous permet pas d'obtenir une

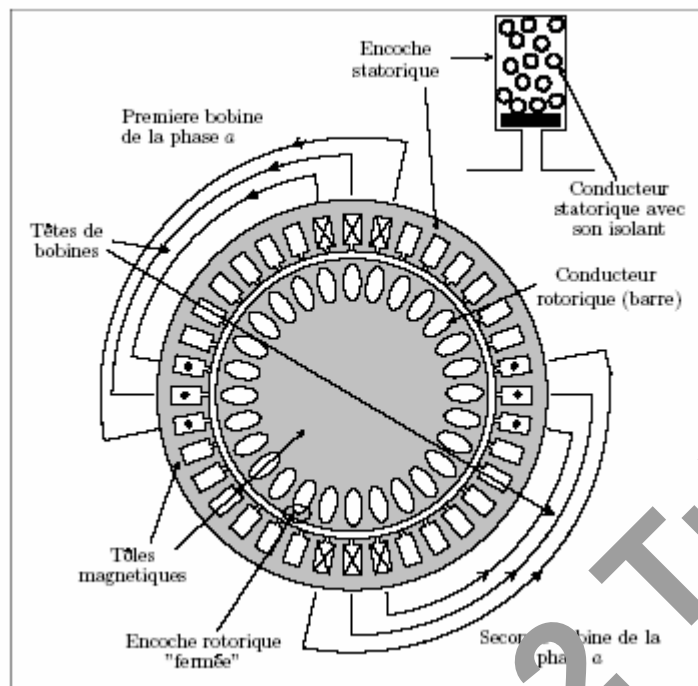


Figure 1.1. Coupe schématisique de la machine asynchrone [SCH99]

Les machines asynchrone triphasé peuvent se décomposer du point de vue mécanique en trois parties distinctes:

- _le stator: partie fixe de la machine qui est connecté à l'alimentation électrique.
- _le rotor: partie tournante qui permet de mettre en rotation la charge mécanique
- _les paliers: partie mécanique qui permet la rotation de l'arbre moteur.

2.1 Le stator de la machine est constitué de tôles d'aciers dans les quelles sont placés les bobinages statique. Ces tôles sont habituellement recouvertes de vernis pour limiter l'effet des courants de Foucault, au final elles sont assemblés les unes aux autres à l'aide de boulons ou de soudures pour former le circuit magnétique statorique. L'isolation entre les enroulements électrique et tôles d'acier s'effectue à l'aide de matériaux isolant qui peuvent être de différents types suivant l'utilisation de la machine asynchrone (fig. 1.1).

Le bobinage statorique peut se décomposer en deux parties (fig. 1.2, 1.3) : les conducteurs d'encoches et les têtes de bobines. Les conducteurs d'encoches permettent de créer dans l'entrefer le champ magnétique à l'origine de la conversion électromagnétique. Les têtes de bobines permettent, quant à elles, la fermeture des courants en organisant la circulation judicieuse des courants d'un conducteur d'encoche à l'autre. L'objectif est d'obtenir à la

surface de l'entrefer une distribution de courant la plus sinusoïdale possible, afin de limiter les ondulations du couple électromagnétique. Le stator de la machine asynchrone est pourvu aussi d'une plaque à bornes à laquelle est reliée l'alimentation électrique

2.2 Réalisation du bobinage statorique :

Concrètement, le bobinage statorique est réalisé par la mise en série et parallèle de spires élémentaires. L'organisation des spires est faite en fonction de la vitesse, du couple et des tensions d'alimentation désirés de la machine. Comme le montrent les figures 1.1 et 1.2, Pour des raisons techniques de mise en oeuvre, et pour limiter les effets perturbateurs, les conducteurs statoriques sont réalisés en fil de cuivre isolé de petite section. L'isolation est assurée par une résine protectrice dont les qualités d'isolation et de tenue à la chaleur déterminent en grande partie l'utilisation possible de la machine. Dans certaines machines, on peut trouver plusieurs sections par encoche, les sections pouvant appartenir à des phases différentes. Une isolation supplémentaire peut être ajoutée pour améliorer le mur isolant entre les phases. Placé dans les encoches, le bobinage est encastré dans un vernis qui le maintient collé, tout en améliorant l'isolation électrique. Une petite cale supplémentaire aide au blocage des conducteurs dans leur encoche. En effet, les efforts mis en jeu (force de Lorentz) peuvent être très importants. Les vibrations des conducteurs et les divers frottements qui en résultent accélèrent l'usure des isolants. Le facteur principal de vieillissement reste cependant la chaleur.

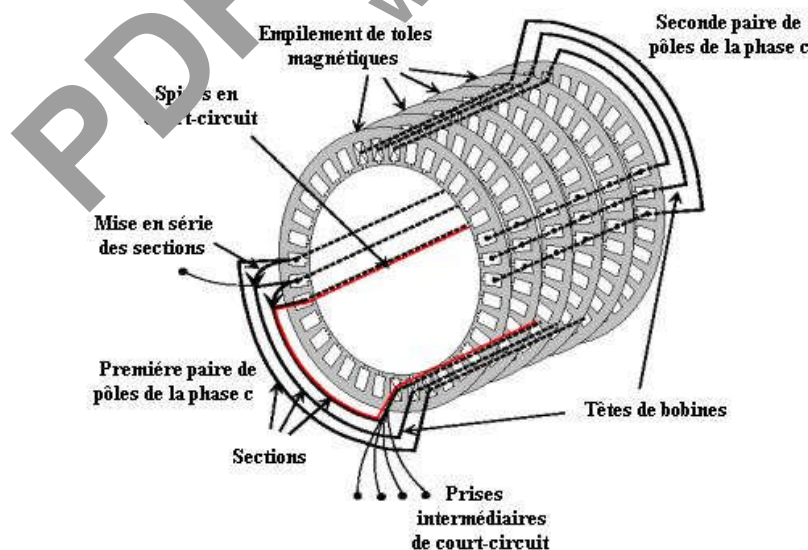


Figure I.2 : Représentation schématique du stator [SCH99]

Les machines disposent donc généralement d'un ventilateur pour limiter leur montée en température. Placé à une extrémité, ce ventilateur force le passage de l'air entre les ailettes extérieures, ou dans l'entrefer et la carcasse magnétique, pour les grosses machines. Les contraintes sur le bobinage statorique dépendent du type de machine et de son utilisation. Pour les machines fonctionnant en atmosphère polluée, la poussière et l'humidité se déposant au niveau des têtes de bobines affaiblissent plus particulièrement l'isolation électrique de ces régions. Pour les machines haute tension, c'est à la sortie des encoches que le champ électrique est le plus élevé, en raison de la discontinuité du circuit électrique. D'une façon générale, c'est aussi à la sortie des encoches que les vibrations mécaniques sont les plus contraignantes.

2.3 Le rotor : Tout comme le stator le circuit magnétique rotorique est constitué de tôles d'acier qui sont en générale de même origine que celles utilisées pour la constitution du stator. Les rotors des machines asynchrone peuvent être de deux types : à cage d'écureuil ou bobinés. Les rotors bobinés sont construits de la même manière que les enroulements statoriques. Dans le cas des rotors à cage d'écureuil (fig. 1.3), les conducteurs sont réalisés par coulage d'un alliage d'aluminium pour les petits moteurs, ou par des barres massives de cuivre préformées et frettées dans les tôles du rotor pour les gros moteurs. Il n'y a généralement pas, ou très peu, d'isolation entre les barres rotoriques et les tôles magnétiques. Mais leur résistance est suffisamment faible pour que les courants ne circulent pas dans les tôles, sauf peut-être lorsqu'il y a une rupture de barre.

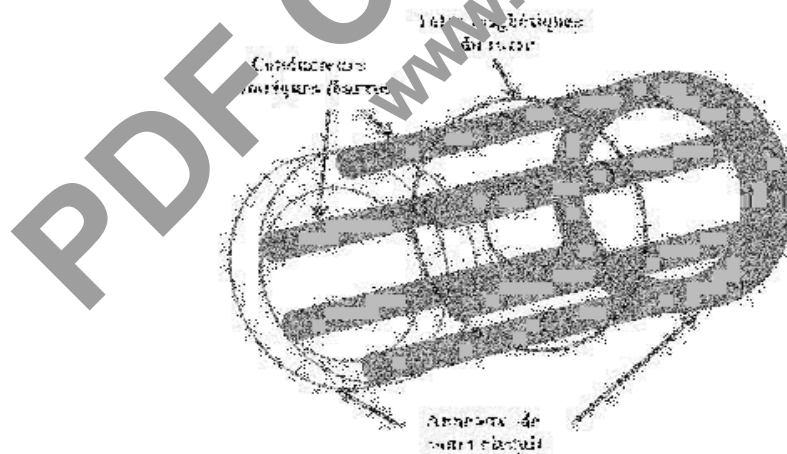


Figure 1.3 : Représentation schématique du rotor [SCH99]

Les anneaux de court-circuit permettent la circulation des courants d'un conducteur d'encoche (barre rotorique) à l'autre. Si ce type de réalisation ne permet pas véritablement d'obtenir une distribution sinusoïdale de courant à sa surface, il est par contre extrêmement robuste, peu coûteux, et donc très répandu

2.4 Les paliers : qui permettent de supporter et de mettre en rotation l'arbre rotorique sont constitué de flasques et de roulements insérés à chaud sur l'arbre les flasques moulés en fonte sont fixés sur le carter statorique grâce à des boulons ou des tiges de serrage. L'ensemble ainsi établi constitue alors la machine asynchrone à cage d'écureuil.

3. Présentation des différentes défaillances de la machine asynchrone

Bien que la machine asynchrone à cage d'écureuil soit réputée robuste elle peut parfois présenter différents type de défauts ces défauts peuvent être d'origine mécanique ou électrique un problème minime à l'étape de fabrication peut être à l'origine d'un défaut tout comme une utilisation non conforme de la machine. Certaines fois nous pouvons aussi incriminer le milieu dans le quel la machine est utilisée (milieu corrosifs et/ ou chimiques hostiles)

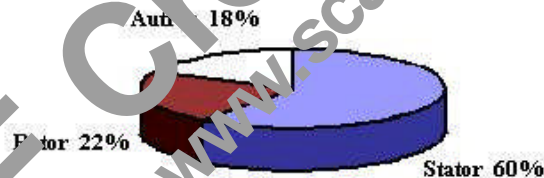


Figure 1.4 : Proportion des défauts de la machine asynchrone [RAZ03]

Le figure suivante nous permet de présenter les causes des pannes les plus courantes : les vibrations mécaniques et la surcharge sont les plus importantes.



Figure 1.5 : Etude statistique des causes des défauts

3.1 Défaillance d'ordre mécanique:

C'est les défaillances les plus rencontrées en générale parmi les défauts que compte la machine asynchrone, ces défauts peuvent apparaître au niveau des flasques des roulements à bille ou de l'arbre moteur.

3.1.1 Défaillance des roulements

Les roulements à bille jouent un rôle très importants dans le fonctionnement de différentes machines électriques. Les défauts de roulements peuvent être causés par un mauvais choix du matériau à l'étape de fabrication. Les problèmes de rotation causés par un roulement abîmé écaillé ou fissuré peuvent créer des perturbations au sein de la machine. La graisse qui permet la lubrification et la bonne rotation des roulements peut s'oxydifier et causer une résistance à la rotation. L'analyse vibratoire de la machine ou l'analyse harmonique des courants statoriques permet de détecter ce type de défaillances.

3.1.2 Défaillance du flasque

Les défauts créés par les flasques de la machine asynchrone sont le plus généralement causés à l'étape de fabrication; en effet un mauvais placement des flasques provoque un désalignement des roulements à billes ce qui induit une excentricité au niveau de l'arbre de la machine. Il est possible de détecter ce type de défaillance par une analyse vibratoire ou l'analyse harmonique des courants absorbés par la machine.

3.1.3 Défaillance de l'arbre

L'arbre de la machine peut laisser paraître une fissure due à l'utilisation d'un mauvais matériau lors de sa construction, à court ou long terme cette fissure peut mener à une fracture nette de l'arbre provoquant un arrêt irrémédiable de la machine asynchrone. Les milieux corrosifs peuvent aussi affaiblir la robustesse de l'arbre de la machine; par exemple l'humidité peut provoquer des microfissures et conduire à la détérioration complète de la machine, l'excentricité statique, dynamique ou mixte peut induire des efforts considérables sur l'arbre moteur amenant ainsi une fatigue supplémentaire.

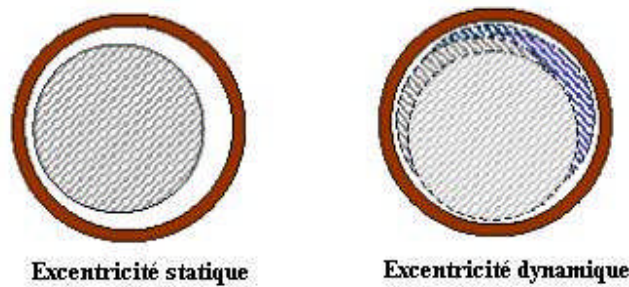


Figure 1.7 : *L'excentricité dynamique et statique [CAS03]*

Une analyse vibratoire, une analyse par ultrasons une analyse fréquentielle des courants absorbés ou simplement une analyse visuelle de l'arbre de la machine permet de détecter ce type de défaillance.

3.2 Défaillance d'ordre électrique

Les défaillances d'ordre électrique peuvent être la cause de l'arrêt de la machine (au même titre que les défaillances mécanique), ces défaillances se séparent en deux catégories bien distinctes, les défaillances qui peuvent apparaître dans les circuits électriques statorique et celle qui peuvent apparaître dans les circuits électriques rotorique.

3.2.1 Défaillance des circuits électriques statoriques

L'apparition d'un défaut au niveau des circuits électriques statoriques de la machine asynchrone peut avoir des origines diverses, nous pouvons citer par exemple les défauts de type courts circuits inter spires qui apparaissent à l'intérieur des encoches statoriques, ce type de défauts peut être causé par une dégradation des isolants du bobinage électrique. Nous pouvons citer aussi les courts-circuits qui peuvent apparaître entre une phase et le neutre, entre une phase et la carcasse métallique de la machine ou encore entre deux phases statoriques. Ces défauts ont le plus souvent des origines mécanique, en effet des vibrations excessives peuvent mener un desserrement des boulons de la plaque à bornes menant ainsi à des courts-circuits. Une cosse male serrée à la jonction du câble d'alimentation et des bornes de la machine peut être à l'origine de l'ouverture d'une borne. Le défaut le plus courant reste la fusion d'un fusible de protection, ces courants peuvent être détectés par une analyse harmonique des courants absorbés par la machine.

3.2.2 Défaillance des circuits électriques rotoriques:

Deux types de défaillances peuvent apparaître au rotor d'une machine asynchrone à cage d'écureuil. La cage étant composée de barre et d'anneaux de court-circuit d'aluminium ou de cuivre, une rupture partielle ou totale d'un de ces composants peut être considéré comme un défaut électriques rotoriques. L'apparition de ce type de défauts peut être d'origine diverses. Nous pouvons citer par exemple une mauvaise utilisation de la machine (charge trop importante) ou encore l'environnement hostile dans le quelle elle fonctionne.

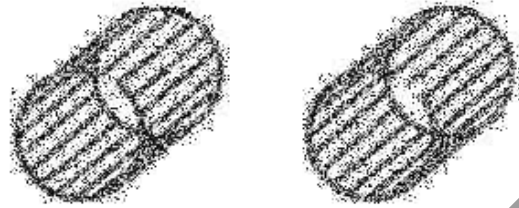


Figure 1.6 : Rupture d'une et de deux portions d'anneaux [BOU99]

Parmi les causes premières nous pouvons énumérer:

- Des contraintes mécaniques causées par des forces électromagnétiques ou des vibrations mécaniques excessives
- Des démarrages trop fréquents induisant des courants élevés.
- Des contraintes environnementales causés par une contamination de la cage rotorique (industrie chimique par exemple).

Tous comme les défauts statorique les défauts rotorique peuvent être détectés par une analyse harmonique des courants statiques, une analyse vibratoire permet aussi de détecter ce types de défauts.

4. Signaux en vue de suivi des défauts

Le diagnostic des défaillances de la machine asynchrone à base de modèle mathématique repose sur l'estimation de plusieurs grandeurs et paramètres, ainsi que la connaissance de l'évolution de ces derniers. En effet, un défaut peut se manifester sous forme de variation paramétrique, donc les paramètres choisis doivent être représentatifs des défauts considérés et par conséquent un choix judicieux des variables à suivre est indispensable.

Dans cette partie, nous allons développer les différentes signatures associées à chaque défaut de la machine asynchrone.

4.1. Signature des paramètres représentatifs des défauts

Les paramètres caractéristiques de la machine asynchrone peuvent servir de très bons indicateurs de défauts. Nous présentons dans ce qui suit, à partir des informations recueillies dans la littérature, ceux qui sont représentatifs des défauts et rencontrés au niveau de la machine.

Dans son étude, [MOR99] utilise l'identification des paramètres issus du modèle de Park pour détecter l'apparition d'un défaut, suivi d'une analyse fréquentielle qui permettra par la suite de distinguer les défauts du stator, des défauts du rotor. Enfin l'estimation des paramètres à partir du modèle triphasé de la machine lui permet de reconnaître la phase statorique en défaut. Ces études portent sur les défauts tels que les barres cassées et la réduction de spires ou les courts-circuits dans les enroulements statoriques. En terme de signature des défauts, [MOR99] note les enseignements suivants :

Un défaut au stator se manifeste par l'augmentation de la résistance statorique R_s et diminution de la résistance rotorique R_r . Quant au défaut dans le rotor entraîne l'effet inverse d'un défaut statorique. En d'autres termes, la diminution de la résistance statorique R_s et l'augmentation de la résistance rotorique R_r . Les résultats sont confirmés par l'analyse spectrale des résidus et de la comparaison entre les paramètres réels et estimés :

- L'apparition d'une raie à $f = n.f_s$ est causée par un défaut au stator .
- L'apparition d'une raie à $f \leq f_s$ est causée par un défaut au rotor .

Sachant que les fréquences fondamentales des courants statoriques et rotoriques sont respectivement égales à f_s et $g.f_s$ (où g est le glissement). L'inconvénient de cette méthode est qu'elle permet seulement la détection d'un défaut au rotor ou bien au stator sans plus de détails sur l'ampleur de ce défaut.

Pour détecter par exemple une réduction du nombre de spires dans l'une des phase de la machine (jusqu'à 0,7% du nombre de spires total), Schaeffer dans sa publication [SCH99] propose une approche qui met en relief le fait qu'un court-circuit se traduit non seulement par la création d'une bobine fictive supplémentaire mais aussi par la diminution du nombre de spires dans la phase concernée.

Nous allons compléter cette partie par l'énumération des différentes signatures fréquentielles associées à chaque défaut, nous présenterons la manière avec laquelle évoluent les différents paramètres.

4.1.1. Défaut de court circuit :

La signature fréquentielle de ce défaut se manifeste par l'apparition d'harmoniques aux fréquences $f=n.f_s$ avec $n = \{1,2,3,\dots\}$ et f_s la fréquence d'alimentation.

La variation des paramètres se fait comme suit :

- La résistance statorique augmente .
- La résistance rotorique diminue.
- L'inductance rotorique diminue.
- L'inductance de magnétisation diminue.

4.1.2. Défaut d'excentricité :

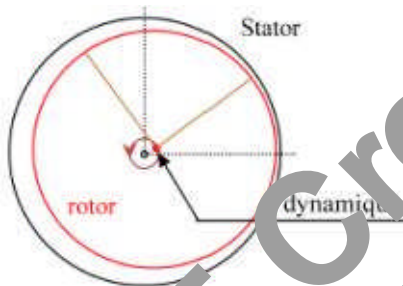


Figure I.10 : Excentricité statique et dynamique

Les fréquences proches du fondamental sont données par la relation [RAZ03] :

$$f_{exc} = \left\{ 1 \pm n \left(\frac{1-g}{p} \right) \right\} f_s \quad (I.1)$$

Où :

- f_{exc} = fréquence d'excentricité
- $n = 1, 2, 3, \dots, n \in \mathbb{N}$
- g le glissement

- p = le nombre de paire de pôles
- f_s = fréquence d'alimentation

On peut observer une possible augmentation de la résistance rotorique car le défaut se situe au niveau du rotor.

4.1.3. Rupture de barres ou de portions d'anneaux :

L'évolution des paramètres issus du modèle de Park permet de détecter un défaut de rupture de barres ou de portions d'anneaux si :

- La résistance statorique R_s diminue.
- La résistance rotorique R_r augmente.
- L'inductance rotorique L_r diminue.
- L'inductance statorique L_s diminue.

Dans cette partie, nous avons vu comment se gissent les différents paramètres de la machine asynchrone aux différents défauts susceptibles de se produire. Ces résultats sont en réalité les signatures fréquentielles et "paramétriques" qui seraient caractéristiques des défauts étudiés.

Cette approche, nécessite la connaissance du comportement dynamique de la machine asynchrone. Toutefois nous pouvons remarquer que les modèles ne permettaient pas d'étudier tous les défauts de la machine.

4.2 Signature des grandeurs mesurables :

Dans cette partie, nous nous intéresserons aux résultats obtenus à partir du suivi direct des grandeurs mesurables ou estimables (à l'aide d'observateur) telles que les courants, les flux ou bien encore le couple électromagnétique. Nous exposerons les principales caractéristiques fréquentielles des grandeurs mesurables (ou estimables) en régime de défaut.

4.2.1. Analyse du courant

a) Cassures de barres

La cassure de barre est l'un des défauts les plus fréquemment rencontrés au rotor [BOU01]. La simulation du courant permet d'identifier les signatures de ce défaut afin de prévoir les anomalies générées dans la machine.

Les courants des phases statoriques sont toujours déphasés d'un angle de 120° , cependant, la cassure de barres peut engendrer des ondulations de l'amplitude des courants. L'amplitude de cette oscillation est proportionnelle au nombre de barres cassées.

En effet, lorsqu'une barre est cassée, des harmoniques du flux correspondant sont produits et induisent des harmoniques du courant dans l'enroulement statorique. De plus, les amplitudes des raies dans ces bandes latérales du fondamental augmentent avec le nombre de barres défaillantes. Il est à signaler qu'une cassure de barres provoquerait une répartition non homogène des courants dans les portions d'anneaux. Ce qui cause une usure accélérée de ces éléments et induit une rupture des portions d'anneaux.

Il faut noter que la machine asynchrone devient fortement altérée à partir de la rupture de quatre barres consécutives au rotor. Ce défaut connaît un effet cumulatif, les barres saines adjacentes au défaut sont plus sollicitées et vieillissent prématurément.

b) Cassure d'anneaux :

Ce défaut apparaît autant de fois que la cassure de barres, la détection d'une cassure de portion d'anneaux est généralement délicate car ce défaut comporte des similitudes avec la cassure de barres. Dans beaucoup de situations, ces deux défauts sont confondus.

En ce qui concerne les courants de ligne, la rupture d'anneaux a un effet identique à la cassure de barres. En effet, la cassure de portions d'anneaux fait apparaître des modulations d'amplitude : plus le nombre de portions d'anneaux augmente plus la modulation d'amplitude se manifeste de manière plus accentuée.

Les signatures associées à ce défaut peuvent être confondues avec les signatures associées à la cassure de barres, il sera donc difficile de distinguer cassure d'anneaux et cassure de barres sur les courants statoriques par cette seule analyse.

c) Défaut des enroulement du stator et du rotor :

Ce défaut est l'un des plus répandus, une partie ou la totalité des spires constituant les bobinages statoriques et rotoriques sont court – circuitées. Nous pouvons citer plusieurs cas possibles selon l'interconnexion des différents bobinages et la partie où ils se situent au niveau de la machine asynchrone.

4.3 Court circuit dans une phase

• Court circuit spire neutre

L'effet de ce défaut sur la machine asynchrone est que l'amplitude du courant dans la phase statorique détériorée est supérieure par rapport aux deux autres phases. Toutefois, les

courants qui parcourent ces phases sont amplifiés par rapport au cas du moteur sain. Plus le nombre de spires augmente, plus l'amplitude du courant augmente.

- ***Court circuit au milieu de la phase :***

De la même manière que le court-circuit entre phases et neutre, le court-circuit entre spires augmente les courants statoriques dans la phase affectée, une légère variation de l'amplitude apparaît pour les autres phases.

Nous terminerons cette partie qui a été consacrée aux défauts des enroulements, en remarquant que ce type de défauts engendre une augmentation des amplitudes des courants dans les phases affectées .

4.3.1 Analyse du flux électromagnétique :

La conversion électromécanique de l'énergie est localisée dans l'entrefer. Cette conversion est donc affectée par tout déséquilibre magnétique, mécanique, électrique ou électromagnétique au rotor ou au stator. Le flux d'entrefer et par-là même l'induction magnétique dans cet entrefer, le flux embrassé dans les enroulements statoriques ou encore le flux de fuite dans l'axe du rotor sont des paramètres qui, à cause de leur sensibilité à tout déséquilibre de la machine, méritent d'être analysés.

4.3.2 Analyse du couple électromagnétique :

Le couple électromagnétique peut être reconstruit à partir de deux des trois courants statoriques et par ajout de spires de flux dans ces deux phases [CAS03]. Sa dépendance vis à vis de la présence de défauts sera présentée dans ce qui suit.

- a) Cassures de barres***

Les cassures de barres réduisent sensiblement la valeur moyenne du couple électromagnétique et augmentent l'amplitude des oscillations. Ces dernières augmentent avec le nombre de barres cassées induisant un effet d'avalanche de la défaillance.

- b) Cassure de portion d'anneaux***

Le comportement du couple est analogue à celui qui apparaît dans le cas de cassure de barres. Cependant, le taux d'oscillation et la valeur moyenne du couple baisse de manière plus importante que dans le cas précédent.

- c) Défaut de court-circuit***

Lors de l'apparition d'un défaut de court-circuit, le couple électromagnétique a une valeur moyenne sensiblement égale au couple développé par la machine lorsqu'elle est saine.

Seulement, celui-ci est d'autant plus bruité que le court-circuit est important.

Enfin, Dans le tableau suivant nous présentons un récapitulatif sur les différentes défaillances de la machine asynchrone avec les paramètres indicateurs des défauts à savoir les fréquences des courants statoriques.

Tableau

5. Méthodes d'analyse des défauts rotoriques

Une autre approche de diagnostic peut être rajoutée, faisant partie des méthodes statistiques et qui se base sur le test de franchissement des seuils des paramètres du système à diagnostiquer. En effet, Le diagnostic en ligne de défauts rotoriques dans les machines asynchrones en vue d'aboutir à une maintenance prédictive a poussé les chercheurs à mettre au point diverses techniques. Les travaux dans leur majorité se sont basés sur la signature (analyse harmonique) de grandeurs externes telles que: courant, couple utilisant la théorie de champs tournants et celle des circuits électriques.

5.1 Méthodes d'analyse basées sur les circuits électriques

Cette approche analytique, basée sur l'analyse des signatures de grandeurs externes globales telles que: les courants et le couple électromagnétique. Elle utilise le modèle de Kirchhoff (réseau électrique équivalent à la machine) ainsi que la transformation «des 2 axes» appliquée aux équations électriques du système multi-enroulement. Une surveillance en ligne des machines est envisagée, elle s'intéresse particulièrement à la détection des défauts de cages de moteurs d'induction. En plus, l'une des techniques répandues actuellement, repose sur l'analyse de la signature du courant du moteur, elle est développée en vue de la détection

d'une panne électrique ou mécanique et surtout pour la détection de défauts rotoriques (rupture partielle ou non d'une barre de la cage d'écureuil ou d'une portion d'anneau) par l'analyse spectrale du courant absorbé du réseau électrique.

5.2 Méthode d'analyse basée sur le champ tournant :

Cette approche dite « locale » car, elle est basée sur la signature de grandeurs locales telles que la densité de flux ; il s'agit souvent de méthodes numériques par éléments finis permettant une analyse fine des phénomènes physiques locaux associés aux défauts de cages. En effet, une étude a été faite sur les effets des défauts de la machine asynchrone où une approche a été proposée qui repose sur la surveillance des paramètres de modèles de comportement de la machine, sensibles aux défauts: Les résistances rotoriques d'un modèle triphasé, l'inductance magnétisante et la résistance rotorique d'un modèle diphasé.

6. Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de présenter de manière générale la constitution de la machine asynchrone en citant en premier lieu les différentes parties qui la composent : les deux bobinages statorique et rotorique, ensuite nous avons présenté les principaux défauts qui peuvent gêner le fonctionnement normal de la machine ainsi que les causes probables, nous avons distingué deux types de défauts : les défauts statoriques et les défauts rotoriques. Nous avons par la suite consacré une partie pour élaborer les signatures des différents défauts présentés au préalable.