

Défauts dans les entraînements électriques

(focalisés sur la machine asynchrone)

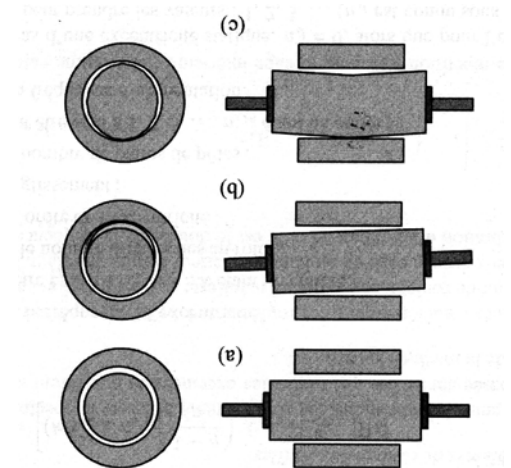


Plan

- 1/ Défauts machines
- 2/ Défauts onduleurs
- 3/ Défauts capteurs
- 4/ Quelques statistiques
- 5/ Conclusions

1/ Machine : défauts mécaniques

- Défauts des roulements
 - Causes : fatigue mécanique (vibrations, mauvais montage mécanique), corrosion, problème de lubrification
 - Conséquences : billes cassées, bague interne ou externe fêlée, cage endommagée
- Défauts géométriques statiques (fabrication)
 - Causes : stator oval, excentricité (statique) du rotor
 - Conséquences : entrefer irrégulier
- Défauts géométriques dynamiques (fonction^t)
 - Causes : flexion (déformation) du rotor, vibrations, vitesse critique, défaut roulement
 - Conséquences : entrefer variable avec la rotation



Machine : défauts électriques

- Stator

- Causes : vibrations, corrosion, contraintes thermiques, vieillissement des isolants (influence de la température)
- Conséquences : courts-circuits (francs ou non) entre spires, entre phases ou entre phase et carcasse; phase ouverte

Remarque : fragilité mécanique des têtes de bobine (point chaud du bobinage)

- Rotor bobiné

- Idem stator
- Problèmes de bague (oxydation) ou de balai (usure) : mauvais contact

- Rotor à cage

- Causes : défauts de fabrication (bulle), vibrations (problème de roulements), contraintes thermiques (dilatation)
- Conséquences : barre cassée ou dessoudée de l'anneau de court-circuit

Machine : défauts thermiques

- Problème de ventilation
 - Causes : auto ou moto-ventilation déficiente, obstruction des ouies d'aération
 - Conséquences : surchauffe du moteur
- Environnement thermique
 - Causes : sources de chaleur imprévue, température ambiante excessive
 - Conséquences : surchauffe du moteur
- Remarques :
 - Un défaut thermique temporaire ou réversible peut induire des défauts permanents et non réversibles par vieillissement accéléré des isolants ou dilatation mécanique
 - => Importance d'une surveillance thermique en ligne

Machine : possibilités de reconfiguration

- Redondance matérielle
 - Système multi-machines
 - Machines triphasées multi-étoiles (propulsion navale)
 - Machines polyphasées (en développement dans de nombreux domaines)
⇒ Domaine à étudier
- Fonctionnement en mode dégradé

2/ Onduleur : défauts de la commande rapprochée

- Défauts de l'électronique (analogique)
 - Causes : vibrations, corrosion, vieillissement (capa chimiques), problème de contact (soudure, support), problème de CEM
 - Conséquences : panne de la commande rapprochée (driver), absence de commutation (CC ou CO)

Remarque : pannes évolutives (vieillissement) qui peuvent être intermittentes
- Défauts « numériques »
 - Causes : erreur de conception logicielle, défaut microcontrôleur
 - Conséquences : absence de MLI et de commutation

Onduleur : défauts de la puissance

- Etage d'entrée (redresseur et bus DC)
 - Causes : surtension (destruction de diodes), vieillissement des composants (capa)
 - Conséquences : forte ondulation du bus DC
- Etage de sortie (hacheur ou onduleur)
 - Causes : vieillissement des composants de puissance
 - Conséquences : circuit ouvert ou court-circuit (bus DC ou charge)

Onduleur : possibilités de reconfiguration

- Redondance matérielle de la commande
 - Duplication de la commande
- Redondance matérielle de la puissance
 - Redondance complète : deux onduleurs
 - Redondance partielle : un bras supplémentaire

3/ Défaits des capteurs électriques

- Capteurs électriques usuels
 - Un capteur de tension du bus DC
 - Deux capteurs de courant de ligne
- Causes de défaut
 - Vieillissement naturel du capteur
 - Vibrations, corrosion, vieillissement des soudures ou des contacts
- Conséquences
 - Vieillissement : dérive de la mesure (offset, erreur de gain)
 - Tension : plus de compensation des variations du bus DC, mauvaise estimation des tensions de sortie
 - Courant : plus de boucle de courant, ni de limitation des courants (et du couple)

Défaut des capteurs mécaniques

- Capteurs :
 - Codeur incrémental + circuit de comptage
 - Resolver + démodulateur numérique
- Défauts mécaniques
 - Causes : vibrations, contraintes thermiques, corrosion
 - Conséquences : destruction ou désaccouplement du capteur
- Défauts de transmission ou d'exploitation
 - Causes : problème de CEM, de câble, de comptage ou de démodulation
 - Conséquences : erreur de mesure (nombre d'impulsions faussée) ou mesure absente

Reconfiguration des capteurs

- Redondance matérielle
 - Duplication des capteurs électriques ou mécaniques
 - 3 capteurs de courant (Σ des courants = 0),
 - Capteur de courant sur bus DC
 - Redondance fonctionnelle
 - Estimateur ou observateur de grandeur mécanique (vitesse ou position)
- => Basculement sur une commande sans capteur mécanique

4/ Quelques statistiques : biblio

- Références (peu de documents, études sur MAS)
 - [IEEE 85] IEEE Committee report, “Report of large motor reliability survey of industrial and commercial installation - Part I and II”, IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. IA-21, n°4, 1985.
 - Souvent citée, non disponible
 - [Thorsen 95] O. V. Thorsen, M. Dalva, “A survey of Fault in induction motors in offshore oil industry, petrochemical industry, gas terminal and oil refineries”, IEEE Trans. Ind. applicat., vol. 31, n°5, 1995.
 - Analyse très large : 2596 moteurs suivis (de 10 kW à plusieurs MW), 1637 pannes
 - Comparaison avec [IEEE 85]
 - [Singh 03] G.K. Singh, S.A.S. Al Kazzaz, “Induction machine drive condition monitoring and diagnostic research - a survey”, Electric Power Systems Research, n°64, 2003.
 - Reprend plusieurs études : celle de [IEEE 85] , une étude menée par l’ EPRI et General Electric sur des applications domestiques, une étude menée par B&K en 97 sur un important complexe industriel norvégien

Quelques statistiques : principaux défauts

[Singh 03]

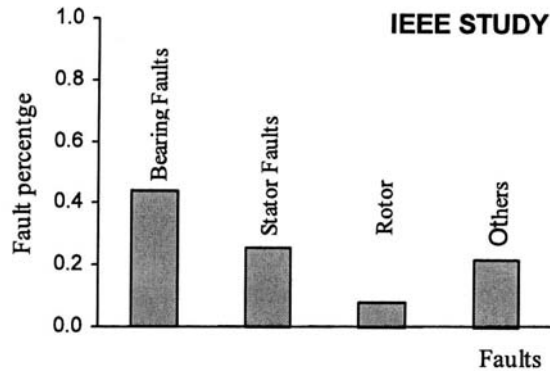


Fig. 2. Results of IEEE study on induction motor failure.

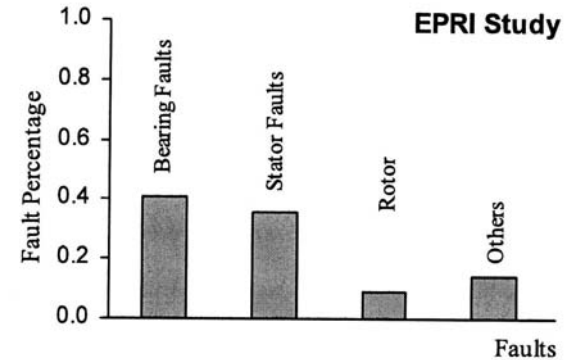


Fig. 1. Results of EPRI study on induction motor reliability.

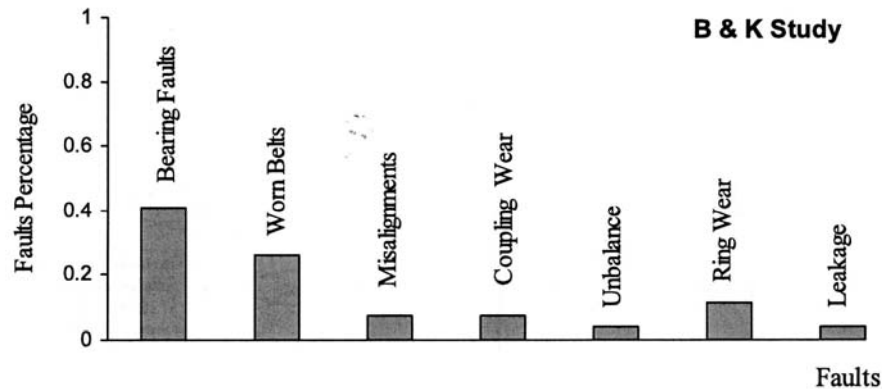


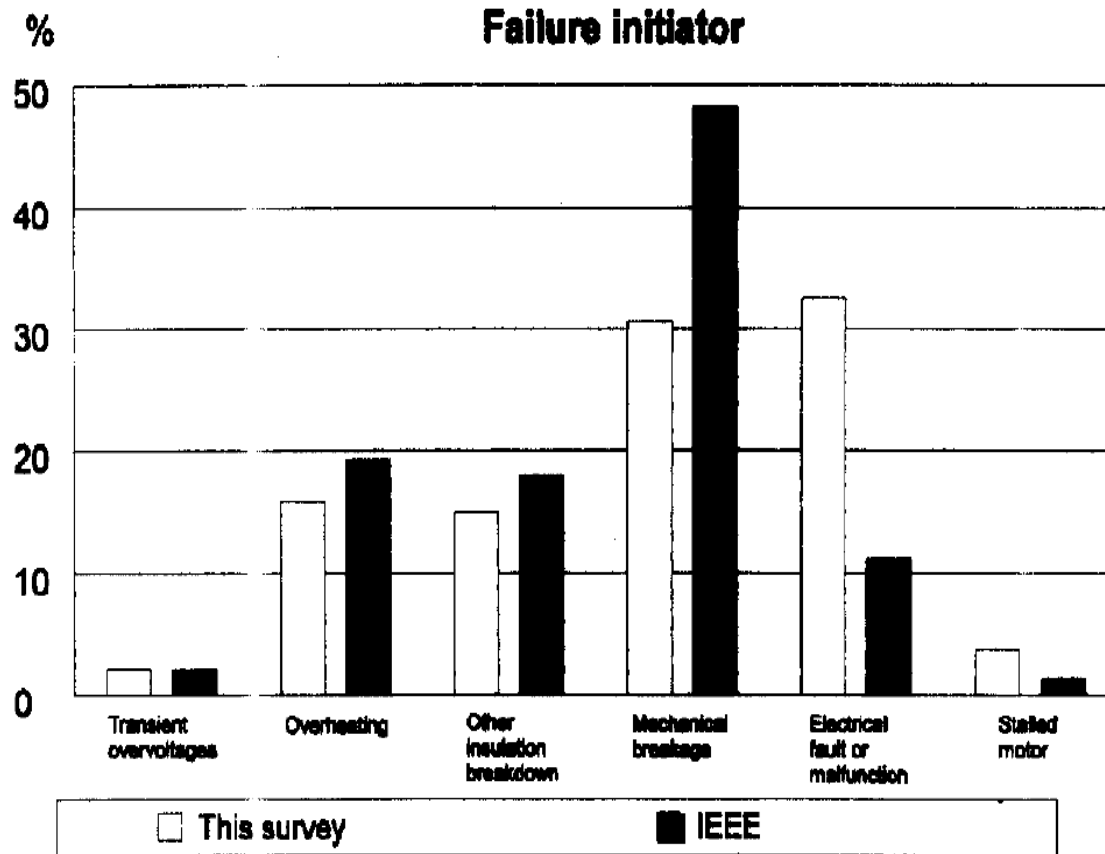
Fig. 3. Results of a study conducted by B&K on the major faults detected in induction machine.

Quelques statistiques : facteurs influents

- Importance de l'environnement
 - Ambiance thermique
 - Ambiance chimique (corrosion, oxydation...)
 - Contraintes mécaniques (vibrations, montage mécanique...)
 - Contraintes électriques (longueur de câble, dV/dt , CEM...)
- Exploitation
 - Nombre de démarrage par jours
 - Vitesse maximale du moteur
 - Périodicité de la maintenance
- Evolution temporelle
 - Défauts de « jeunesse » et de vieillissement

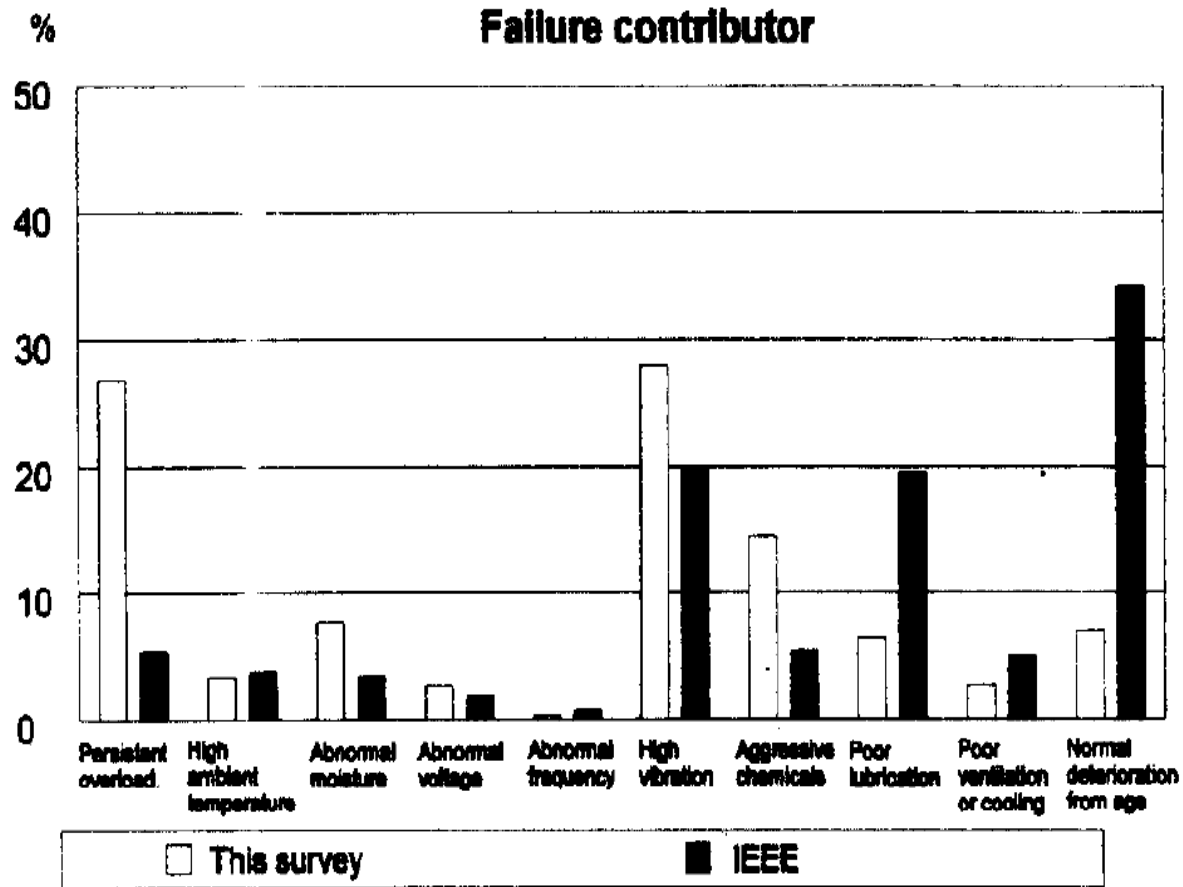
Quelques statistiques : causes

[Thorsen 95][IEEE 85]



Quelques statistiques : causes

[Thorsen 95][IEEE 85]



5/ Conclusions

- Principaux défauts
 - Défauts roulements
 - Défauts électriques stator
- Très grande diversité
 - Nature du défaut
 - Intensité du défaut
 - Evolution du défaut : lente ou brutale, permanent ou non ...
 - Multiplicité des scénarii : défaut « simple » ou cascade de défauts