



## AMELIORATION DE LA FIABILITE D'UN MOTEUR GRÂCE AU TEST STATIQUE ET DYNAMIQUE

Le test statique est un moyen très connu pour évaluer les moteurs électriques. Cependant, si un moteur ne peut pas être arrêté, le meilleur équipement de test sera alors inutile. C'est pour cette raison que l'évaluation dynamique des moteurs(en fonctionnant) est aujourd'hui très populaire. Une question demeure : l'évaluation dynamique est-elle productive et fiable? On pourra répondre à cette question en prouvant que l'évaluation dynamique permet de détecter des défauts connus sur un moteur d'une part, et que ces résultats sont confirmés par une évaluation statique sur ce même moteur d'autre part. De plus, cela permettra d'augmenter la précision de l'analyse tout en renforçant la confiance de la personne réalisant le test.

Utiliser les deux évaluations statiques et dynamiques pour améliorer la fiabilité des moteurs apporte des avantages considérables. Tout d'abord, et principalement, la combinaison de ces deux technologies permet à une entreprise de pratiquer ces vérifications quelque soit le type de fonctionnement des équipements. Il est évident que l'évaluation dynamique va permettre de rassembler des données sans interruption de production et permettre la prise de décision rapide et précise sur les actions préventives ou correctives à mettre en œuvre le moment opportun. L'évaluation statique sera quant à elle privilégiée pour diagnostiquer des moteurs lorsqu'ils sont arrêtés, comme perdre des arrêts de production par exemple.

La corrélation des données obtenues grâce aux deux types d'évaluations statiques et dynamiques a été effectuée par Advanced Energy Laboratories. AEL est un laboratoire indépendant ayant l'expertise et la possibilité de tester du plus petit moteur au moteur le plus puissant, partiellement ou à pleine charge et couplé à un dynamomètre. AEL est renommé et reconnu comme le laboratoire de test de moteur le plus fiable des US fournissant des données relatives à la tension, courant, puissance, efficacité, couple et bien d'autre d'une très grande précision.

Deux équipements de test ont été choisis pour cette phase d'essai :

- le MCE (Motor Circuit Evaluation) un évaluateur statique pour moteur.
- Le EMAX, un analyseur dynamique de moteur.

Ces deux équipements sont produits par PdMA Corporation.

Les moteurs à tester sont des moteurs TECO de 20 cv fabriqués en Chine.

Les défauts suivant ont été créés :

- Connexion à haute résistance

- Défauts du stator
- Défauts du rotor
- Excentricité statique et dynamique (déséquilibre)

### Connexions à haute résistance

La technologie statique(MCE) permet de détecter une connexion à haute résistance en mesurant la résistance de chaque phase et en calculant un déséquilibre résistif. Comme le test MCE se pratique sur des moteurs non alimentés, il doit générer et envoyer des signaux aux moteurs afin de relever les informations escomptées. Pour cette raison, le défaut de connexion à haute résistance doit se trouver en aval des connexions de l'appareil de test afin que ce dernier puisse la détecter et l'identifier. Quant à l'appareil de test dynamique(EMAX), il détecte ce défaut en mesurant la tension sur chaque phase et en calculant un déséquilibre de phase(en tension). Le test EMAX permet donc l'évaluation de moteurs en fonctionnement, indiquant par ailleurs le moindre changement de tension en amont des points de mesure. En combinant les deux types de technologies, MCEmax, connectés au même endroit, le circuit complet du transformateur jusqu'au moteur, sera testé pour déterminer s'il y a des connexions à haute résistance.

Une résistance de 0.6 ohms en série avec la phase 2 a été installée par AEL(voir fig1) pour représenter un défaut potentiel pouvant être créé par une mauvaise connexion, fusible défaillant, faible pression de contact, surface de contact dégradée ou même matériau oxydé.

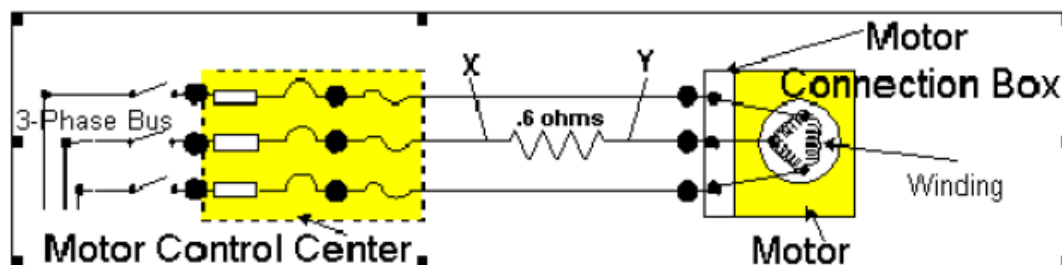


Figure 1

Le testeur MCE connecté au point X, en amont de la résistance, indique un déséquilibre résistif supérieur à 10%, donc supérieur au seuil d'alarme. Si le même test est réalisé en connectant le testeur au point Y, en aval de la résistance, le déséquilibre résistif est inférieur à 1%, et dans les tolérances. Le testeur EMAX connecté au point X, en amont de la résistance, indique un déséquilibre résistif inférieur à 1%. Cela est prévisible car la chute de tension créée par la résistance se produit à la sortie de la résistance.

Le testeur EMAX connecté au point Y, en aval de la résistance, indique un déséquilibre de phase supérieur à 2%, donc supérieur au seuil de déclenchement de l'alarme. Ce déséquilibre, s'il n'est pas corrigé, implique que le moteur fonctionnerait

avec des pics de courants négatifs si utilisé proche de la pleine charge. Ces pics de courant négatifs, impliquent quant à eux une surchauffe du moteur et une destruction du système d'isolation. Si l'on se fie au standart NEMA, la charge de ce moteur devrait être réduite à 90-95% de sa valeur maximum pour éviter toute détérioration de son isolation.

### Défaut stator(tour après tour)

Le MCE identifie un défaut de bobinage en mesurant l'inductance alternative (AC) de chaque phase en calculant un déséquilibre inductif. Si un des trois bobinages génère une valeur d'inductance plus faible, cela signifie que le champ magnétique produit quand le moteur est en fonctionnement est déséquilibré.

Le EMAX identifie un défaut de bobinage sur un stator en mesurant tensions et courants sur chaque phase et en comparant la valeur de l'impédance complexe de chaque valeur mesurée. Si une des phases a un offset en raison d'un défaut d'enroulement, cela va générer un déséquilibre d'impédance élevé. En combinant les deux technologies, les défauts d'enroulement peuvent être identifiés à tout moment de la vie du moteur, avant son installation, pendant son opération ou même dans le pire des cas, après qu'il ait dijoncté.

A Advanced Energy, deux tours de la 1ère phase du moteur couplé en triangle(ou Delta) étaient court-circuités comme indiquée sur la figure2. Un défaut d'enroulement pourrait générer des pannes conséquentes sur un moteur s'il n'est pas détecté.

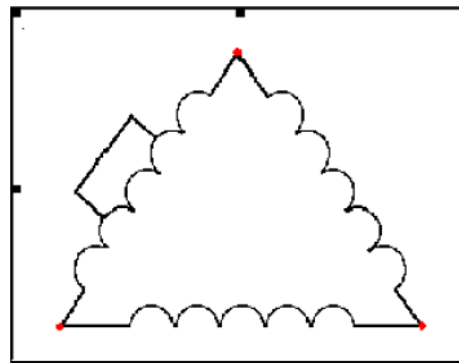


Figure 2

Le test statique réalisé avant de générer le défaut indiquait un déséquilibre inductif de 6%. Après que les tours de la bobine aient été court-circuités, le déséquilibre inductif a atteint la valeur significative de 16%.

Le test dynamique indiquait un déséquilibre d'impédance supérieur à 20% avec les tours court-circuités, bien au-dessus du seuil d'acceptance.

## Défauts de la barre de Rotor

Le MCE ou test statique permet d'identifier un défaut de rotor grâce au test dit de vérification de l'influence du rotor (RIC). Ce type de test réalisé sur les inductances d'un moteur permet de visualiser les couplages magnétiques entre rotor et stator. Cette information permet de caractériser l'état du rotor ainsi que l'excentricité du moteur. La vérification de l'influence du rotor est effectuée en faisant tourner le moteur par incréments spécifiques (déterminés au préalable en fonction du nombre de pôles) pour chaque pôle et en enregistrant les variations d'inductance sur chacune des phases du moteur.

Le test EMAX ou dynamique identifie quant à lui un défaut de rotor en comparant les signaux harmoniques au signal fondamental. Ces harmoniques sont générées en collectant les signaux des trois courants et en les analysant à l'aide d'un FFT afin d'effectuer une analyse spectrale à haute résolution. La sensibilité et la précision de détection d'un défaut du moteur augmente considérablement lorsque l'on combine ces deux technologies.

Les ingénieurs de Advanced Energy ont séparé les trois barres du capuchon d'un rotor afin de se placer dans les conditions d'un rotor défectueux. Les figures 3 et 4 illustrent les méthodes de détection de ce défaut avec les deux types de technologies MCA et DMA. Des barres de rotors endommagées peuvent endommager à leur tour les barres qui se trouvent à proximité ainsi que le stator si elles ne sont pas détectées suffisamment tôt.

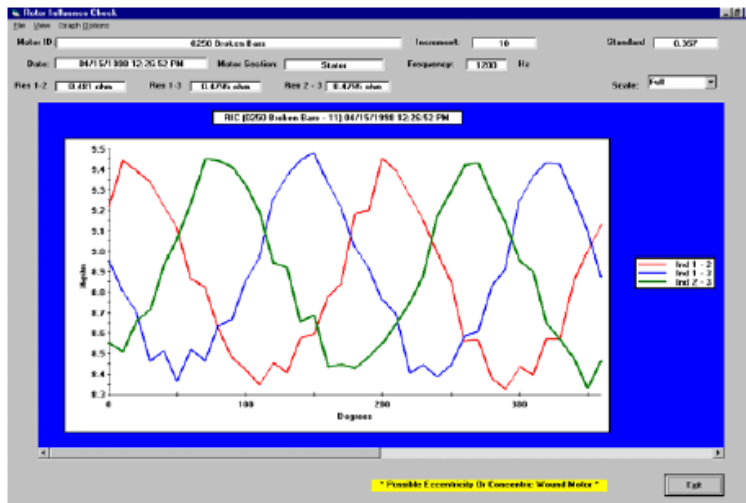


Figure 3

## MCE

Remarquez les instabilités des valeurs des inductances pour chaque phase au niveau du pic de la sinusoïde. Des barres de rotor endommagées affectent le champ magnétique généré autour de ces barres.

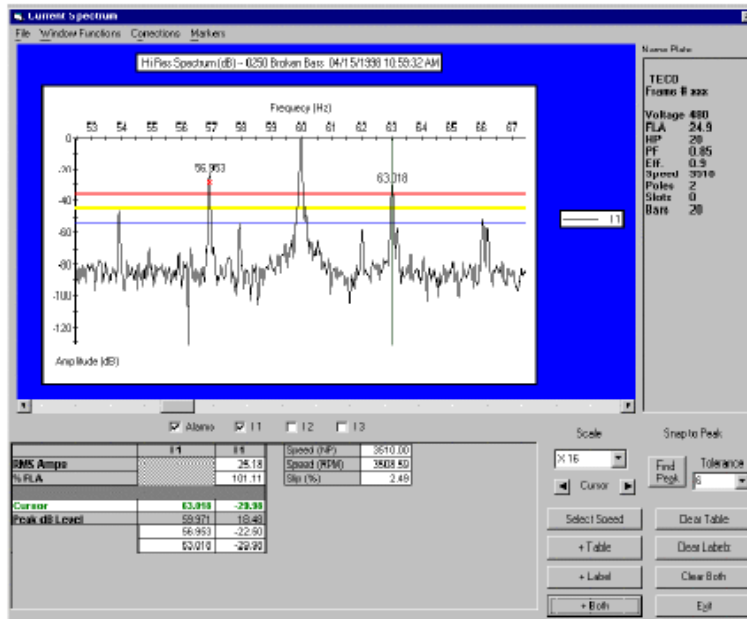


Figure 4

## EMAX

La différence d'amplitude entre le fondamental à 60Hz et l'harmonique à 57Hz est de 22dB environ. Cette différence doit être supérieure à 50dB pour que ce moteur soit considéré comme correct.

## Excentricités Statiques et Dynamiques

Le test statique permet d'identifier l'excentricité en utilisant le test de vérification de l'influence du rotor ou RIC (Motor Influence Check) comme abordé dans le chapitre traitant de l'analyse des rotors. Comme précédemment indiqué, un test RIC effectué sur des moteurs alternatifs va décrire le couplage magnétique entre rotor et stator. Cette relation permet de déterminer si le jeu entre stator et rotor est constant, comme indiqué sur la figure 5.

Le test dynamique permet de définir ce jeu en relevant simultanément le courant des trois phases. Ce signal est ensuite évalué comme un spectre HF en cherchant des pics non synchronisés écartés de 120Hz. Ces pics sont des harmoniques autour du fondamental. Une fréquence d'excentricité est alors calculée en multipliant la vitesse du moteur (en Hz) par le nombre de barres du rotor.

Si le jeu n'est pas constant sur un tour complet du moteur, des champs magnétiques inégaux sont générés. Ce déséquilibre magnétique peut alors créer un mouvement des enroulements du stator, une vibration électrique induite et potentiellement endommager les enroulements

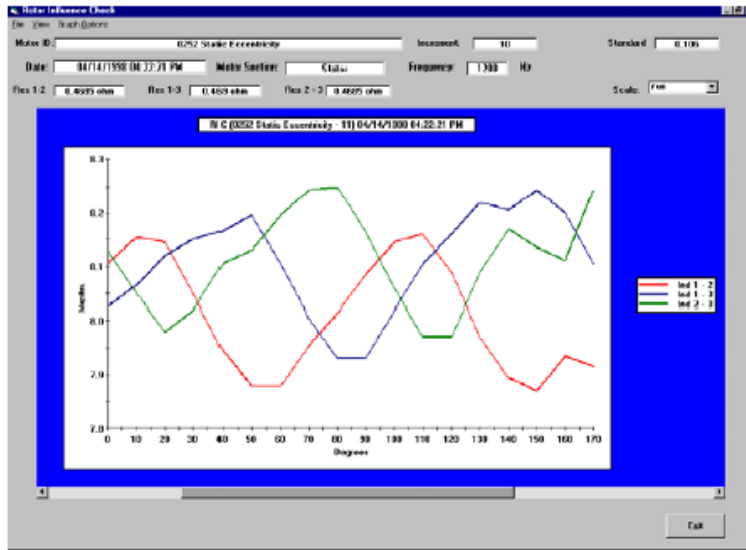


Figure 5

## MCE

Le résultat sur le test de mesure inductive est une variation d'amplitude vers le haut ou le bas en fonction de la phase qui se trouve la plus près du rotor à un angle donné.

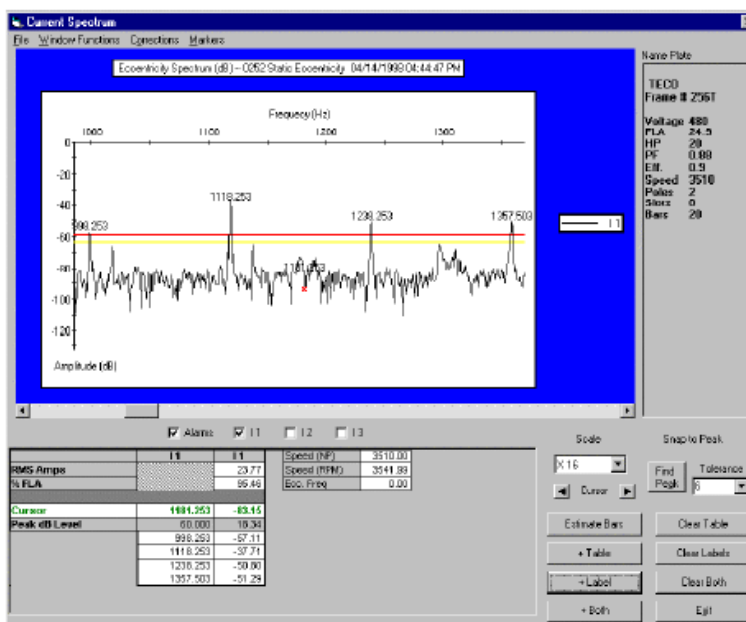


Figure 6

## EMAX

Les 1ères et 3èmes harmoniques aux alentours de 1180Hz sont une indication de l'excentricité statique. L'amplitude de ces signaux permet de déterminer la sévérité.

## Conclusion

Comme l'industrie continue de développer des techniques de diagnostic des moteurs de plus en plus sophistiqués, les sites de production vont pouvoir accroître leur production grâce à la baisse significative des défauts et pannes. De plus, l'intérêt porté à l'analyse des données mesurées va croissant. Combiner les capacités de l'analyse statique et de l'analyse dynamique ne fait pas qu'augmenter la confiance des personnels

techniques, mais permet réellement d'améliorer considérablement la précision de la détection. Grâce à cela, ces personnels sont de mieux en mieux formés , de plus en plus performants et les diagnostics sont de plus en plus précis.