

AVALIAÇÃO DE FALHAS EM MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS UTILIZANDO SINAIS DE EMISSÃO ACÚSTICA.

Danilo Augusto Boso, Paulo Roberto de Aguiar, Paulo José Amaral Serni. – Máquinas Elétricas e Dispositivos de Potência – Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia de Bauru – Campus de Bauru.

O presente trabalho tem como objetivo o monitoramento de motores de indução trifásicos através do processamento do sinal de emissão acústica, analisando-se algumas falhas elétricas como falta de fase e sobrecarga, e algumas falhas mecânicas como desalinhamento e problemas de fixação e acoplamento. O monitoramento das condições de motores de indução está crescendo devido ao custo do sistema parado poder exceder o custo dos reparos ou substituições das máquinas. O maior desafio na área do monitoramento das condições dos motores é diagnosticar a falha antes mesmo desta se tornar crítica. Alguns métodos utilizados para o monitoramento das máquinas de indução são monitoramentos por performance, vibração, Shock Pulse (SPM), flutuação de velocidade, corrente, torque do entreferro, potência instantânea do estator, campo magnético, temperatura e ainda o monitoramento visual, que pode ser dividido em medidas de descargas parciais, análise de partículas de óleo e análise de gases resultantes da degradação da isolamento elétrica (THORSEN & DALVA, 1999). Este trabalho propõe uma nova linha de pesquisa para o monitoramento das máquinas: a análise do sinal de emissão acústica em frequências ultrassônicas para determinar possíveis falhas do motor de indução trifásico. A técnica de emissão acústica (EA) é baseada na detecção de atividades ultrassônicas que são naturalmente geradas durante operações em todas as estruturas, máquinas e processos. Os sensores de emissão acústica são designados a detectar exclusivamente ondas de alta frequência (50 kHz a 1 MHz), e por isso são naturalmente insensíveis a muitos dos sons e vibrações diários associados com o ambiente onde as máquinas são usadas (HOLROYD, 2002).

Um banco de ensaios foi construído utilizando-se um motor de indução acoplado a um motor de corrente contínua, funcionando como gerador CC e alimentando um banco de lâmpadas incandescentes. Foi utilizado um sensor de EA do fabricante SENSIS fixado em duas posições diferentes, ou seja, na carcaça do motor e na base do mesmo. Para as medições de tensão e corrente elétrica, utilizou-se um módulo composto de um sensor piezelétrico e um sensor de efeito hall que fornece sinais DC proporcionais às variáveis medidas, onde cada sinal possui sua respectiva equação de calibração. O banco de ensaios utilizado neste trabalho está representado na Figura 1 abaixo.

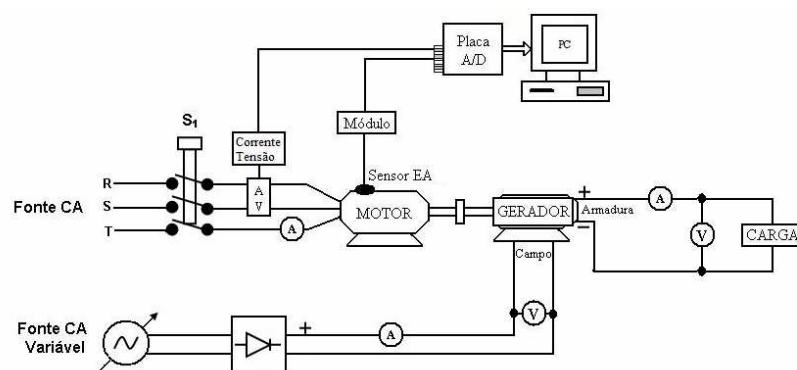


Figura 1 – Banco de Ensaios Construído.

A Figura 2 mostra o motor de indução trifásico acoplado ao motor de corrente contínua, e a Figura 3 mostra o gerador de corrente contínua alimentando o banco de lâmpadas incandescentes.



Figura 2 – Motor Acoplado ao Gerador.



Figura 3 – Banco de Lâmpadas Alimentado.

Os sinais de emissão acústica, tensão e corrente do motor de indução foram coletados em sete situações diferentes, com uma repetibilidade de três vezes para cada situação, que serão citadas e explicadas a seguir:

Operação Normal em Vazio: Os sinais em questão (EA, Tensão e Corrente) foram adquiridos com o gerador CC sem carga, simulando uma operação em vazio do motor de indução.

Operação Normal com Carga: Os sinais foram coletados variando a carga do gerador de zero até a obtenção da corrente nominal do motor de indução, observada em um amperímetro em série com o motor.

Falta de Fase: Com o motor operando com uma carga correspondente a aproximadamente metade da carga nominal, uma fase é desligada manualmente e alguns segundos depois é religada à fonte CA.

Sobrecarga: Com o motor operando em sua capacidade nominal, uma carga adicional é ligada ao gerador de corrente contínua, de modo que a corrente do motor seja superior à sua corrente nominal. Este teste também tem a duração de apenas alguns segundos, a fim de evitar maiores danos ao motor do laboratório.

Desalinhamento: É ocasionado um pequeno desalinhamento entre o motor de indução e o gerador de corrente contínua, sendo este medido em graus radianos por um transferidor de plástico. Neste ensaio o motor está operando com uma carga baixa no gerador.

Falha na Fixação: Com o motor operando também com uma carga baixa, um parafuso é solto e posteriormente é realizada a análise do sinal de emissão acústica.

Falha no Acoplamento: Os quatro parafusos do motor de indução são soltos e este é deslocado no sentido contrário ao gerador de corrente contínua, a fim de que este acoplamento não seja perfeito. Posteriormente, o motor é totalmente desacoplado da carga (gerador) e os sinais são coletados novamente.

Os sinais de emissão acústica, tensão e corrente foram coletados a uma taxa de 4.000 Hz utilizando uma placa de aquisição de dados conectada a um computador tipo PC, com o cuidado de ajustar o ganho do módulo do sensor de EA para cada situação, evitando saturações do sinal. Posteriormente os mesmos foram processados no software MATLAB, através de rotinas criadas para este fim, convertendo os sinais de tensão e corrente em suas respectivas unidades reais em valores RMS. Assim, foram construídos gráficos das três variáveis para cada situação de ensaio. A Figura 4 mostra os resultados obtidos para o ensaio de falta de fase e a Figura 5 mostra os resultados obtidos para o ensaio de sobrecarga, ambos na situação em que o sensor se encontrava fixado na carcaça do motor de indução.

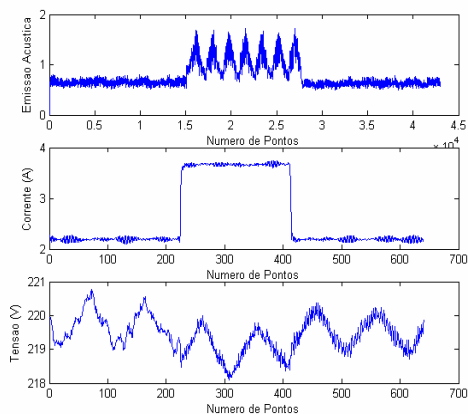


Figura 4 – Resultados Obtidos para a Falta de Fase.

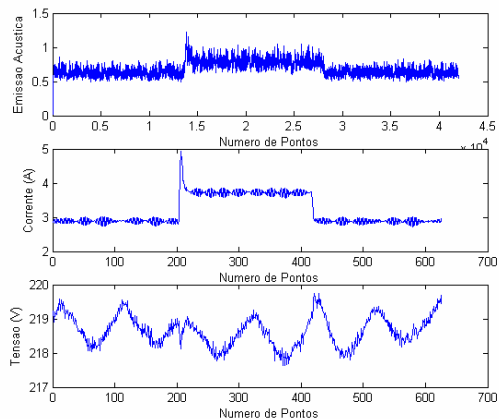


Figura 5 – Resultados Obtidos para a Sobrecarga.

Após coletados e processados todos os sinais, foram calculados os valores médios de EA e corrente em cada situação, no regime permanente e na perturbação correspondente. Assim, utilizando o software MATLAB, foram calculados os valores médios em cada situação e posteriormente foi obtida a média geral dos valores, considerando a repetibilidade de três vezes. Com os valores médios calculados, foram construídos gráficos de barras onde há uma comparação da variável medida no regime permanente e na perturbação correspondente. Os resultados obtidos para o sensor de EA fixado na carcaça do motor estão representados através das figuras abaixo.

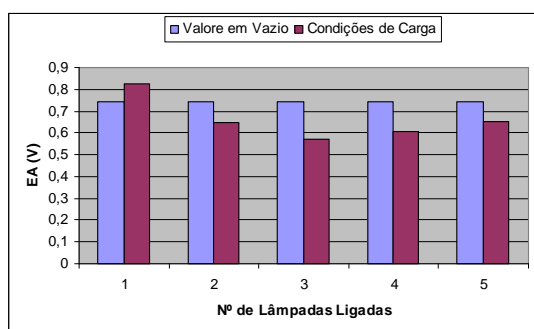


Figura 6 – Ensaio com Carga (EA).

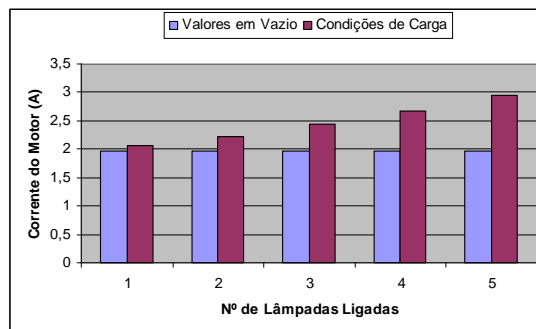


Figura 7 – Ensaio com Carga (Corrente).

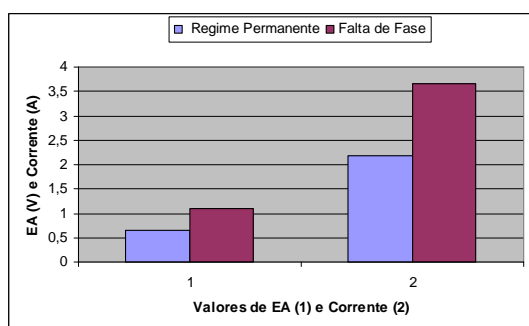


Figura 8 – Falta de Fase.

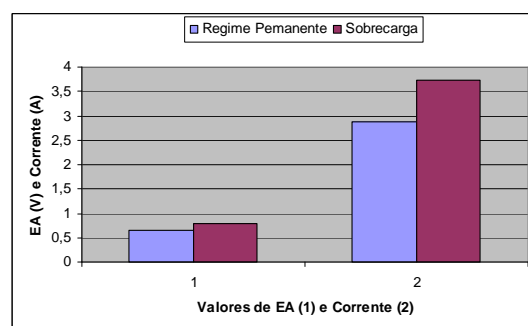


Figura 9 – Sobrecarga.

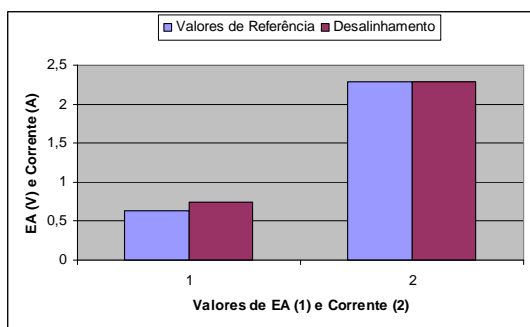


Figura 10 – Desalinhamento.

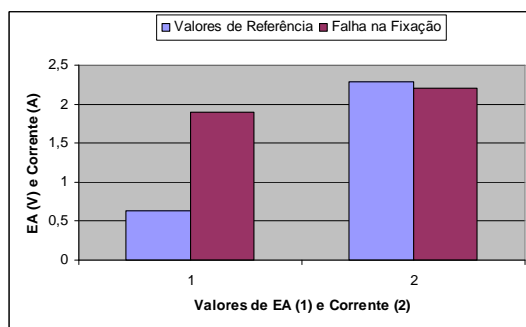


Figura 11 – Falha na Fixação.

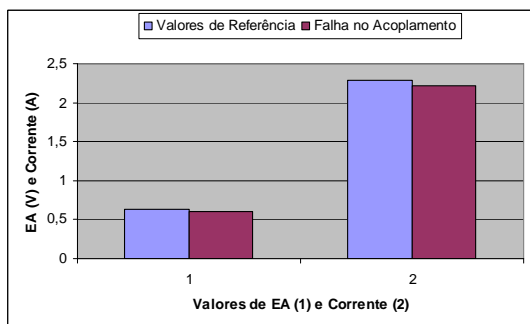


Figura 12 – Falha no Acoplamento.

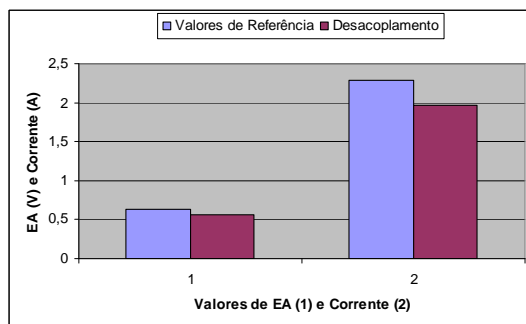


Figura 13 – Motor Completamente Desacoplado.

Através dos sinais obtidos pode-se concluir que para as falhas de origem elétrica os sinais de corrente e EA apresentaram resultados satisfatórios, porém o monitoramento através de corrente ainda é mais eficaz, devido à sua maior facilidade e baixo custo. Porém, para as falhas mecânicas a variação do sinal de emissão acústica é muito maior que a variação de corrente elétrica, sendo que esta última em algumas situações permaneceu constante. Portanto, para as falhas mecânicas o monitoramento através de emissão acústica tem grande vantagem quando comparado ao monitoramento através de corrente elétrica. No ensaio normal com carga, os sinais de emissão acústica coletados não corresponderam com o esperado, visto que estes se apresentaram de forma não-linear. Uma possível explicação para isto é o fato da ocorrência de frequências audíveis na aquisição do sinal de EA, devido a uma ampla faixa de frequência utilizada no módulo. Já está sendo realizado um outro trabalho no Laboratório de Aquisição de Dados e Processamento de Sinais – LADAPS, utilizando o mesmo banco de ensaios e a mesma metodologia, para estudar o fenômeno observado. Ainda pode-se concluir que o sinal de EA é coletado corretamente para o sensor fixado nas duas posições, ou seja, carcaça e base do motor de indução, devendo-se apenas regular o ganho do módulo de EA de maneira adequada para cada situação, evitando saturações ou baixa intensidade do sinal.

Referências Bibliográficas:

HOLROYD, T. J. **Acoustic emission sensors for OEM applications**. Engineering Science and Education Journal, February 2002.

THORSEN, O. V. & DALVA, M. **Failure Identification and Analysis for High-Voltage Induction Motors in the Petrochemical Industry**. IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 35, No. 4, July/August 1999.

Bolsa: CNPq/PIBIC.