

# Fiabilidade e eficiência do motor elétrico: A nova abordagem de teste corresponde às condições do mundo real

Os motores elétricos são um componente chave em muitos processos industriais; podem ser responsáveis por até 70 % do total da energia consumida numa instalação industrial e consumir até 46 % da eletricidade gerada em todo o mundo. Por serem fundamentais para os processos industriais, o custo dos tempos de inatividade associados a motores avariados pode ser de milhares de dólares por hora. Uma das mais importantes tarefas diárias dos engenheiros e técnicos de manutenção é garantir que os motores são eficientes e fiáveis.

A utilização eficaz da eletricidade não é apenas "agradável". Em muitas circunstâncias, a eficiência energética pode significar a diferença entre a rentabilidade e as perdas financeiras. Uma vez que consomem uma parte tão significativa da energia na indústria, os motores tornaram-se um alvo fundamental para gerar poupanças e manter a rentabilidade. Além disso, o desejo de identificar poupanças através de melhorias na eficiência e de reduzir a dependência de recursos naturais está a levar muitas empresas a adotar normas industriais como a ISO 50001. A norma ISO 50001 proporciona uma estrutura e os requisitos necessários para o estabelecimento, a implementação e a manutenção de um sistema de gestão de energia para cumprir o objetivo de fornecer poupanças sustentáveis.





## Métodos tradicionais de teste de motor

O método tradicional de medição do desempenho e da eficiência do motor elétrico está bem definido, mas a configuração do processo pode ser dispendiosa e difícil de aplicar em processos de trabalho. Na realidade, em muitos casos as verificações do desempenho do motor requerem uma paragem completa do sistema, o que pode originar um tempo de paragem dispendioso. Para medir a eficiência do motor elétrico, é necessário verificar tanto a energia elétrica de entrada como a energia mecânica de saída em várias condições de funcionamento dinâmicas. O método tradicional de medição do desempenho do motor requer, antes de mais, que os técnicos instalem o motor num banco de ensaio para motores. O banco de ensaio é composto pelo motor a ser testado montado num gerador ou num dinamómetro. O motor a ser testado é então ligado à carga por um veio. O veio tem um sensor de velocidade (tacómetro) e um conjunto de sensores de binário que fornece dados que permitem o cálculo da energia mecânica. Este sistema fornece dados, incluindo a velocidade, o binário e a energia mecânica. Alguns sistemas incluem também a capacidade de medição de energia elétrica para permitir o cálculo da eficiência.

### A eficiência é calculada por:

$$\eta \text{ (eficiência)} = \frac{\text{Energia mecânica}}{\text{Energia elétrica}}$$

Durante o teste, a carga é variada para determinar a eficiência em vários modos de funcionamento. O sistema de banco de ensaio pode parecer bastante simples mas tem várias desvantagens associadas:

1. O motor deve ser retirado de serviço.
2. A carga do motor não é verdadeiramente representativa da carga que o motor serve enquanto está em serviço.
3. Durante o teste, o funcionamento deve ser interrompido (criando um tempo de paragem) ou deve ser instalado temporariamente um motor de substituição.
4. Os sensores de binário são dispendiosos e têm um intervalo de funcionamento limitado e poderá ser necessário utilizar vários sensores para testar motores diferentes.
5. Um banco de ensaio capaz de abranger uma vasta gama de motores é dispendioso e os utilizadores deste tipo de bancos de ensaio são normalmente organizações especialistas em desenvolvimento ou reparação de motores.
6. As condições de funcionamento do "mundo real" não são tidas em consideração.

## Parâmetros do motor elétrico

Os motores elétricos são concebidos para tipos específicos de aplicações consoante a carga, portanto cada motor tem características diferentes. Estas características são classificadas de acordo com as normas NEMA (Associação nacional de fabricantes elétricos) ou IEC (Comissão eletrotécnica internacional) e têm um efeito direto no funcionamento e na eficiência do motor. Cada motor tem uma placa de identificação com informações fundamentais detalhadas sobre a eficiência e os parâmetros de funcionamento do motor, de acordo com as recomendações da NEMA ou da IEC. Os dados na placa de identificação podem então ser utilizados para comparar os requisitos do motor com o verdadeiro modo de utilização do funcionamento. Por exemplo, através da comparação destes valores é possível verificar que um motor está a ultrapassar a especificação de binário ou de velocidade esperada; neste caso, a vida útil do motor poderá ser reduzida ou poderá ocorrer uma avaria prematura. O desempenho do motor pode também ser diminuído devido a outros efeitos, como o desequilíbrio da corrente ou tensão e harmónicos associados à má qualidade da energia. No caso destas condições, o motor deve ser "limitado" — ou seja, o desempenho esperado do motor deve ser reduzido — o que pode originar uma quebra no processo se não for produzida energia mecânica suficiente. A limitação é calculada de acordo com a norma NEMA, em conformidade com os dados especificados para o tipo de motor. As normas NEMA e IEC têm algumas diferenças, mas no geral seguem as mesmas diretivas.

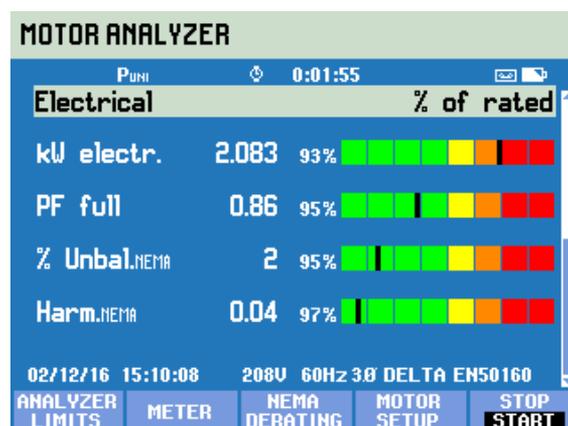
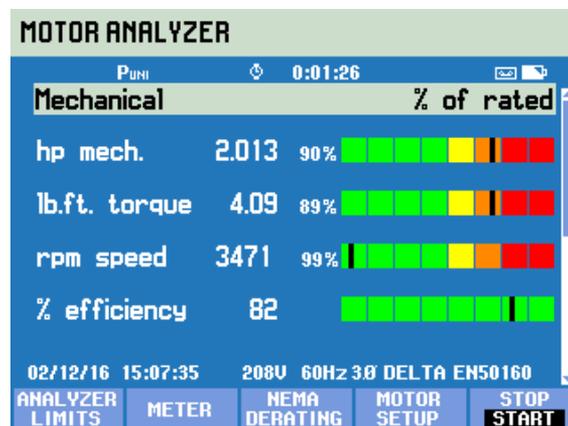
## Condições de funcionamento do mundo real

Testar motores elétricos num banco de ensaio para motores normalmente significa que o motor está a ser testado nas melhores condições possíveis. Por outro lado, normalmente não existem as melhores condições de funcionamento quando o motor está a ser utilizado em serviço. Todas estas variações das condições de funcionamento contribuem para a degradação do desempenho dos motores. Por exemplo, no interior de uma instalação industrial poderá haver cargas instaladas que têm um efeito direto na qualidade da energia, causando um desequilíbrio no sistema ou potencialmente causando harmónicos. Cada uma destas condições pode afetar gravemente o desempenho do motor. Além disso, a carga a ser movida pelo motor pode não ser ideal ou consistente com o design original do motor. O motor poderá não conseguir lidar com uma carga demasiado elevada ou ficar sobrecarregado devido a maus controlos dos processos e pode até ficar bloqueado pela fricção excessiva causada por um objeto estranho a bloquear uma bomba ou a hélice de uma ventoinha. Identificar estas anomalias pode ser difícil e muito moroso, o que faz com que a resolução eficaz de problemas seja problemática.

## Uma nova abordagem

O analisador de motores e de qualidade de energia Fluke 438-II proporciona um método ágil e económico para testar a eficiência de motores, ao mesmo tempo que elimina a necessidade de sensores mecânicos externos e os tempos de paragem dispendiosos. O Fluke 438-II, baseado nos analisadores de energia e de qualidade de potência da série 430-II da Fluke, tem total capacidade para medir a qualidade de energia, enquanto também mede os parâmetros mecânicos dos motores elétricos de transmissão direta. Utilizando os dados da placa de identificação do motor (dados NEMA ou IEC) em conjunto com medições de potência trifásica, o 438-II calcula os dados do desempenho do motor em tempo real, incluindo a velocidade, o binário, a energia mecânica e a eficiência, sem a necessidade de sensores adicionais de binário e de velocidade. O 438-II também calcula diretamente o fator de limitação do motor no modo de funcionamento.

Os dados necessários pelo Fluke 438-II para efetuar estas medições são introduzidos pelo técnico ou engenheiro e incluem a potência nominal em kW ou HP, a corrente e tensão nominais, a frequência nominal, o  $\cos \phi$  nominal ou o fator de potência, o fator de serviço nominal e o tipo de design do motor de acordo com as classes NEMA ou IEC.



## Funcionamento

A unidade do Fluke 438-II proporciona medições mecânicas (velocidade rotacional do motor, carga, binário e eficiência) ao aplicar algoritmos próprios a sinais elétricos de forma de onda. Os algoritmos combinam uma mistura de modelos baseados em física e em dados de um motor de indução, sem requerer os testes de pré-medida normalmente necessários para estimar os parâmetros do modelo do motor, tais como a resistência do estator. A velocidade do motor pode ser estimada a partir dos harmónicos do eixo do rotor. O binário do veio do motor pode estar relacionado com correntes e tensões do motor de indução e falhar no caso de relações físicas conhecidas mas complexas. A energia elétrica é medida utilizando a corrente de entrada e formas de ondas de tensão. Após obter as estimativas de binário e velocidade, a energia (ou carga) mecânica é calculada utilizando a fórmula de binário multiplicado por velocidade. A eficiência do motor é calculada dividindo a energia mecânica estimada pela energia elétrica medida. A Fluke efetuou uma vasta gama de testes com motores equipados com instrumentos a acionar dinamómetros. A energia elétrica real, o binário do veio do motor e a velocidade do motor foram medidos e comparados com os valores alcançados pelo 438-II para determinar os níveis de precisão.

## Resumo

Os métodos tradicionais de medição do desempenho e da eficiência do motor elétrico estão bem definidos, mas não estão necessariamente muito implementados. Em parte, isso deve-se ao custo dos tempos de paragem associados a retirar de serviço motores, e por vezes sistemas completos, para realizar testes. O Fluke 438-II fornece informações muito úteis que até agora eram extremamente difíceis e dispendiosas de alcançar. Além disso, o Fluke 438-II utiliza as suas capacidades avançadas de análise de qualidade da energia para medir o estado da qualidade da energia enquanto o sistema está em modo de funcionamento real. A realização de medições críticas da eficiência do motor é simplificada através da eliminação da necessidade de sensores externos de binário e de velocidade em separado, o que permite analisar o desempenho da maior parte dos processos acionados por motores industriais enquanto estes estão em serviço. Os técnicos têm assim a possibilidade de diminuir os tempos de paragem e de verificar as tendências do desempenho dos motores ao longo do tempo, obtendo uma informação mais completa sobre o desempenho e o estado geral do sistema. A verificação de tendências do desempenho torna possível identificar alterações que podem indicar avarias iminentes do motor e permite a substituição antes da avaria.

**Fluke.** *Keeping your world up and running.*®

**Fluke Corporation**  
PO Box 9090, Everett, WA 98206 E.U.A.

**Fluke Europe B.V.**  
PO Box 1186, 5602 BD  
Eindhoven, Holanda

**Para mais informações contacte:**  
Representante em Portugal AresAgante, Lda.  
Rua Caminho das Congostas, 320  
4250-159 Porto  
Telefone: 228 329 400  
Fax: 228 329 399  
E-mail: geral@aresagante.pt  
Web: www.fluke.pt

©2016 Fluke Corporation.  
Especificações sujeitas a alteração sem aviso prévio.  
8/2016 6008191a-pt

**A modificação deste documento não é permitida sem a autorização escrita da Fluke Corporation.**