

Autor: Leandro Prytula

Orientador: Prof. Altamiro Amadeu Susin

Colaboradores: Rodrigo Brandt e Valner Brusamarello

E-mails: leandro.prytula@ufrgs.br, altamiro.susin@ufrgs.br, rodrigo.brandt@ufrgs.br, brusamarello.valner@gmail.com

Nesse trabalho, busca-se obter a estimativa da eficiência de motores elétricos trifásicos de indução sem a necessidade de removê-lo de seu ambiente de operação, com baixa intrusão ao processo. Foi desenvolvido um algoritmo baseado no Método do Circuito Equivalente utilizando medidas de velocidade do eixo, de corrente, tensão, potência e resistência elétricas e da temperatura do estator, além da utilização de dados construtivos do motor. A coleta dos dados para validação foi realizada no Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – LENHS da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sendo processados posteriormente no software Matlab. Os rendimentos estimados apresentaram um erro menor que 5% em relação ao rendimento medido.

Introdução: Motores elétricos trifásico de indução são os mais comumente encontrados em indústrias. Suas características de desempenho são fundamentais para estudos econômicos de manutenção ou substituição por motores de eficiência mais elevada. Os métodos mais comuns de avaliação de eficiência baseiam-se em ensaios que necessitam de desacoplamento mecânico do motor, tornando-os pouco práticos, além do custo do sistema de medição envolvido.

A utilização de dados experimentais, de medições de grandezas elétricas e de velocidade do eixo aplicados em um algoritmo permitem que a eficiência do motor seja estimada sem a necessidade de retirá-lo de seu ambiente de operação.

Resultados obtidos: Os resultados foram obtidos através de ensaios no Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – LENHS – UFRGS. O laboratório é composto de um sistema de bombeamento e distribuição de água, no qual tem-se três motores elétricos trifásicos. Esses por sua vez são controlados por um sistema supervisorio que fornece as medidas de tensão, corrente, potência necessárias para o ensaio, além da medição do rendimento, necessária para validação do método. O motor analisado foi um motor com uma potência nominal de 5 HP, 4 polos, velocidade nominal de 1720 rpm e tensão nominal de 220 volts, que teve seu rendimento estimado em uma série de pontos de carga. A tabela 1 mostra os parâmetros obtidos e a figura 2 mostra as curvas de rendimento medido e a estimada pelo método.

Metodologia e procedimento experimental:

O Método do Circuito Equivalente baseia-se no circuito apresentado na figura 1. Para obtenção dos parâmetros do circuito utilizam-se dados de dois pontos de operação, conforme o procedimento abaixo:

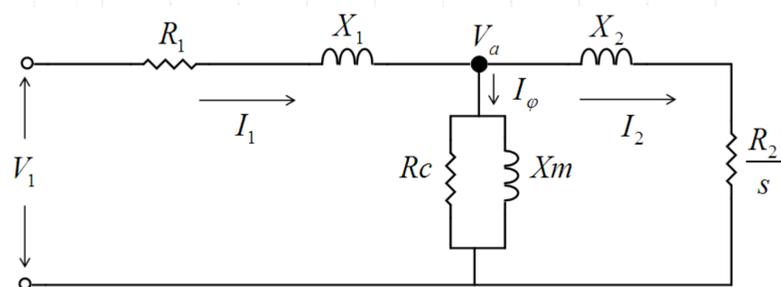


Figura 1 – Circuito equivalente do motor de indução trifásico

1. Desconecta-se a alimentação do motor, mede-se a resistência elétrica e a temperatura do estator.
2. Com o motor operando sem carga (em vazio) mede-se a corrente de linha, a potência ou o fator de potência e a tensão nominal do motor. Caso estejam disponíveis as curvas características do motor, fornecidas pelo fabricante, pode-se utilizar os dados nelas contidas para substituir o ensaio.
3. Com o motor em qualquer outro ponto de carga, deve-se aguardar até a temperatura do estator estabilizar. Em seguida, mede-se a tensão de entrada, a corrente de linha, a potência elétrica, a velocidade do motor, a temperatura do estator e com esta calcula-se a variação da resistência do estator.
4. Utilizam-se algumas relações experimentais entre as variáveis do circuito, de forma que o número de incógnitas seja igual ao número de equações disponíveis.
5. Através de um conjunto de equações implementadas no software MATLAB e aqui omitidas, são obtidos os parâmetros do circuito equivalente do motor.
6. Definem-se os valores das perdas por atrito e ventilação em função das características do motor e as perdas suplementares.
7. Em seguida calcula-se a potência de saída pela equação:

$$P_{out} = \frac{T.N}{5252} - P_{F\&W} - SLL$$

Onde P_{out} é a potência de saída em HP, T é o conjugado em foot pounds, N é a velocidade do eixo em RPM, $P_{F\&W}$ são as perdas mecânicas em HP e SLL são as perdas suplementares, também em HP.

8. Por fim calcula-se a eficiência, que é a relação entre a potência elétrica de entrada e a potência de saída.

Tabela 1 – Parâmetros do circuito equivalente

$R_1 = 0,505$	$L_1 = 0,0038$
$R_c = 262,227$	$L_2 = 0,0057$
$R_2 = 0,6277$	$L_m = 0,0764$

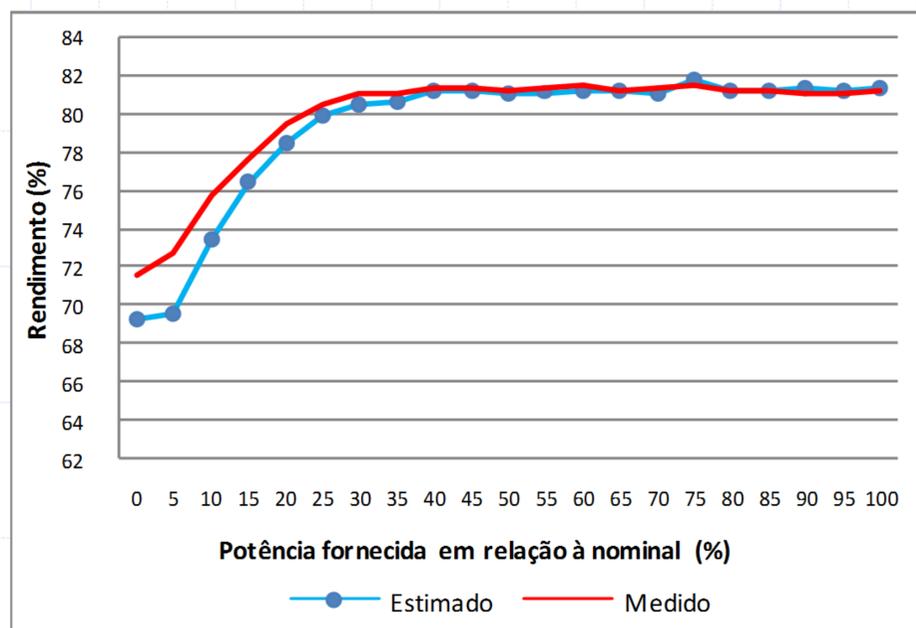


Figura 2 – Curvas de rendimento do motor

Conclusões: A partir dos dados obtidos observa-se que o método proposto apresenta um erro menor que 5% em relação aos rendimentos medidos, para a faixa inferior a 20% de carga no motor. Para a faixa superior a 20% da carga do motor, observa-se que o erro é menor que 1%, desta forma pode-se dizer que o método apresenta uma boa precisão na condição de ensaio descrita.

A medição de resistência do estator e a realização de um ensaio a vazio representam uma intrusão ao processo, que se comparada com outros métodos é muito baixa.

Os resultados preliminares apresentaram um desempenho satisfatório do método, porém cabe salientar que o mesmo ainda necessita de um número maior de ensaios com diferentes tipos de motores e diferentes condições de operação para garantir sua confiabilidade bem como a avaliação real de sua precisão.

Referências

- [1] EL-IBIARY, Y., "An accurate low-cost method for determining electric motor's efficiency for the purpose of plant energy management", IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. 39, No. 4, pp. 1205-1210, 2003.
- [2] IEEE 112, "Standard test procedure for polyphase induction motors and generators", IEEE 2004.
- [3] BIN LU, "Energy usage evaluation and condition monitoring for electric machines using wireless sensor networks", Ph.D. dissertation, Georgia Institute of Technology, 2006.