

Modelo do Motor a Relutância Variável com Base na Energia Magnética Armazenada

SILVA, Fabiana Rocha de Andrade eⁱ; ALVARENGA, Bernardoⁱⁱ

Palavras-chave: motor a relutância variável, energia magnética, co-energia magnética.

1. INTRODUÇÃO

Um dos primeiros Motores a Relutância Variável (MRV) desenvolvido de forma rudimentar, foi por volta de 1838 [1]. Com o advento do desenvolvimento de componentes eletrônicos mais adequados, a partir dos últimos anos, mas precisamente a partir da década de 70, este motor foi desenvolvido, principalmente para aplicações de tração elétrica, acionamentos, ventilação, entre outros. O MRV comparado com os outros tipos de motor possui uma construção simples, no entanto, há uma certa dificuldade em controlá-lo. Este motor duplamente saliente, consiste em uma parte fixa, o estator com enrolamentos de excitação e uma parte móvel, o rotor magnético. Uma máquina a relutância é uma máquina elétrica, em que o torque é produzido pela tendência de sua parte móvel se mover para uma posição na qual a indutância no enrolamento excitado é máxima [2,3]. O presente trabalho consiste no estudo e na simulação computacional do motor, por meio do Método dos Elementos Finitos, utilizando o *software Flux2D* e do *software* matemático *Matlab/Simulink*. O MRV estudado é um motor trifásico 6/4, isto é, possui 6 pólos no estator e 4 pólos no rotor. Para o estudo aqui apresentado, o motor é alimentado em apenas uma fase, considerando-se a saturação magnética.

2. METODOLOGIA

(A) Modelo dinâmico

O início do estudo do MRV parte do equacionamento matemático e conseqüentemente da construção do modelo em circuito, o qual é utilizado em ambas as simulações [4]. Duas equações diferenciais constituem a base do modelo.

Equação da tensão para cada fase:

ⁱ Mestranda. Escola de Engenharia Elétrica e de Computação – PEQ, frasrocha@gmail.com

ⁱⁱ Orientador/Escola de Engenharia Elétrica e de Computação/UFG, bernardo@eee.ufg.br.

$$v = R \cdot i + \frac{d\lambda}{dt} \quad (1)$$

na qual v (V) é tensão de fase aplicada; R (Ω) é resistência do enrolamento de fase; i (A) é a corrente de fase; e λ (Wb) é fluxo concatenado por fase.

Equação da velocidade do rotor:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad (2)$$

na qual ω (rad/s) é a velocidade angular do rotor; e θ (rad) é a posição do rotor.

O estudo do MRV por meio do *software Matlab/Simulink* consiste na construção do circuito através das equações de tensão (1) e velocidade (2), utilizando blocos do *Simulink*. O diagrama construído para tal fim é mostrado na Figura 01.

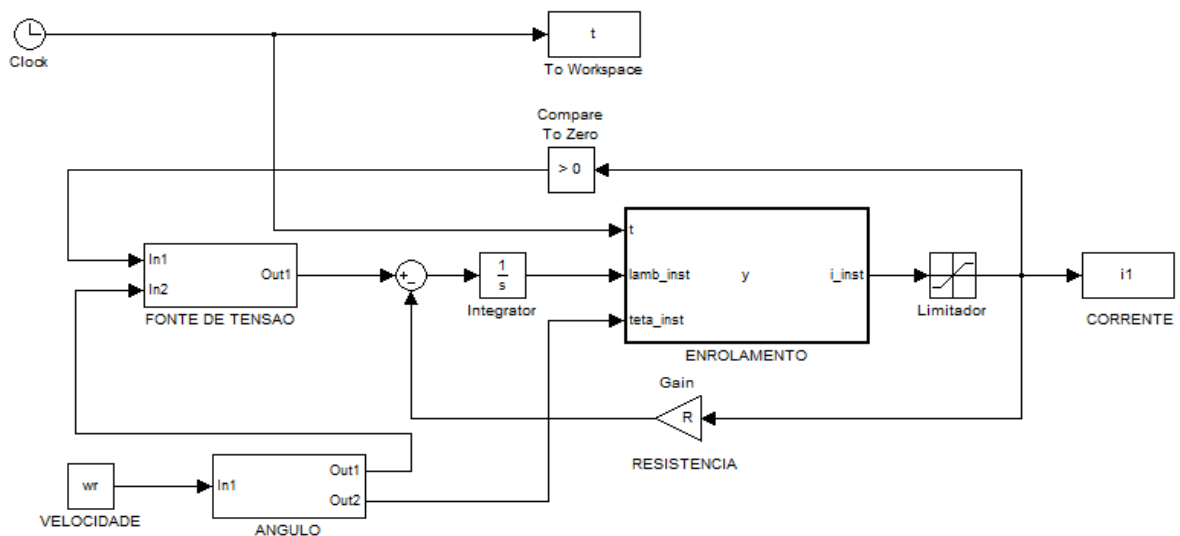


Figura 01. Circuito do MRV para simulação no *Matlab/Simulink*.

Para relacionar correntes e fluxos e possibilitar a solução de (1) através dos diagramas de blocos, faz-se necessário conhecer as curvas de fluxo versus corrente para diversas posições do rotor. Sendo assim, tais curvas foram obtidas a partir de ensaios realizados em laboratório com o protótipo do motor. Essas curvas podem ser vistas na Figura 02, a seguir:

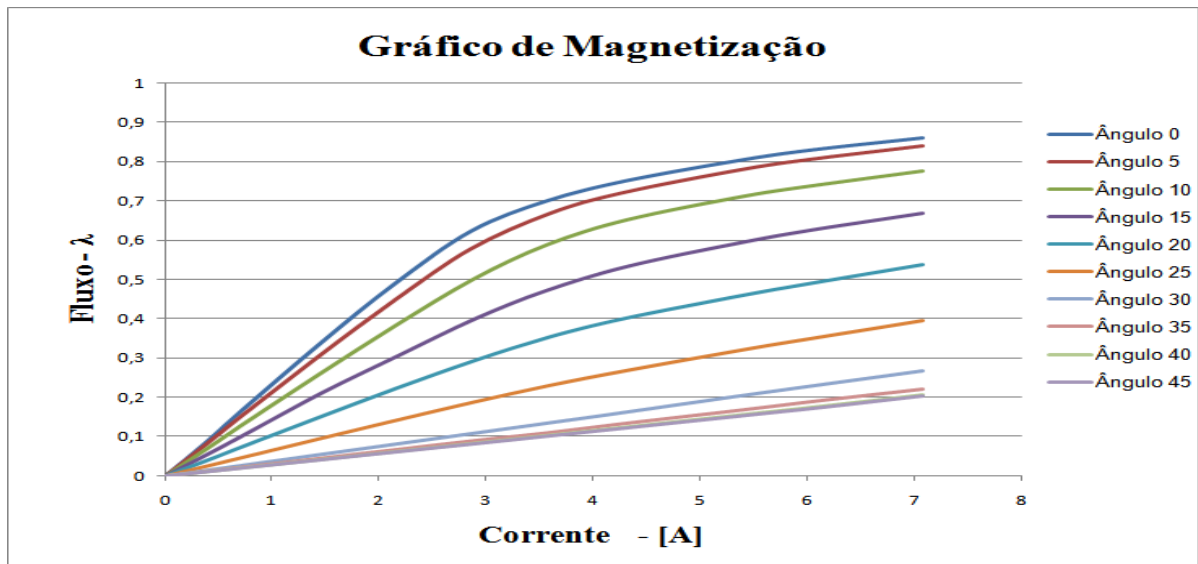


Figura 02. Curvas fluxo [Wb] x corrente [A]

(B) Modelo por Elementos Finitos

O estudo do MRV via Método dos Elementos Finitos [5] se baseia no conhecimento das características físicas do motor, nas condições de contorno, malha de elementos finitos, materiais e circuito elétrico.

Inicia-se o processo com a construção da geometria do motor. A seguir definem-se os diferentes materiais utilizados nas diferentes regiões de estudo das equações eletromagnéticas. Aplica-se o Método dos Elementos Finitos, a partir da discretização dos domínios. Na Figura 03 é apresentado a estrutura do motor com a malha dos elementos finitos bem como suas regiões.

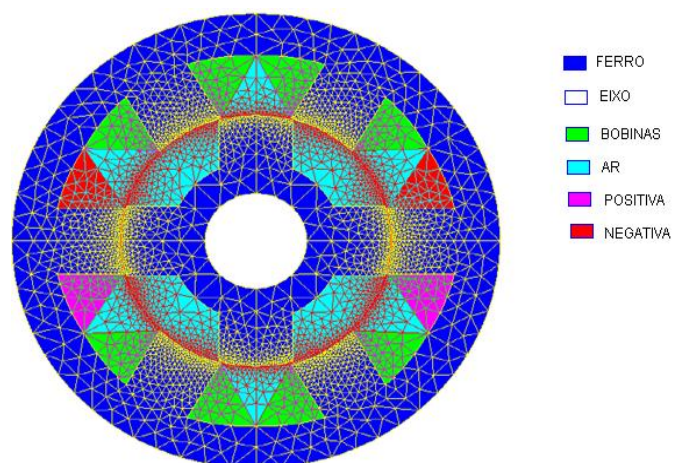


Figura 03. Malha dos elementos finitos.

Após a construção da malha, o circuito é então construído e os parâmetros do motor são definidos, conforme a Tabela 01, abaixo:

Tabela 01. Parâmetros do motor

v	Tensão nominal	220 V
R	Resistência do enrolamento de fase	3.57 Ω
ω	Velocidade nominal	1800 rpm

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando um ângulo de disparo de 34° , a curva de corrente instantânea de fase resultante da simulação pelo Método dos Elementos Finitos (*Flux2D*) é mostrada na Figura 04.

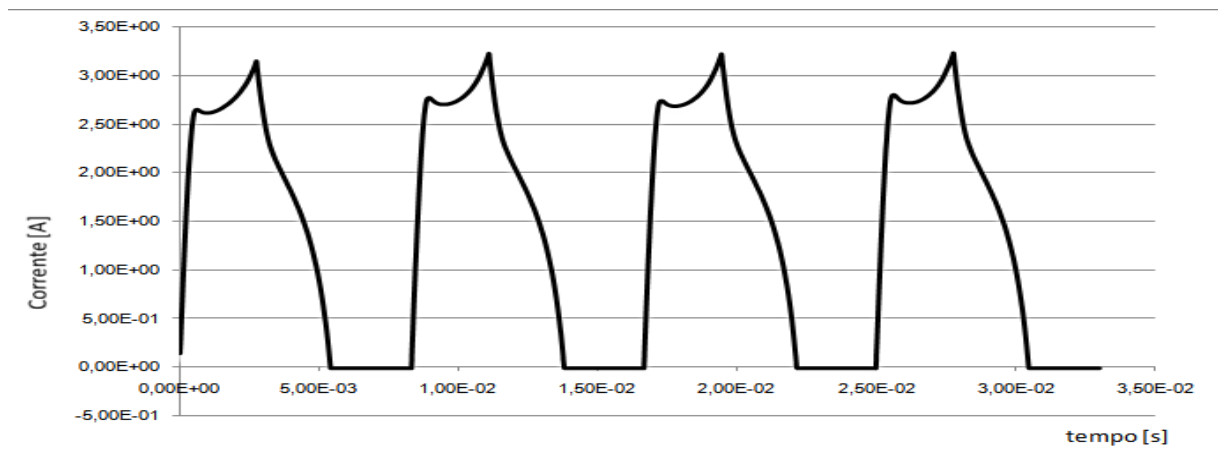


Figura 04. Corrente de fase — simulação por Elementos Finitos.

Do mesmo modo, a curva de corrente instantânea de fase obtida pelo modelo dinâmico é apresentada na Figura 05.

4. CONCLUSÃO

Verifica-se que os resultados obtidos pelos dois métodos são muito próximos. No caso da simulação utilizando o Método dos Elementos Finitos, é necessário conhecer as características físicas do motor como comprimento do entreferro, diâmetro externo do estator e do rotor, o ângulo das cabeças polares do rotor e do estator, entre outros. Por outro lado para o modelo dinâmico permite estudar a máquina a partir do ensaio de determinação das curvas $\lambda \times i$.

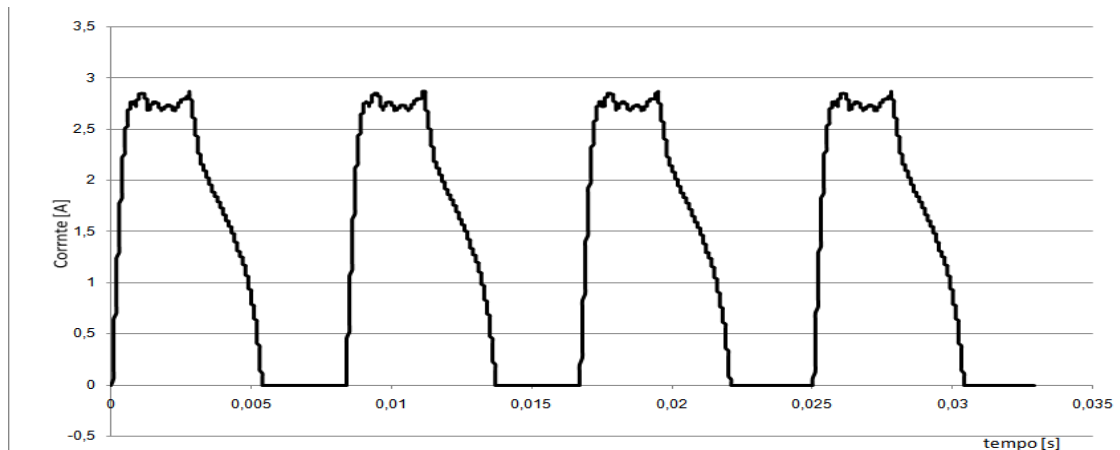


Figura 05. Corrente de fase — simulação dinâmica.

Salienta-se que o modelo está em processo de testes. Em etapas futuras, serão acrescentados circuitos e modelos das demais fases, além da equação de cálculo do torque através da co-energia magnética.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Miller, T. J. E. “Electronic Control of Switched Reluctance Machines”. Newnes Power Engineering Series, 2001.
- [2] Ramu, K. “Switched Reluctance Motor Drives: modeling, simulation, analysis, design, and applications”. CRC Press LLC, 2001.
- [3] Fitzgerald, A. E. “Máquinas Elétricas “. Tradução Anatólio Laschuk. Bookman, 2006.
- [4] Soares, F. , Costa Branco, P. J. “Simulation of a 6/4 Switched Reluctance Motor Based on Matlab/Simulink Environment”. Aerospace and Electronic Systems, IEEE Transac. on, Vol. 37, 2001.
- [5] Flux2D User’s Manual. Cedrat. Meylan, France. 2007.