

Modelo analítico para estimação do torque de um modelo de motor para roda de reação.

RUWER, S., RICCI, M. C.

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil
Aluno de Mestrado do curso de Mecânica Espacial e Controle - CMC.

sherfis@yahoo.com.br

Resumo. *O desenvolvimento de discos de inércia para aplicação espacial passa pelo projeto do motor que fará o acionamento do disco. Para a estimativa preliminar do torque e demais características do motor foi elaborado um modelo analítico para um motor definido a partir de estudos da influência dos parâmetros de construção nas suas características de operação. Os resultados foram comparados com um modelo de roda de reação comercial.*

Palavras-chave: Roda de reação; Motores brushless; Bobinas; Eletromagnetismo.

1. Introdução

Dentro do projeto de uma roda de reação está o projeto do motor elétrico para seu acionamento. Este motor pode ser otimizado para a referida aplicação. Nesta perspectiva, este trabalho apresenta a escolha de uma configuração para um motor elétrico tendo em vista a construção de uma roda de reação para controle de atitude de satélite. Com esta configuração foi desenvolvido uma expressão analítica para calcular o torque a partir do fluxo magnético concatenado nas bobinas do motor.

2. Metodologia

A partir de comparativos entre diversas configurações de motores, a configuração escolhida para aplicação em roda de reação foi um motor sem escovas, radial, com entreferro duplo [Patterson and Spée 1995, Sitapati and Krishnan 2000]. Entretanto, para este modelo analítico foi considerado apenas um entreferro. As demais configurações dizem respeito ao número de polos, *slots*, fases e outros parâmetros. A opção foi feita por um rotor com oito polos, usando inclinação em relação ao eixo (*pole skew*), o que deve permitir ao motor ser controlado para operação mais suave em baixas rotações, e reduzindo o *cogging torque*. O passo fracionário de 2,25 slots por polos impede o alinhamento de vários ímãs permanentes do rotor com os dentes do estator, reduzindo também o *cogging torque*. Com essa relação o estator deve ter 18 slots. O motor terá três fases, e um passo de bobina de dois slots [J. R. Hendershot and Miller 1994].

O modelo para o torque foi elaborado a partir da equação 1. Foi calculado o torque de cada bobina, de cada fase, e do motor. O primeiro termo da equação se refere ao torque de relutância. O segundo termo é o valor do *cogging torque*. Estes dois torques são considerados parasitas, e assim devem ser minimizados. O terceiro termo é o torque que movimenta o eixo, chamado de torque mútuo. Neste modelo será tratado apenas o torque mútuo, sendo desconsiderados os dois primeiros termos da equação 1. [Hanselman 2006]

$$T = \frac{1}{2}i^2 \frac{dL}{d\theta} - \frac{1}{2}\phi^2 \frac{dR}{d\theta} + Ni \frac{d\phi}{d\theta} \quad (1)$$

A distribuição do campo magnético B foi considerado senoidal, onde o período da função seno é dado por um ciclo magnético, equivalente a um par de polos consecutivos. Integrando o campo B sobre a área de uma bobina, com raio r , e comprimento útil L , definida a partir do ângulo θ até $\theta + \xi$, onde ξ é o ângulo da bobina, encontra-se a seguinte expressão para o fluxo concatenado pela bobina.

$$\phi = \int_{\theta}^{\theta+\xi} B L r d\theta = -\frac{1}{4} L r A [\cos(4(\theta + \xi)) - \cos(4\theta)] \quad (2)$$

3. Resultados e Discussão

Após derivar o fluxo B em relação a θ e substituir em 1, é obtida uma expressão para o torque produzido pela interação do fluxo magnético criado pelo imã permanente com o campo produzido pela corrente elétrica i que circula na bobina, conforme equação 2.

$$T = Ni L r A [\sin(4(\theta + \xi)) - \sin(4\theta)] \quad (3)$$

Considerando as três fases e variando a posição do rotor, foi calculado o torque máximo disponível para o acionamento do disco de inércia da roda de reação $T_{max} = 0,0286 Nm$. Fazendo um comparativo e usando os mesmos valores da especificação técnica da roda TELDIX modelo RSI 01-5/28 [TEL 2003], com velocidade máxima de operação $2800 rpm$ e momento angular de $0,12 Nm s$ nesta velocidade, o motor proposto permitirá uma aceleração de $11,1 s^{-2}$.

4. Conclusão

A partir do método foi possível calcular o tempo de $4,19 s$ para acelerar a roda de 0 até $2800 rpm$. O cálculo demonstrou a viabilidade da construção do motor proposto para aplicação em rodas de reação. Os passos seguintes envolvem o cálculo refinado do campo magnético e o uso do método de elementos finitos para se obter um modelo mais preciso das características de operação do motor.

Referências

- (2003). *Technical Data: Reaction Wheel TELDIX RSI 01-5/28*. TELDIX.
- Hanselman, D. (2006). *Brushless Permanent Magnet Motor Design*. Magna Physics Publishing, 2. ed edition.
- J. R. Hendershot, J. and Miller, T. (1994). *Design of brushless permanent-magnet motors*. Magna Physics Publishing and Clarendon Press Oxford.
- Patterson, D. and Spée, R. (1995). The design and development of an axial flux permanent magnet brushless dc motor for wheel drive in a solar powered vehicle. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 31(5).
- Sitapati, K. and Krishnan, R. (2000). Performance comparisons of radial and axial field, permanent magnet, brushless machines. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 37(5).