

Desenvolvimento de Mancal Magnético para
Rodas de Reação
Qualificação Mestrado

Rafael Corsi Ferrão

`rafael.corsi@maua.br`
`http://www.maua.br`

17 de outubro de 2015

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

- 1 Introdução
 - Rodas de Reação
 - Revisão
- 2 O mancal magnético
 - Estator Interno
 - Estator Externo
- 3 Modelo Dinâmico
- 4 Próximos passos

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

- ▶ atuador eletromecânico
- ▶ conservação de momento angular



é constituída de :

- ▶ Motor de corrente contínua sem escovas (BLDC)
- ▶ Inércia
- ▶ Mancal
- ▶ Eletrônica

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Solução mais usual porém apesar de sua aparente simplicidade apresenta sérios desafios:

- ▶ Lubrificantes (Ciclos térmicos, radiação, pressão atmosférica)
 - ▶ Fluida
 - ▶ Seca
- ▶ Eventual necessidade de um selamento hermético
- ▶ Difícil modelagem

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Mancal magnético:

- ▶ solução sem contato mecânico entre o estator e rotor
- ▶ confiabilidade depende basicamente da eletrônica
- ▶ validação em ambiente terrestre
- ▶ eliminação da zona morta
- ▶ aumento na complexidade da malha de controle

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

- ▶ Desenvolver um mancal magnético para rodas de reação que atenda os requisitos impostos pelo INPE;
- ▶ Versão de engenharia porém visando a "especialização"

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal
magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo
Dinâmico

Próximos passos

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

- ▶ mancais com aplicação em rodas de reação
- ▶ tipos de mancais magnéticos
- ▶ mancais magnético em rodas de reação

(1998) Bernus

((2001) Scharf)

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo

Dinâmico

Próximos passos

- ▶ dois graus de liberdade ativo (radial)
- ▶ graus de liberdade passivo estabilizados por ímãs permanentes
- ▶ geometria plana
- ▶ mancal localizado externo ao motor
- ▶ escalonável

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Corte longitudinal do mancal magnético

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Força (N) vs Deslocamento radial (mm)

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Força (N) vs Deslocamento axial (mm)

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal

magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo

Dinâmico

Próximos passos

$$T_{\theta,x,y,z} = \frac{1}{2} I_z \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} m (\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2)$$

$$V_z = m g z + \frac{1}{2} K z^2$$

$$L = T - V$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\partial L}{\partial \dot{r}} \right] - \frac{\partial L}{\partial r} = Q^{nc} + Q^c$$

→

$$I \ddot{\theta} = 0$$

$$m \ddot{x} = F_{px}(x, y) - F_{by}(x, y, i)$$

$$m \ddot{y} = F_{py}(x, y) - F_{bx}(x, y, i)$$

$$m \ddot{z} - K z = m g$$

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

- ▶ modelo não linear das forças
- ▶ batente modelado como choque elástico
- ▶ força contra eletromotriz não modelada

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

$$G_a(s) G_p(s) = \frac{46530}{0.02077s^3 + 1.478s^2 - 3.08e04s - 2.191e06}$$

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

- ▶ usinagem das peças
 - ▶ ausência de pino guia
 - ▶ tolerância
- ▶ batente
- ▶ embobinamento dos polos
- ▶ validação do modelo com o protótipo
- ▶ medida de posição

Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos



Introdução

Rodas de Reação

Revisão

O mancal magnético

Estator Interno

Estator Externo

Modelo Dinâmico

Próximos passos

- ▶ correção dos problemas mecânicos
- ▶ validação do modelo vs protótipo
- ▶ desenvolvimento do controlador
- ▶ forma de sensoramento
- ▶ desenvolvimento da eletrônica
- ▶ implementação e testes