

Controle de motor elétrico Brushless Maxon 45fl-200142 para robô jogador de futebol Small Size

Aloysio Galvão Lopes

Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Rua H8C, 322, DCTA
12.228-462 - São José dos Campos/SP
Bolsista PIBIC - CNPq
aloysiogl@gmail.com

Carlos César Aparecido Eguti

Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Centro de Competência em Manufatura
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50
12.229-900 – São José dos Campos / SP
cesar.eguti@gmail.com

Marcos Ricardo Omena de Albuquerque Maximo

Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Divisão de Ciência da Computação
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50
12.229-900 – São José dos Campos / SP
maximo.marcos@gmail.com

Resumo: Neste trabalho é realizada a simulação e implementação de um controle do motor elétrico do tipo Brushless Maxon 45fl-200142. O objetivo do trabalho foi realizar o modelamento matemático das equações que regem o motor citado; realizar a simulação do modelo obtido; desenvolver, simular e otimizar os parâmetros de um controlador PI; desenvolver o hardware para o controle do motor e implementar o controlador para o motor.

Para isso, foi, inicialmente, projetado e criado o hardware para controle do motor. Em seguida, o hardware foi testado em um motor BLDC de drive de DVD em loop aberto. Após isso, foi realizada a modelagem do motor baseada nos parâmetros físicos fornecidos pelo fabricante; com base nisso, foi possível simular o comportamento do motor e projetar o controlador. Por fim, foi possível implementar o controlador no hardware desenvolvido e controlar o motor Maxon 45fl-200142.

Dos resultados obtidos, foi possível concluir que o controle do motor só pode ser realizado com feedback. Isso significa que o controle do motor do drive de DVD em loop aberto não obteve sucesso. No entanto, o controle do motor Maxon foi realizado com sucesso, pois foi utilizado feedback dos sensores de efeito Hall, além do mais os resultados de velocidade angular obtidos pelo motor se mantiveram fiéis ao modelo, o que mostra que o modelo utilizado descreve adequadamente o motor.

Palavras-chave: Motor elétrico Brushless, Modelagem física, Simulação, Controle de velocidade.

1. INTRODUÇÃO

A ITAndroids, equipe de robótica do ITA, é uma iniciativa de alunos do ITA que representa a instituição em diversas competições de robótica nacionais e internacionais. O principal objetivo dessa iniciativa é a integração dos alunos com atividades de pesquisa em engenharia, em especial em robótica e inteligência artificial. A ITAndroids acredita que o hardware é fundamental no desenvolvimento de qualquer projeto de robótica, por isso, recentemente tem-se investido bastante no desenvolvimento dessa área. O desenvolvimento de conhecimento na área de controle de motores elétricos, assim, torna-se fundamental para a melhoria técnica da iniciativa. Nesse sentido, abre-se caminho para a participação na categoria Small Size, a qual necessita de uma eletrônica mais desenvolvida o que implica diretamente no desenvolvimento de conhecimento sobre controle de motores. Os motores utilizados para a locomoção dos robôs são motores Brushless, essa escolha se justifica pelo fato de que motores Brushless são mais eficientes, ocupam menos espaço e apresentam desgaste muito menor que motores DC tradicionais. Uma vez que o desgaste mecânico durante as partidas de futebol de robôs Small Size é elevado e é preciso alto rendimento dos sistemas mecânicos os motores BLDC são a escolha ideal; além disso, as principais equipes internacionais, tal como a equipe tailandesa SKUBA[2] fazem uso de desses motores. Em contrapartida, o controle deste tipo de atuador mecânico se dá de maneira mais complexa, uma vez que a comutação do campo magnético não é feita mecanicamente por escovas. A figura 1, abaixo, ilustra a mecânica de um motor BLDC.

2. FORMATO DO TEXTO

O artigo deve ser digitado em papel tamanho A4, usando fonte Times New Roman, tamanho 10, exceto para o título, nomes dos autores, instituição, endereço, resumo e palavras-chave, que têm formatações específicas indicadas acima. Espaço simples entre linhas deve ser usado ao longo do texto.

O corpo de texto que contém o título deve ser centralizado, em parágrafo com recuo esquerdo de 0,1 cm e marcado com borda esquerda de largura $2\frac{1}{4}$ pontos.

O corpo de texto que contém os nomes de autores e de instituições devem ser alinhados à esquerda, em parágrafo com recuo esquerdo de 0,1 cm e marcados com borda esquerda de largura $2\frac{1}{4}$ pontos.

A primeira página deve ter margem superior igual a 5 cm, e todas as outras margens (esquerda, direita e inferior) iguais a 2 cm. Todas as demais páginas do trabalho devem ter todas as suas margens iguais a 2 cm.

NÃO NUMERAR AS PÁGINAS.

QUANDO SUBMETER O TRABALHO PELA PRIMEIRA VEZ EM PDF, OS NOMES DOS AUTORES E AFILIAÇÕES DEVEM SER SUPRIMIDOS. INCLUA APENAS O CÓDIGO DO RESUMO, O QUAL FOI FORNECIDO NO E-MAIL DE ACEITAÇÃO DO SEU RESUMO, MANTENDO O ESPAÇO ORIGINAL DESTINADO AOS NOMES DOS AUTORES E AFILIAÇÃO.

2.1 Títulos e Subtítulos das Seções

Os títulos e subtítulos das seções devem ser digitados em fonte Times New Roman, tamanho 10, estilo negrito, e alinhados à esquerda. Os títulos das seções são com letras maiúsculas (Exemplo: **MODELO MATEMÁTICO**), enquanto os subtítulos só têm as primeiras letras maiúsculas (Exemplo: **Modelo Matemático**). Eles devem ser numerados, usando numerais arábicos separados por pontos, até o máximo de 3 subníveis. Uma linha em branco de espaçamento simples deve ser incluída acima e abaixo de cada título ou subtítulo.

2.2 Corpo do Texto

O corpo do texto é justificado e com espaçamento simples. A primeira linha de cada parágrafo tem recuo de 0,6 cm a partir da margem esquerda.

As equações matemáticas são alinhadas à esquerda com recuo de 0,6 cm. Elas são referidas como "Eq. (1)" no meio de uma frase, ou "Equação (1)" quando usada no início de uma sentença. Os números das equações são numerais arábicos colocados entre parênteses, e alinhados à direita, como mostrado na Eq. (1).

Os símbolos usados nas equações devem ser definidos imediatamente antes ou depois de sua primeira ocorrência no texto. (Maximo, 2015)

O tamanho da fonte usado nas equações deve ser compatível com o utilizado no texto. Todas as grandezas físicas devem ter suas unidades expressas no sistema S.I. (métrico).

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

As tabelas devem ser centralizadas. Elas são referidas por "Tab. 1" no meio de uma frase, ou por "Tabela 1" quando usada no início de uma sentença. A legenda deve ser centralizada e localizada imediatamente acima da tabela. Anotações e valores numéricos nela incluídos devem ter tamanhos compatíveis com o da fonte usada no texto do trabalho, e todas as unidades devem ser expressas no sistema S.I. (métrico). As unidades são incluídas apenas na primeira linha ou primeira coluna de cada tabela, conforme for apropriado. As tabelas devem ser colocadas tão perto quanto possível de sua primeira citação no texto. Uma linha em branco, em espaço simples, deve ser introduzida entre a tabela, seu título e o texto.

O estilo de borda da tabela é livre. As legendas das Figuras e das Tabelas não devem exceder 3 linhas.

Tabela 1: Resultados experimentais para as propriedades de flexão dos materiais MAT1 e MAT2. Valores médios obtidos em 20 ensaios.

Propriedades do compósito	CFRC-TWILL	CFRC-4HS
Resistência à Flexão (MPa)	209 ± 10	180 ± 15
Módulo de Flexão (GPa)	57.0 ± 2.8	18.0 ± 1.3

As figuras devem ser centralizadas. Elas são referenciadas por "Fig. 1" no meio de uma frase ou por "Figura 1" quando usada no início de uma sentença. Sua legenda deve ser centralizada e localizada imediatamente abaixo da figura. As anotações e numerações devem ter tamanhos compatíveis com o da fonte usada no texto, e todas as unidades devem ser expressas no sistema S.I. (métrico). As figuras devem ser colocadas o mais próximo possível de sua primeira citação no texto. Deve ser deixada uma linha em branco, de espaçamento simples, entre as figuras e o texto.

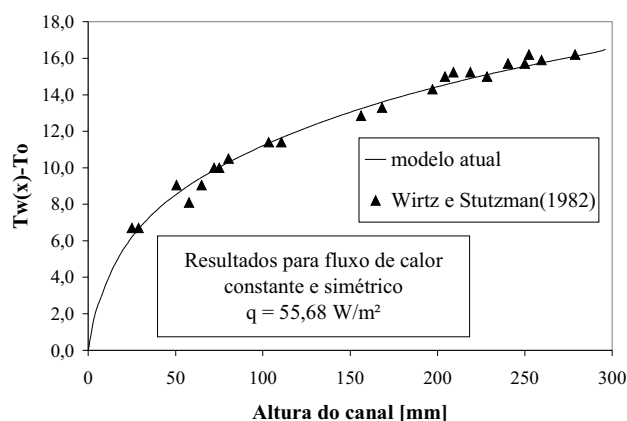


Figura 1: Comparação entre os resultados do presente modelo com os resultados experimentais de Wirtz e Stutzman (1982).

Figuras coloridas e fotografias de alta qualidade podem ser incluídas no trabalho. Para reduzir o tamanho do arquivo e preservar a resolução gráfica, os arquivos das imagens devem ser convertidos para o formato GIFF (para figuras com até 16 cores) ou para o formato JPEG (alta densidade de cores), antes de serem inseridos no trabalho.

A citação das referências no corpo do texto pode ser feita nos formatos: "Bordalo *et al.* (1989) mostra que o corpo...", ou: "Vários trabalhos (Coimbra, 1978; Clark, 1986 e Sparrow, 1980) mostram que a rigidez..."

Referências aceitas incluem: artigos de periódicos, dissertações, teses, artigos publicados em anais de congressos, livros, comunicações privadas e artigos submetidos e aceitos (com fonte identificada) e citações a páginas da internet.

A lista de referências deve ser uma seção específica denominada Referências, localizada no fim do artigo.

A primeira linha de cada referência deve ser alinhada à esquerda; todas as outras linhas têm recuo de 0,6 cm da margem esquerda. Todas as referências incluídas na lista devem aparecer como citações no texto do trabalho.

As referências devem ser postas em ordem alfabética, usando o último nome do primeiro autor, seguida do ano da publicação. Exemplo da lista de referências é apresentado abaixo.

3. AGRADECIMENTOS

Se houver, esta seção deve ser colocada antes da lista de referências.

4. REFERÊNCIAS

- Bordalo, S.N., Ferziger, J.H. and Kline, S.J., 1989. "The development of zonal models for turbulence". In *Proceedings of the 10th Brazilian Congress of Mechanical Engineering*. ABCM, Rio de Janeiro, Brazil, Vol. 1, pp. 41–44.
- Clark, J.A., 1986. Private communication, University of Michigan, Ann Harbor.
- Coimbra, A.L., 1978. *Lessons of Continuum Mechanics*. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brazil. 428 p.
- Maximo, M., 2015. *SBAI - Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente*.
- Sparrow, E.M., 1980. "Forced convection heat transfer in a duct having spanwise-periodic rectangular protuberances". *Numerical Heat Transfer*, Vol. 3, pp. 149–167.

5. RESPONSABILIDADE AUTORAIS

Os trabalhos escritos em português ou espanhol devem incluir (após direitos autorais) título, os nomes dos autores e afiliações, o resumo e as palavras chave, traduzidos para o inglês e a declaração a seguir, devidamente adaptada para o número de autores.

O(s) autor(es) é(ão) o(s) único(s) responsável(is) pelo conteúdo deste trabalho.