

BOLSA 02 - Mestrado

Projeto de um diferencial eletrônico para um veículo fórmula estudantil: modelagem e projeto do controlador

Atividade 3 do Cronograma do Projeto

1. Nome do bolsista: a ser definido	
2. Nome do orientador (quando aplicável): Maíra Martins da Silva (EESC-USP)	
3. Modalidade da bolsa (ver Anexo 1 do Manual de Operações): Mestrado	
4. Duração da bolsa: 24 (meses)	5. Dedicção: 40 (horas/semana)
6. Resumo do trabalho a ser desenvolvido: O estudo de novas tecnologias associadas a veículos híbridos e elétricos se faz necessário na busca por matrizes energéticas provenientes de energias renováveis. Um dos desafios para encontrar dados nessa área é a alteração da motorização de tais veículos. Assim, surgem oportunidades para o desenvolvimento de projetos voltados à automação e controle de diversos sistemas. Nesse contexto, a proposta do presente projeto é desenvolver um diferencial eletrônico aplicado ao veículo fórmula estudantil projetado pela Equipe Tupã da EESC-USP com o intuito de melhorar a estabilidade, manobrabilidade e, conseqüentemente, o desempenho (diminuir tempo por volta) nas provas de SkiPad e AutoCross. Há mais de uma possibilidade de motorização de veículos elétricos, portanto neste projeto optou-se por utilizar motores independentes nas rodas traseiras. Essa configuração permite o controle de distribuição de torques através do conceito de Torque Vectoring (Stoop, 2014). Para essa implementação, uma referência é calculada para a taxa de guinada (yaw rate). Estratégias de controle e distribuição dos torques serão implementadas usando a referência teórica e as seguintes estratégias de controle: controle PID (Proportional-Integrative-Derivative) ajustado para a planta linearizada, controle de modos deslizantes (<i>Sliding Mode Control - SMC</i>) e controle adaptativo (<i>Linear Parameter-Varying Control - LPV</i>). Esses controladores serão projetados através da avaliação numérica de um modelo dinâmico simplificado. Comparações entre essas estratégias serão realizadas através da avaliação numérica do sistema em malha fechada usando métricas no domínio (tempo de volta, por exemplo) e um modelo considerando não-linearidades e transferência lateral de carga utilizando a plataforma	

CarSim. Baseando-se nos resultados destas comparações e na viabilidade de implementação, uma das técnicas será implementada no veículo e avaliada experimentalmente.

7. Objetivos pretendidos:

O presente projeto tem como objetivo a o projeto de um diferencial eletrônico para o veículo do tipo fórmula F-SAE construído pela Equipe Tupã da EESC-USP. Esses veículos participam de provas em circuitos que exigem capacidade de tração e estabilidade do veículo. Assim, o projeto do diferencial eletrônico será realizado através da avaliação numérica e experimental do sistema em malha fechada visando melhor desempenho e eficiência nas provas de Skid-Pad e Auto-Cross. Para isto, os seguintes sub-objetivos precisam ser alcançados:

- Implementação de um modelo numérico para a geração de uma referência para a taxa de guinada (*yaw rate*);
- Modelagem matemática utilizando o modelo dinâmico simplificado;
- Projeto de controladores diversos (PID, SMC e LPV) usando o modelo simplificado e a taxa de guinada de referência;
- Avaliação das técnicas de controles propostas em um ambiente de simulação que considere não-linearidades do veículo (modelo completo em malha fechada no CarSim); e
- Implementação e verificação da técnica de controle escolhida no veículo do tipo fórmula a fim de analisar os resultados obtidos experimentalmente.

8. Plano de atividades (incluir metodologia, as atividades e o cronograma de execução de atividades a serem desempenhadas pelo bolsista em consonância com a Planilha de Atividades):

8.1) Metodologia:

O bolsista fará avaliações numéricas e experimentais de diversas técnicas de controle para a implementação de um Diferencial Eletrônico em um veículo elétrico do tipo fórmula (Fig. 1(a)). Para isto, será utilizado um modelo simplificado do veículo em ambiente Matlab e um modelo mais completo (incluindo aspectos não-lineares)

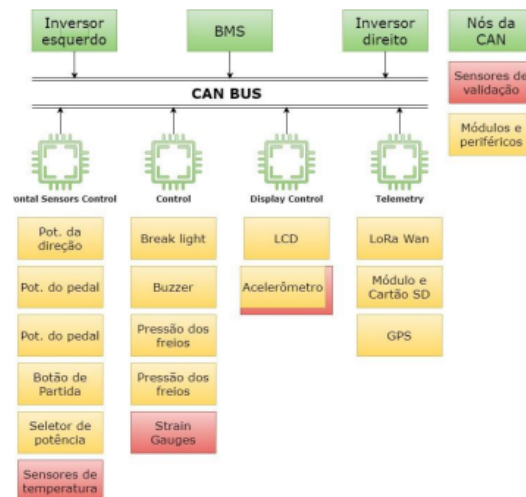
através do simulador CarSim. A estes modelos será adicionado o controle referente ao diferencial eletrônico desenvolvido. A teoria de controle abrange inúmeras possibilidades de projetos e métodos de projeto. Assim, o projeto se propõe a estudar três destas possibilidades de controles e avaliar qual delas apresenta a melhor relação desempenho/eficiência energética para o projeto:

- controle PID;
- controle por modos deslizantes - SMC (Goggia, 2014);
- controle adaptativo - LPV (Kaiser, 2015).

O controle PID pode não ter a capacidade de manter um bom desempenho diante as mudanças de velocidade do veículo. O controle por modos deslizantes é um controle robusto que usualmente apresenta bom desempenho para sistemas não lineares e é de fácil implementação. O controle adaptativo pode considerar as diferentes condições que o veículo estará submetido. Assim, o desempenho desta estratégia tem grande potencial para veículos sujeitos a uma variação grande da taxa de guinada.



(a)



(b)

Figura 1. (a) Veículo a ser utilizado nos testes e (b) Esquema ilustrativo da ECU do veículo.

O controlador com o melhor desempenho e viabilidade de implementação será programado no veículo fórmula. Para isto, o veículo necessita estar instrumentado como ilustrado na Fig. 1(b). Há a necessidade da aquisição da velocidade linear, do ângulo de esterço e da taxa de guinada. Outros parâmetros do veículo também podem ser necessários para complemento do modelo, por exemplo, a curva de torque do motor, coeficiente de atrito dos pneus, massa do veículo, distância entre eixos etc. De posse dessas informações, o sistema irá calcular a ação de controle precisa em cada motor, de modo a minimizar o erro. As avaliações numéricas e experimentais destas implementações podem trazer contribuições científicas na área de veículos elétricos. Estas contribuições visam principalmente o aumento do desempenho e eficiência energética do sistema.

8.2) Atividades

As principais atividades a serem desenvolvidas pelo bolsista são divididas em 6 linhas:

- a. Análise preliminar do controle no veículo F-SAE usando modelos simplificados
- b. Revisão do cálculo da referência para o F-SAE (modelo de taxa de guinada com o modelo do protótipo do diferencial eletrônico desenvolvido e validá-lo no ambiente *Matlab/Simulink*).
- c. Projeto e implementação numérica do controle de guinada (projeto e implementação nos modelos simplificado e do CarSim).
- d. Comissionamento do controle inicial do veículo F-SAE.
- e. Testes de guinada rápida no veículo F-SAE (Implementação experimental da técnica de controle com melhor desempenho numérico).
- f. Melhorias no projeto considerando as avaliações numéricas e experimentais

8.3) Cronograma

A Tabela 1 detalha o cronograma da BM1. O cronograma se inicia juntamente com o projeto e as atividades são divididas em trimestres. Este projeto de mestrado terá duração de 24 meses.

As atividades previstas neste projeto compõem a raia 4 da Fig. 7 do projeto e atividade 4 no Cronograma do Projeto.

Tabela 1: Cronograma proposto (início no mês 1 do projeto)

ATIVIDADE	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
a	x							
b		x						
c			x	x				
d					x			
e						x	x	
f							x	x

Referências:

Goggia T., Sorniotti A., De Novellis L.; Ferrara A. (2014) Torque-vectoring control in fully electric vehicles via integral sliding mode. Proceedings of the American Control Conference, American Automatic Control Council, p. 3918–3923, 2014. ISSN 07431619. DOI:10.1109/ACC.2014.6858807

Kaiser, G. (2015) Torque vectoring: Linear Parameter-Varying Control for an Electric Vehicle. 2015. f. 163. Tese de doutorado. doi.org/10.15480%2F882.1228.

Stoop A.W. (2014) Design and Implementation of Torque Vectoring for the Forze Racing Car, Dissertação de Mestrado, TU Delft

(<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A720ca646-2936-4680-9a63-b7665822c83f>)