

Controle de fluxo de energia do *powertrain* de um veículo urbano leve híbrido

Proposta de Dissertação de Mestrado

Orientador: Rodolfo C. C. Flesch

Coorientador: Nestor Roqueiro

1. Informações gerais

- **Área de concentração:** controle de processos.
- **Início:** julho/2015.
- **Previsão de término:** dezembro/2016.

2. Objeto da pesquisa

2.1. Motivação e justificativa

Sistemas de mobilidade com reduzida emissão de gases do efeito estufa e poluentes têm sido objeto de intensos estudos nos últimos anos. Uma alternativa considerada viável é o uso de energia elétrica como fonte primária de propulsão dos veículos. Existem diversas abordagens em relação à arquitetura desse tipo de veículos autônomos que usam energia elétrica armazenada para produzir o deslocamento, mas uma grande limitação dos veículos elétricos ainda é a autonomia que pode ser atingida apenas com baterias e supercapacitores. Como forma de contornar o problema da autonomia limitada, surgiram os veículos híbridos, que combinam os tradicionais motores de combustão com acumuladores e motores elétricos.

Entre as diferentes possibilidades de configuração de um veículo híbrido, destaca-se a propulsão híbrida série, que emprega o motor de combustão em série com um gerador elétrico. Toda a parte de tração é realizada por um motor elétrico, que recebe energia dos acumuladores e do gerador. O carregamento dos acumuladores pode ocorrer através de regeneração de energia do movimento ou de energia excedente do gerador. A gestão do fluxo de energia em um veículo com essas características não é tarefa trivial, visto que há diferentes tipos de energia envolvidos (ao menos elétrica, mecânica e química) e diferentes tipos de conversores, com diferentes características estáticas e dinâmicas. Há diferentes possibilidades de formas de se obter a potência necessária no motor elétrico a cada instante para percorrer determinado trajeto, mas tipicamente se deseja encontrar a política que seja ótima em algum sentido (minimização das emissões ou minimização do consumo energético global, por exemplo) e obedeça a restrições de operação e de segurança.

A abordagem tradicional para esse tipo de problema consiste no emprego de tabelas que sugerem uma ação para cada tipo de condição em que o veículo se encontra. O controle preditivo baseado em modelo, por outro lado, se mostra como uma alternativa bastante promissora para tratar esse tipo de problema e sua aplicação será estudada no trabalho a ser desenvolvido a partir desta proposta.

O Laboratório de Inovação (LI) da UFSC conta com um *powertrain* híbrido instalado em um veículo urbano leve. O sistema é composto por um motor de combustão, um gerador elétrico, uma bateria de íons de lítio, um supercapacitor, um motor elétrico e os conversores de energia necessários. Considera-se esse veículo como um substituto às motocicletas de baixa cilindrada, com melhoras na segurança e no

conforto. Além disso, o LI conta com um dinamômetro capaz de simular condições reais de operação ou ciclos padronizados empregados para determinação da eficiência energética de veículos híbridos.

2.2. Objetivos

O objetivo geral do trabalho é desenvolver uma estratégia de controle que permita otimizar o fluxo de energia de um veículo urbano leve de propulsão híbrida série, com foco na minimização das emissões de poluentes. Os objetivos específicos compreendem: modelar em uma perspectiva de alto nível o comportamento dinâmico dos principais componentes do *powertrain*; avaliar, através de simulação, o comportamento de diferentes estratégias de controle, com foco no controle preditivo baseado em modelo; implementar a estratégia mais promissora no protótipo e avaliar os resultados experimentais.

3. Metodologia

O plano de atividades para a execução do projeto está delineado abaixo:

1. revisar literatura de modelagem e controle de veículos híbridos;
2. modelar os principais componentes do protótipo presente no LI;
3. projetar diferentes controladores para o sistema identificado e avaliar seu comportamento em simulação;
4. implementar a técnica mais promissora e aplicá-la no protótipo do LI;
5. realizar ensaios em diferentes condições;
6. escrever a dissertação e um artigo.

4. Bibliografia de referência

C. N. TANAKA, “Metodologia de dimensionamento do sistema de tração para veículos elétricos”. Dissertação (Mestrado em Ciências - Sistemas de Potência), Universidade de São Paulo, 2013.

C. HOU, M. OUYANG, L. XU, and H. WANG, Approximate Pontryagin’s minimum principle applied to the energy management of plug-in hybrid electric vehicles, “Appl. Energy”, v. 115, p. 174-189, Feb. 2014.

F. PAYRI, C. GUARDIOLA, B. PLA, and D. BLANCO-RODRIGUEZ, A stochastic method for the energy management in hybrid electric vehicles, “Control Eng. Pract.”, v. 29, p. 257-265, Aug. 2014.

C. K. SCHAEFFLER, “Solving the Powertrain Puzzle”. Frankfurt, Germany: Dr. Wolfgang Reik, 2014.

Z. SONG, H. HOFMANN, J. LI, J. HOU, X. HAN, and M. OUYANG, Energy management strategies comparison for electric vehicles with hybrid energy storage system, “Appl. Energy”, v. 134, p. 321-331, Dec. 2014.

S. SPEIDEL and T. BRÄUNL, Driving and charging patterns of electric vehicles for energy usage, “Renew. Sustain. Energy Rev.”, v. 40, n. C, p. 97-110, 2014.

C. C. CHAN, The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles, “Proceedings of the IEEE”, v. 95, n. 4, p. 704-718, 2007.

A. KHALIGH and L. ZHIHAO, Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles: State of the Art, “Vehicular Technology, IEEE Transactions on”, v. 59, n. 6, p. 2806-2814, 2010.

A. L. ALLEGRE, A. BOUSCAYROL, and R. TRIGUI, “Influence of control strategies on battery/supercapacitor hybrid Energy Storage Systems for traction applications”, IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, 2009. VPPC '09, p. 213-220, 7-10 Sept. 2009, 2009.

L. V. PÉREZ and E. A. PILOTTA, Optimal power split in a hybrid electric vehicle using direct transcription of an optimal control problem, “Mathematics and Computers in Simulation”, v. 79, n. 6, p. 1959-1970, February 2009.

M. J. WEST, C. M. BINGHAM and N. SCHOFIELD, “Predictive control for energy management in all/more electric vehicles with multiple energy storage units”, IEEE Proc. of the IEMDC 2003, p. 222-228, 2003.

G. RIZZONI, L. GUZZELLA and B. BAUMANN, Unified modeling of Hybrid Electric Vehicles, “IEEE/ASME Transactions on Mechatronics”, v. 4, n. 3, p. 246-257, 1999.