

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Modelagem Matemática do MSIP de Veículos Elétricos Aplicada ao Controle Vetorial

Thiago Lazzari¹Fernanda Z. Boaretto²Cícero M. Moreira³Adilson L. Stankiewicz⁴Cássio L. Baratieri⁵

Departamento de Engenharias e Ciência da Computação, URI, Erechim, RS

1 Introdução

A preocupação com o meio ambiente é um assunto de extrema importância que está sendo discutido por inúmeros países no mundo [1]. Os principais objetivos são encontrar maneiras alternativas de geração de energia elétrica utilizando fontes renováveis e a redução da emissão de dióxido de carbono (CO_2) para a atmosfera. Em vista disso, um segmento que está se destacando é o mercado automobilístico, pois o mesmo contribui significativamente à emissão de CO_2 com os Veículos a Combustão Interna (VCI).

Dessa forma, os Veículos Elétricos (VE) estão ganhando inúmeros incentivos fiscais e políticos ao seu desenvolvimento. Em vista do rigor exigido por alguns países para a redução zero de emissão de CO_2 no ramo automobilístico, preocupação com o meio ambiente, juntamente com o avanço na eletrônica de potência, novas tecnologias de armazenamento de energias e procurando uma alternativa à substituição dos VCI [2].

Nesse contexto, este trabalho contribui ao estudo da modelagem matemática aplicada ao controle de sistemas de propulsão elétrica em VE, especificamente, ao Motor Síncrono de Ímãs Permanentes (MSIP) acionados mediante a técnica de Controle Vetorial.

2 Metodologia e Resultados

As equações que regem o comportamento dinâmico dos MSIPs representadas em um referencial síncrono $dq0$ são obtidas mediante técnicas matemáticas existentes que realizam a transformação de grandezas variantes no tempo em invariantes no tempo (Transformada

¹thiago.lazzari@hotmail.com

²fe-zb1@hotmail.com

³cicero.matematica@gmail.com

⁴adilsonluis@uricer.edu.br

⁵cassiobaratieri@uricer.edu.br

de Clarke e Park), simplificando o modelo matemático dos motores sem alterar o seu resultado quantitativo e qualitativo [3].

Desse modo, hipóteses e considerações foram adotadas para determinar e delimitar as equações dinâmicas do MSIP. Tais como: Motor trifásico; Estator com enrolamentos concentrados, simétricos, defasados entre si de 120° e conectados em estrela (Y) sem ligação no neutro; As perdas no ferro e a saturação do circuito magnético são negligenciadas; Os ímãs são alocados no interior do rotor.

Para validar o modelo matemático desenvolvido do MSIP, simulou-se o acionamento de um MSIP no aplicativo PSIM comparando-o com o modelo ideal disponível. Os resultados obtidos contemplam de maneira satisfatória o modelo do MSIP, visto que as variáveis elétricas e mecânicas entre o motor de referência e o modelo determinado são concordantes.

Com o intuito de melhorar o desempenho operacional do MSIP, implementou-se o controle vetorial mediante controladores Proporcional e Integrais (PI). Além disso, a sintonia dos ganhos dos controladores foi realizada por meio das funções de transferência e do MATLAB/Sisotool.

Por fim, para validação do sistema de controle, adotou-se um *drive* constituído de um inversor trifásico a IGBTs com modulação PWM de abordagem geométrica. Ademais, os resultados comparativos apresentaram discrepâncias que podem ser negligenciadas (erro relativo médio de 0,000475 % na velocidade elétrica e 0,012384 % no conjugado eletromagnético). Além disso, ressalta-se que tanto as grandezas do sistema elétrico quanto do sistema mecânico apresentaram o mesmo comportamento qualitativo tanto ao MSIP do PSIM, quanto ao modelo computacional proposto, indicando que a modelagem e o sistema de controle implementados computacionalmente são satisfatórios.

3 Conclusões

Este trabalho apresentou a modelagem matemática aplicada ao controle vetorial de MSIPs para VE. Além disso, a validação comparativa entre o modelo desenvolvido e o modelo ideal realizada no aplicativo PSIM apresentou erros relativos médios inferiores a 0,02 %, indicando que a modelagem e a técnica de controle são válidas. De modo geral, além da aplicabilidade de diferentes controladores nos modelos de MSIP, esse trabalho possibilita aplicar diferentes parâmetros ao MSIP e prever o comportamento qualitativo das máquinas elétricas para avaliar a aplicabilidade ou não nos VE.

Referências

- [1] X. Liu, H. Chen, J. Zhao, and A. Belahcen, Research on the Performances and Parameters of Interior PMSM Used for Electric Vehicles, *IEEE Trans. Ind. Electron.*, 2016. DOI: 10.1109/TIE.2016.2524415
- [2] A. Emadi. *Advanced Electric Drive Vehicles*. First Edition. CRC Press, USA, 2015.
- [3] P. C. Krause, O. Wasynczuk, S. Sudhoff, and S. Pekarek. *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*. Third Edition. IEEE Press, New Jersey, 2013.