

Um Estudo Comparativo de Controladores de Corrente Aplicados a Conversores Conectados à Rede Baseado em *Hardware-in-the-loop**

Lucas C. Borin* Everson Mattos* Caio R. D. Osório*
Gustavo G. Koch* Vinicius F. Montagner*

* *Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil, (e-mail: lukascielo@gmail.com).*

Abstract: This paper presents the execution of tests used for the comparison of three state feedback current controllers obtained from the linear quadratic regulator applied to grid-connected converters based on the control system implementation in Hardware-in-the-loop. The paper contribution is in the detailed description of three tests for the closed-loop control system validation, using a Hardware-in-the-loop to emulate the power portion of the converter, and a digital signal processor widely used in the literature for the real-time implementation of the digital control. The first test allows to conclude about the stability under variations in the grid impedance and also in real-time operation. The second test allows to conclude on the ability to tracking grid current references with phase and amplitude variations, providing a measure of the integral squared error. The third test allows to conclude on the ability to reject harmonics in the grid voltage in steady state, providing as a measure the total harmonic distortion of the grid currents and verifying the compliance of the harmonics with the limits of the IEEE 1547 Standard. The results consider grid voltage synchronization, implementation delay in the control signal, and the effect of vector modulation, presenting the grid-injected currents for each of the controllers in comparison, and the relevant metrics for the tests, indicating the feasibility of practical implementation of these controllers.

Resumo: Este artigo apresenta a execução de ensaios utilizados para a comparação de três controladores de corrente por realimentação de estados obtidos a partir do regulador linear quadrático aplicados a conversores conectados à rede baseada na implementação do sistema de controle em *Hardware-in-the-loop*. A contribuição do trabalho está na descrição detalhada de três ensaios para a validação do sistema de controle em malha fechada, utilizando um *Hardware-in-the-loop* para emular a parte de potência do conversor, e um processador digital de sinais largamente empregado na literatura para a implementação do controle digital em tempo real. O primeiro ensaio permite concluir sobre a estabilidade sob variações da impedância de rede e também em operação em tempo real. O segundo ensaio permite concluir sobre a capacidade de rastreamento de referências de corrente de rede com variações de fase e amplitude, fornecendo uma medida da integral do erro quadrático. O terceiro ensaio permite concluir sobre a capacidade de rejeição de harmônicas na tensão de rede em regime permanente, fornecendo como medida a distorção harmônica total das correntes de rede e verificando a conformidade das harmônicas com os limites da norma IEEE 1547. Os resultados consideram sincronismo com a tensão de rede, atraso na implementação dos sinais de controle e o efeito da modulação vetorial, apresentando a corrente injetada na rede para cada um dos controladores em comparação, e as métricas pertinentes aos ensaios, indicando a viabilidade de implementação prática destes controladores.

Keywords: Grid-connected converter, Hardware-in-the-loop, Linear quadratic regulator.

Palavras-chaves: Conversor conectado à rede, *Hardware-in-the-loop*, Regulador linear quadrático.
