

## UMA NOVA ABORDAGEM PARA O MODELO DE CONVERSORES CC-CC

Israel Nathann Del Guercio Próspero<sup>1</sup>

Thales Augusto Fagundes<sup>1</sup>

Rafael Fernando Quirino Magossi<sup>2</sup>

Ricardo Quadros Machado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP

<sup>2</sup>Centro Federal para a Educação Tecnológica Celso S. da Fonseca - RJ

israelprospero@usp.br; fagundes.thales@gmail.com, rafaelquirino.magossi@gmail.com e rquadros@sc.usp.br

### Objetivos

O projeto teve como objetivo geral o estudo, a análise, a modelagem, a construção de um protótipo de um novo conversor CC-CC denominado **quasi-double-boost** e que o mesmo utilizasse fontes alternativas de energia como energia primária.

Dentre os objetivos específicos que nortearam o desenvolvimento da proposta, estão a realização de um estudo preliminar para

entender o funcionamento básico do conversor CC-CC e a revisão bibliográfica por meio da análise dos conversores clássicos encontrados na literatura.

Em seguida, foi desenvolvido o modelo em *Espaços de Estados* do conversor proposto considerando as perdas parasitas associadas aos elementos passivos e ativos; tal modelo matemático foi analisado e validado por meio de simulações dinâmicas e estáticas e também foram calculados tanto a eficiência quanto o

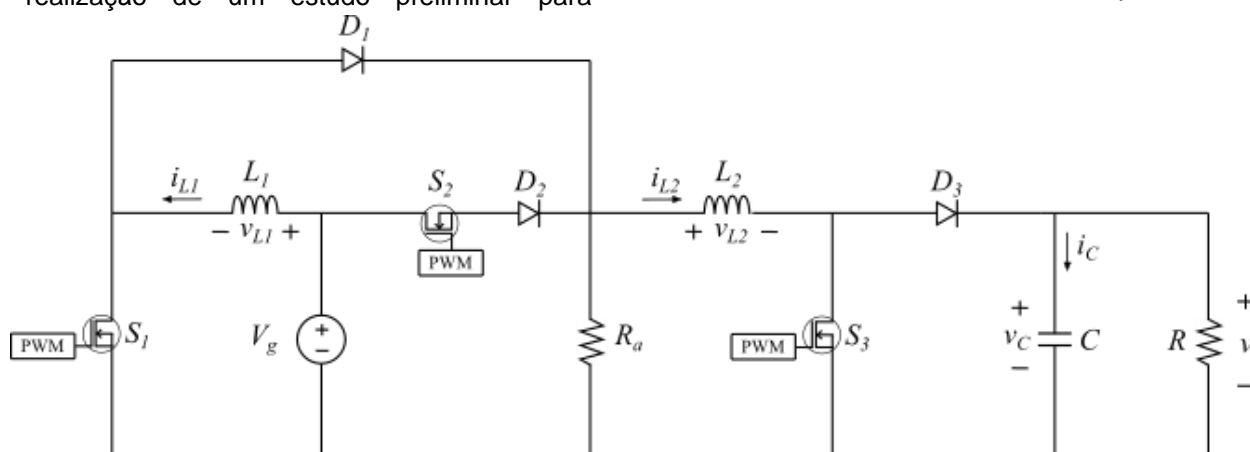


Figura 1 – Conversor *quasi-double-boost*.

ganho estático de tensão do dispositivo.

Por fim, a montagem e os ensaios experimentais do conversor *quasi-double-boost* deveriam ter sido realizados de forma a possibilitar a comparação entre os dados colhidos em ensaios com aqueles calculados por meio de simulações e modelos matemáticos.

Entretanto, essa última etapa, em virtude da pandemia do vírus SARS-COV-2, não foi possível de ser realizada, porém como o bolsista continuará integrando o Laboratório de Fontes Alternativas e Processamento de Energia, LAFAPE, tais atividades terão suas devidas reposições tão logo a crise sanitária permita.

## Métodos e Procedimentos

O conversor proposto para o projeto, o **quasi-double-boost**, é mostrado na Figura 1. Os três semicondutores ativos ( $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ ) –MOSFETs– recebem o mesmo padrão PWM (Modulação por Largura de Pulso).

Durante o processo de operação do conversor, quando  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$  são acionados, os diodos  $D_1$  e  $D_3$  são, reversamente, polarizados e forçados ao bloqueio enquanto  $D_2$  é forçado a conduzir e manter o fluxo de potência na carga (modo 1).

Entretanto, quando os três semicondutores ativos são bloqueados, ocorre (também) o bloqueio de  $D_2$ , enquanto que  $D_1$  e  $D_3$  são forçados a entrarem em condução para permitir um caminho de circulação da corrente armazenada nos indutores  $L_1$  e  $L_2$  (modo 2).

Tendo em vista esse funcionamento, os comportamentos das correntes passando pelos indutores e da tensão sobre o capacitor (que é também a tensão da carga) podem ser analisados através do simulador PSIM. Além disso, ao determinar as equações de cada um dos modos de operação, o modelo em *Espaço de Estados* pode ser extraído e validado através do MATLAB/Simulink.

Com a definição do modelo e auxílio do MATLAB, a expressão do ganho de tensão em função do ciclo de trabalho ( $k$ ) do conversor pode ser calculada.

Além disso, os gráficos do ganho e da eficiência do conversor em função da resistência da carga e do ciclo de trabalho podem ser plotados bem

como, os valores médios das grandezas e ondulações sobre os elementos passivos (indutores e capacitores).

Com esse tipo de metodologia, é possível calcular o stress de corrente e tensão associado aos semicondutores de potência (MOSFETs e Diodos).

Finalmente, com os resultados obtidos, o **quase-double-boost** pode ser então comparado com os conversores CC-CC clássicos da literatura, baseando a comparação nas diferenças e semelhanças entre o ganho, a eficiência e a própria topologia dos circuitos.

## Resultados

Os gráficos para o ganho de tensão e para a eficiência podem ser observados, respectivamente, nas Figuras 2 e 3. A expressão para o ganho de tensão desconsiderando as perdas da topologia é calculada conforme

$$G_v = (1 + k)/(1 - k).$$

Nessa ilustração, é possível verificar que, em regiões de médio carregamento ( $100\Omega > R > 10\Omega$ ), há uma região específica de máximo ganho que é incrementado à medida que a demanda de carga é reduzida ( $R$  aumenta). No entanto, alta demanda de carga ( $R > 5\Omega$ ) impossibilita o conversor de alcançar alto ganho de tensão.

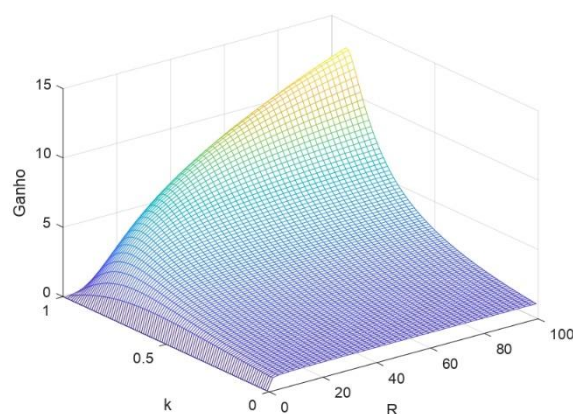


Figura 2 – Gráfico do ganho

De forma similar, a eficiência é elevada com

baixa demanda de carga e ciclo de trabalho maior que 0,7.

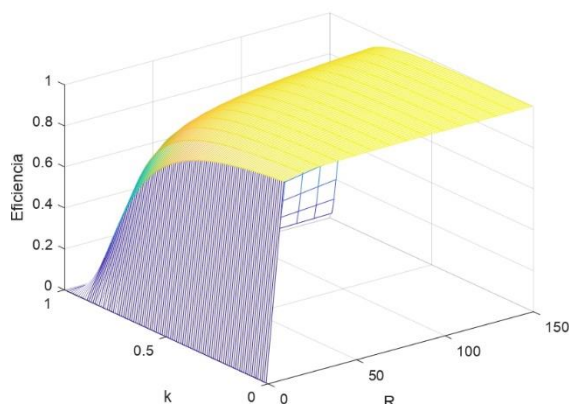


Figura 3 – Gráfico da eficiência

## Conclusões

A obtenção do modelo em *Espaços de Estados* do conversor **quasi-double-boost** possibilitou a determinação da expressão de seu ganho de tensão, a qual revela que é um conversor elevador de tensão. Logo, é possível fazer uma comparação com o conversor *boost*, um dos conversores mais comuns da literatura.

Com todos os resultados obtidos, o bolsista foi capaz de entender o funcionamento do conversor e se familiarizar com as técnicas de análise. Como já mencionado, a parte experimental do projeto teve de ser postergada, mas ganhará sua devida reposição quando as condições possibilitarem.

## Referências Bibliográficas

ERICKSON, R. W.; MAKSIMOVIC, D. Fundamental of Power Electronics. [S.l.: s.n.], 2001. 1–56 p. ISBN 9781626239777.

FAGUNDES, T. A. Metodologia para a Equalização de Dispositivos Armazenadores de Energia e Gerenciamento de Microrredes CC. 140 p. Dissertação (Mestrado) —Universidade de São Paulo, 2020.

FUZATO, G. H. F. Análise de um conversor Boost interleaved com Multiplicador de Tensão para uso em Sistema de Geração Distribuída

que Utiliza Célula Combustível como Fonte Primária. 2015.

FUZATO, G. H. F. Controle e Gerenciamento de uma Microrrede com Célula a Combustível, Painel Fotovoltaico e Armazenador de Energia. 202 p. Tese (Doutorado) —Universidade de São Paulo, 2019.

HUA, C.; SHEN, C. Control of dc/dc converters for solar energy system with maximum power tracking. In: Proceedings of the IECON'97 23rd International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation (Cat. No.97CH36066). [S.l.: s.n.], 1997. v. 2, p. 827–832 vol.2.

NILSSON, J. W.; RIEDEL, S. A. Circuitos Elétricos. 10<sup>a</sup>. ed. [S.l.]: Pearson, 2015. 189–320 p.

TOFOLI, F. L. Conversores CC-CC não Isolados - Análise, Modelagem e Controle. 1<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2018. 179–182 p.