



AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM CONVERSOR BUCK-BOOST NO ESTÁGIO CC/CC DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

PERFORMANCE EVALUATION OF A BUCK-BOOST CONVERTER APPLIED TO THE DC-DC STAGE OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Autores: CHAGAS, Bruno Borsatti
ROSSATO, Eduardo Augusto Batista
ZIENTARSKI, Jonatan Rafael Rakoski

Identificação autores: Aluno de graduação em Engenharia Elétrica, bolsista PIBIC-ES/CNPq
Aluno de graduação em Engenharia Elétrica no IFC – Campus Videira
Professor orientador no IFC – Campus Videira

RESUMO

Este trabalho apresenta a modelagem matemática do conversor *buck-boost* CC/CC e o projeto de seus componentes. O protótipo foi projetado para operar com variações na tensão de entrada de 187 a 253 V para simular a variação de tensão encontrada em sistemas fotovoltaicos. O conversor CC/CC construído foi avaliado em um ensaio controlado, utilizando potência de saída de 750 W e tensão de saída de 220 V. Nos ensaios, a eficiência máxima obtida foi de 97,66 % com tensão de entrada de 253 V.

Palavras-chave: Conversores CC/CC; Sistemas Fotovoltaicos; Rastreamento do Ponto de Máxima Potência.

ABSTRACT

This paper presents the mathematical modelling of a DC/DC buck-boost and the project of its components. A prototype was built to operate with a specific range input voltage, between 187 and 253 V in order to emulate the voltage variations of the photovoltaic system. The DC/DC converter was evaluated at 750W load with a output voltage of 220 V. A maximum efficiency of 97.66% occurred at 253 V.

Keywords: DC/DC Converters; Photovoltaic Systems; Maximum Power Point Tracking.

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Com o propósito de atender à crescente demanda energética com o menor impacto ambiental possível, tem-se incentivado a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia. Dentre essas fontes, a geração fotovoltaica (FV) se destaca pela baixa necessidade de manutenção, elevada vida útil, baixa poluição visual e sonora, além de não emitir de gases causadores do efeito estufa.

A energia proveniente dos painéis FV é comumente processada em dois estágios; no primeiro estágio, um conversor CC/CC adequa os níveis de tensão entre os painéis e o barramento



CC e realiza o rastreamento do ponto de máxima potência (MPPT); no segundo estágio, a energia disponível no barramento CC é convertida para CA e transferida para a rede elétrica por meio de um inversor de frequência (ZILLES, 2012).

Para maximizar a extração de energia, normalmente em sistemas FV de pequeno e médio porte (de alguns kW até dezenas de kW), utiliza-se uma arquitetura *multi-string*, a qual emprega um conversor CC/CC para cada grupo de painéis, chamado de *string*, permitindo realizar o MPPT individual de cada *string*, como mostrado na Figura 1 (KJAER, PEDERSEN, BLAABJERG, 2005).

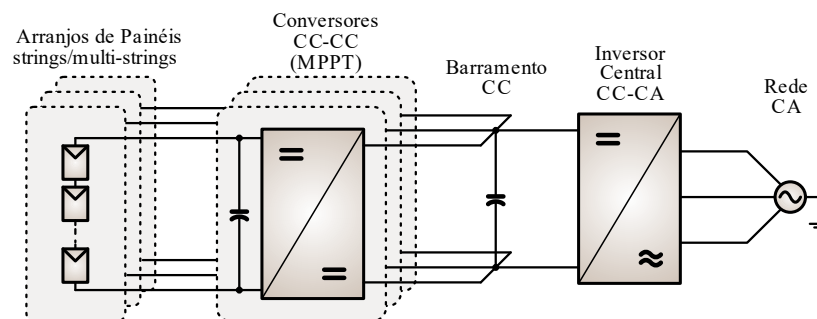


Figura 1. Modelo de aplicação de um sistema FV.

Diversas topologias podem ser utilizadas no estágio CC/CC, entre elas, as topologias convencionais, como por exemplo, a topologia *buck-boost*, cujo diagrama esquemático é apresentado na Figura 2, a qual é capaz de operar tanto como elevadora quanto como abaixadora de tensão. De forma alternativa, com o objetivo de melhorar a eficiência, diversos trabalhos têm apresentado o uso de topologias baseadas no conceito de processamento parcial de energia (PPP), o qual pode ser implementado por meio da conexão série entre a fonte de entrada e a saída do conversor, conforme apresentado na Figura 3. O PPP possibilita que a maior parte da energia não seja processada pelo conversor, permitindo uma maior eficiência em comparação aos conversores convencionais (AGAMY et al, 2014).

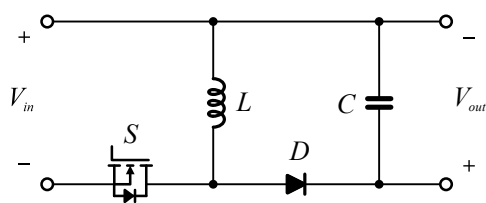


Figura 2. Diagrama esquemático da topologia *buck-boost* convencional.

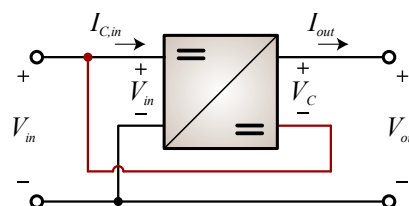


Figura 3. Diagrama de conexão de uma topologia PPP.



O objetivo desta pesquisa é realizar uma comparação entre as topologias convencionais e as topologias baseadas no conceito PPP. Para isso, este trabalho apresenta o projeto, implementação e avaliação de desempenho do conversor *buck-boost* convencional, o qual servirá como base de comparação para os conversores PPP que serão implementados em trabalhos futuros.

METODOLOGIA

Para realizar o projeto do conversor *buck boost*, foi realizada a modelagem matemática do conversor e projetar seus componentes. Para permitir o funcionamento do conversor, foram construídos circuitos auxiliares, tais como retificador de onda completa, fontes de tensão, circuito *gate-driver*, circuito *PWM*, sistema de ventilação e banco capacitivo.

No projeto do conversor, é necessário considerar parâmetros que são utilizados na construção do protótipo, estes, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de projeto definidos.

ΔV_{in}	V_{out}	P_{out}	f_s	ΔI_L	ΔV_C
$30\% * V_{out}$	220 V	750 W	70k Hz	1,484 A	4,4 V

Devido a variação da irradiação e temperatura nos painéis FV, a tensão na *string* varia em uma faixa de 30% em torno da tensão média. Isto resulta em uma tensão de entrada variando entre 187 V a 253 V para uma tensão de saída definida em 220 V, que é suficiente para alimentar o barramento de um inversor monofásico de 127 V CA.

O funcionamento do conversor *buck-boost* pode ser dividido em duas etapas de operação, em uma delas o transistor conduz e na outra o diodo conduz. A razão de tempo em que o transistor conduz e o período de comutação é definido como razão cíclica D , calculado por

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{D}{1 - D} \quad (1)$$

Desta maneira, a razão cíclica poderá variar em um intervalo entre $D_{min} = 0,4651$ e $D_{max} = 0,5405$ sendo o primeiro para o conversor como abaixador de tensão, e o segundo como elevador de tensão.

O indutor é calculado no pior caso de variação da corrente, que é 1,484 A na configuração abaixadora de tensão. O núcleo do indutor foi escolhido para atender aos parâmetros de projeto,



conforme o procedimento recomendado pelo fabricante (MAGNETICS, 2015), sendo utilizados dois núcleos MPP e utilizando fios AWG23. A indutância é calculada por

$$L = \frac{DV_{in}}{\Delta I_L f_s} = 973 \mu\text{H}. \quad (2)$$

Utilizando a potência e tensão de saída, é possível calcular a corrente de saída, sendo assim, o pior caso da variação da tensão do capacitor de saída ocorre na configuração elevadora de tensão e a corrente de saída é de 3,41 A. A capacitância, para uma variação de 4,4 V calculada por

$$C = \frac{DI_{out}}{\Delta V_C f_s} = 5,984 \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios com o conversor *buck-boost* foram realizados utilizando um variador de tensão com retificador para emular o funcionamento dos painéis e um conjunto de resistores para emular a carga, conforme fotografia mostrada na Figura 4.

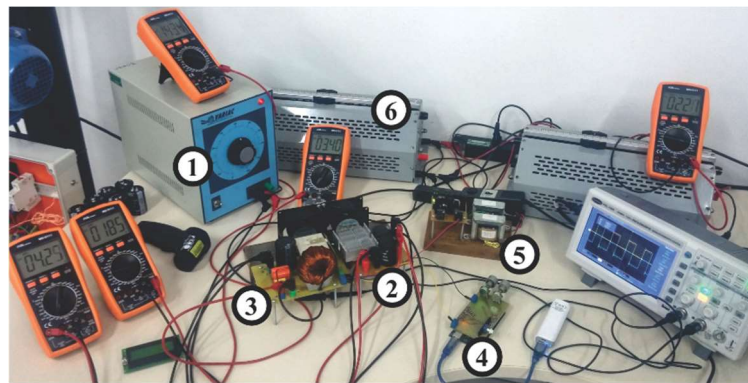
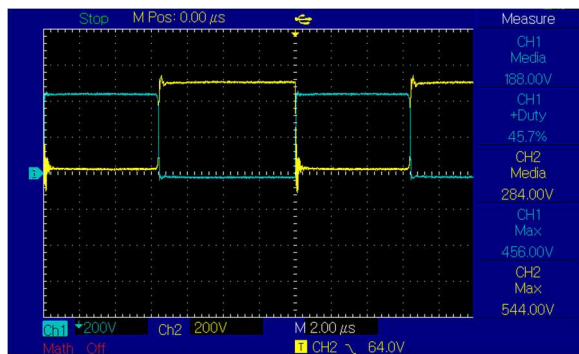


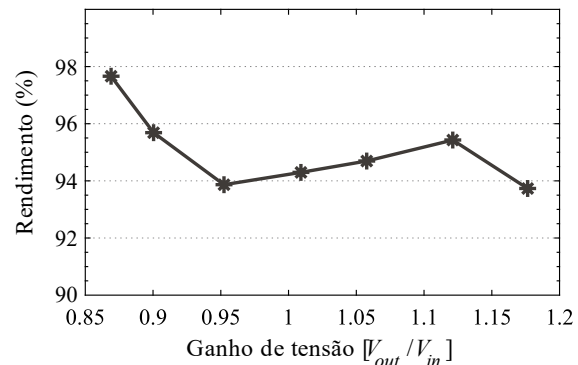
Figura 4. Fotografia do *setup* de ensaios. (1) Variador de tensão monofásico, (2) Retificador de onda completa, (3) Conversor *buck-boost*, (4) Circuito PWM, (5) Fontes auxiliares, (6) Cargas resistivas.

Os semicondutores utilizados no protótipo foram o MOSFET IPW65R045C7 e o diodo IDH12G65C5. As formas da onda do conversor operando em potência nominal são apresentadas na Figura 5 (a), onde a curva em azul é a tensão sobre o transistor, e a curva em amarelo é a tensão sobre o diodo.

A Figura 5 (b) apresenta a curva de eficiência do conversor em função do ganho de tensão, cujos valores foram obtidos pelas medições de tensão e corrente na entrada e saída com a utilização de multímetros *True RMS*. A eficiência do conversor ficou entre 93,87% e 97,66%.



(a)



(b)

Figura 5. Resultados experimentais. (a) Forma de onda sobre a chave e o diodo, (b) curva de eficiência em função do ganho de tensão em plena carga.

A Figura 5 (b) revela que o conversor *buck-boost* não apresenta uma melhoria na eficiência quando o ganho de tensão é próximo ao unitário, ao contrário do que se espera das diferentes topologias PPP com conexão série que serão estudadas nas etapas futuras desse projeto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o procedimento de projeto dos componentes do conversor *buck-boost* e sua implementação prática. O protótipo do conversor construído foi ensaiado para uma potência nominal de 750 W considerando diferentes pontos de tensão de entrada.

Com os resultados obtidos nos ensaios com o conversor *buck-boost* conclui-se que o conversor se comportou da maneira esperada, operando em potência nominal, em próximas etapas serão realizados ensaios considerando diferentes níveis de carga.

REFERÊNCIAS

AGAMY, M. et al. An efficient partial power processing dc/dc converter for distributed PV architectures. *IEEE Transactions on Power Electronics*, v. 29, n. 2, p. 674–686, 2014.

KJAER, S. B., PEDERSEN, J. K., BLAABJERG, F., A review of single-phase grid-connected inverters for photovoltaic modules, in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 41, no. 5, pp. 1292-1306, Sept.-Oct. 2005.

MAGNETICS, Powder Core Catalog 2015 Disponível em: <https://www.mag-inc.com/Media/Magnetics/File-Library/Product%20Literature/Powder%20Core%0Literature/2015-Magnetics-Powder-CoreCatalog.pdf> (Acesso em 28/08/2018)

ZILLES, R. et al. *Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica*. São Paulo: Oficina de Textos, 1. Ed., v.1., 208p., 2012.