

## MODELAGEM, CONTROLE E IMPLEMENTAÇÃO DE UM CONVERSOR CC-CC ABAIXADOR DE TENSÃO

GIACOMINI, Julian Cezar<sup>1</sup>; WUTTIG, Rafael<sup>2</sup>; SCHONARDIE, Mateus Felzke<sup>3</sup>

**Palavras-Chave:** Conversor Buck. Modelagem. Controlador PI.

### Introdução

Quando é necessário fazer a redução/elevação de tensão em circuitos elétricos de corrente alternada utiliza-se um transformador. O transformador é um dispositivo de corrente alternada que opera segundo princípios eletromagnéticos, transmitindo potencia elétrica de um circuito para outro magneticamente (KOSOW, 1982). No caso da corrente contínua, quando se deseja elevar ou diminuir níveis de tensão, se recorre a diversos métodos de conversão. Dentre estes, um método bastante eficiente de conversão CC-CC (Corrente Contínua - Corrente Contínua) é a utilização dos conversores estáticos ou conversores eletrônicos de tensão.

Os conversores estáticos CC-CC realizam a conversão variando-se a tensão aplicada sobre uma determinada carga utilizando para isto dispositivos semicondutores operando na região de saturação e corte, sob frequências de comutação de cerca de 100KHz (MARTINS e BARBI, 2008). Ajustando-se o ciclo de trabalho, a tensão na saída pode ser alterada, ou preferencialmente mantida estável, através de um controle adequado (realimentação), mesmo que ocorram alterações de carga e tensão de entrada. Este método de conversão é mais eficiente (geralmente 80% a 95%) do que os conversores lineares, que por sua vez, empregam dispositivos de baixo rendimento.

Este trabalho tem como objetivo projetar e implementar um conversor CC-CC do tipo abaixador de tensão, (Conversor Buck) de forma que este opere em malha fechada, ou seja, com tensão de saída regulada frente a variações de carga e tensão de entrada. Foi desenvolvido no componente

---

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), [cezargiacomini@bol.com.br](mailto:cezargiacomini@bol.com.br)

<sup>2</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UNIJUÍ, [r.wuttig@gmail.com](mailto:r.wuttig@gmail.com)

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Elétrica e professor do curso de Engenharia Elétrica da UNIJUÍ, [mateus.schonardie@unijui.edu.br](mailto:mateus.schonardie@unijui.edu.br)

curricular Eletrônica de Potência II com o objetivo de aplicar os conhecimentos adquiridos sobre conversores estáticos de potência.

### Metodologia

O conversor Buck se caracteriza por ser um conversor CC-CC abaixador de tensão, com característica de fonte de tensão na entrada e característica de saída em fonte de corrente (MARTINS e BARBI, 2008).

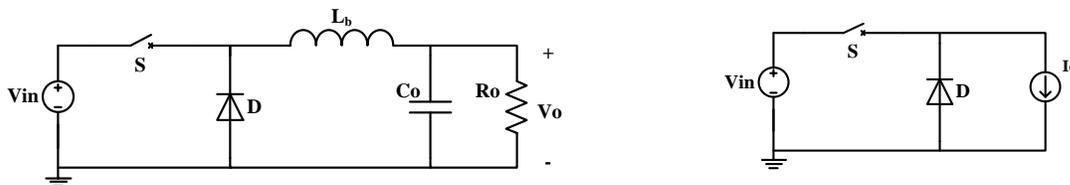


Figura 1: Conversor Buck.

O referido conversor possui tensão nominal de saída de 15V, com tensão de entrada de 25V e frequência de comutação de 30KHz. O sistema de controle que regula a tensão de saída pode ser observado na Figura 2.

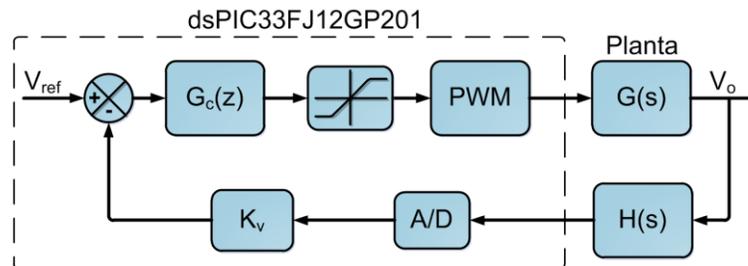


Figura 2: Esquema da técnica de controle.

De acordo com a Figura 2, o sistema opera com realimentação da tensão de saída, onde o erro existente entre a tensão de referência e a tensão de saída é corrigido através de um controlador PI (Proporcional-Integral). O controlador PI é utilizado principalmente para eliminar o erro em regime permanente, se caracterizando como um compensador por atraso de fase (OGATA, 2006). O algoritmo de controle é executado por um microcontrolador dsPIC33FJ12GP201, o qual efetua aquisições da tensão de saída do conversor a uma taxa de amostragem de 30kHz e gera uma ação de controle através da modulação PWM (*Pulse Width Modulation*).

Para o projeto do sistema de controle se tornou necessária a modelagem do conversor para obtenção do seu comportamento dinâmico. Para tal, utilizou-se o modelo médio em Espaço de Estados do conversor Buck, o qual despreza os harmônicos de comutação e as não linearidades presentes no modelo (ERICKSON e MAKSIMOVIC, 1997). A partir das matrizes de estado presentes nas eqs. 1 e 2 é possível obter o ganho estático do conversor em regime permanente e também a função de transferência que representa como variações na razão cíclica  $\delta$  se refletem na tensão de saída  $V_o$ .

$$\begin{bmatrix} \frac{di_{L_b}}{dt} \\ \frac{dv_o(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L_b} \\ \frac{1}{C_o} & -\frac{1}{R_o C_o} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{L_b} \\ V_o \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta \\ 0 \end{bmatrix} \cdot V_{in} \quad (1)$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{L_b} \\ V_o \end{bmatrix} \quad (2)$$

Os parâmetros do controlador PI foram obtidos através da ferramenta *SisoTool* do MATLAB<sup>®</sup>. Posteriormente foi realizada a discretização do controlador e obtida a equação de diferenças para a implementação digital no microcontrolador.

## Resultados e Discussões

Na Figura 3 é representada a tensão de saída na inicialização do conversor, onde se pode notar a semelhança entre o resultado obtido experimentalmente e o simulado no *software* PSIM<sup>®</sup>.

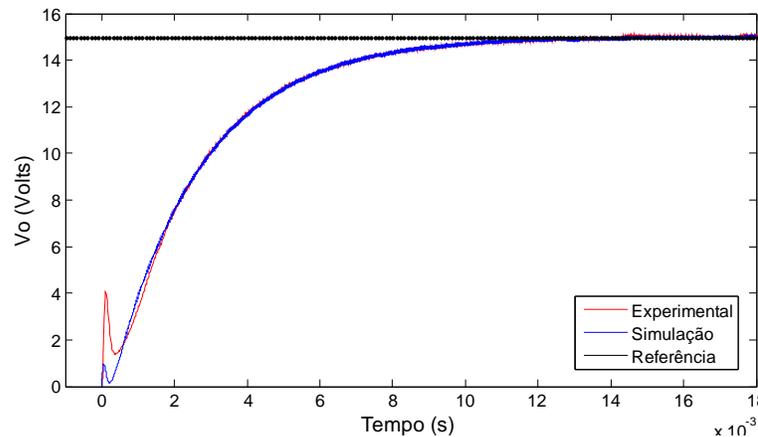


Figura 3: Comparação da simulação com o resultado experimental.

Na Figura 4 encontra-se o protótipo desenvolvido e na Figura 5 o comportamento da tensão de saída frente a uma variação na corrente de saída do conversor. Percebe-se na Figura 5 a regulação da tensão de saída mediante a atuação do controlador.

Logo, obteve-se o correto funcionamento do conversor, onde este apresentou tensão de saída regulada e insensível a distúrbios na carga e na tensão de entrada. O modelo do conversor foi validado através das simulações e dos resultados práticos.

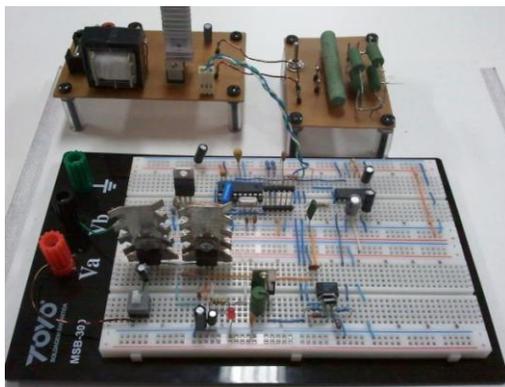


Figura 4: Protótipo implementado.



Figura 5: Perturbação de carga.

## Conclusão

Foi apresentado neste trabalho a modelagem, simulação e implementação de um conversor CC-CC Buck operando em malha fechada. Os resultados obtidos foram satisfatórios, uma vez que o conversor funcionou corretamente. Como trabalho futuro fica o desenvolvimento de uma malha de controle da corrente de saída, a qual objetiva limitar a potência de saída do conversor e protegê-lo contra um eventual curto-circuito.

## Referências

- ERICKSON, R. W.; MAKSIMOVIC, D. **Fundamentals of Power Electronics**. New York: Chapman and Hall, 1997.
- KOSOW, Irving L. **Máquinas Elétricas e Transformadores**. São Paulo: Globo, 1995.
- MARTINS, D. C.; BARBI, I. **Conversores CC-CC Básicos Não-Isolados**. Florianópolis: Edição dos autores, 2008.
- OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. São Paulo: Pearson Prentice-Hall, 2006.