CONVERSOR INTEGRADO SEPIC-BUCK PARA ACIONAMENTO DE LEDS PARA ILUMINAÇÃO COM REDUZIDA CAPACITÂNCIA DE BARRAMENTO E CONTROLE DA INTENSIDADE LUMINOSA

Thaís E. Bolzan
Acadêmica do curso de Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Maria
thaisbolzan@gedre.ufsm.br
Eduardo A. Bitencourt
Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Maria
eduardo@gedre.ufsm.br
Marcelo R. Cosetin
Doutorando do curso de Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Maria
mcosetin@gedre.ufsm.br
Ricardo N. do Prado
Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Maria
ricardo@gedre.ufsm.br

Resumo. *Este artigo apresenta o conversor integrado SEPIC-Buck para o acionamento de Diodos Emissores de Luz (LEDs) para iluminação. Considerando a baixa vida útil dos capacitores eletrolíticos comparados com os LEDs, esta topologia visa utilizar uma reduzida capacitância de barramento, e substitui-la por um capacitor de longa vida útil. O conversor SEPIC atua no estágio de correção de fator de potência (PFC) e o conversor Buck atua no estágio de adequação de potência à carga (PC). Um circuito para controle de intensidade luminosa também é utilizado, através de um interruptor em paralelo com os LEDs.*

Palavras-chave: *Capacitor de filme. Conversor integrado SEPIC-Buck. Substituição do capacitor eletrolítico.*

1. INTRODUÇÃO

Uma parte considerável da energia elétrica produzida ao redor mundo é utilizada para iluminação artificial (EIA, 2006). Por isso, métodos devem ser estudados para aumentar a eficiência e a economia nestes sistemas de iluminação. Um desses métodos é o uso de LEDs. Devido a características como alta eficiência luminosa, bom índice de reprodução de cores, elevada vida útil e baixo consumo de energia, o uso de LEDs em sistemas de iluminação está em crescente desenvolvimento (PINTO et al., 2011).

No entanto, circuitos tradicionais de acionamento dos LEDs utilizam capacitores eletrolíticos, que limitam a vida útil do sistema (ZHANG, 2013). A vida útil de um capacitor eletrolítico operando a 85°C é de 10 mil horas, enquanto que a vida útil de um LED é de até 80 mil horas (CHEN et al., 2012).

De acordo com a norma internacional IEC 61000-3-2, sistemas de iluminação com potência acima de 25 W tem o conteúdo harmônico da corrente de entrada limitado. Conversores CC-CC em alta frequência são considerados um eficiente método para corrigir o fator de potência (CHEN et al., 2012) para o acionamento de LEDs.

Um típico circuito de acionamento de LEDs tem duas etapas. A primeira delas serve para corrigir o fator de potência (PFC) e a segunda para adequar a potência à carga de saída (PC). Nestas etapas pode-se usar apenas um conversor, dois conversores em cascata ou dois conversores integrados. O

modo mais simples em termos de número de componentes e estágios operacionais é utilizar apenas um conversor. Para isso é necessário uma alta capacitância de barramento. Utilizando dois conversores em cascata pode-se usar uma capacitância de barramento relativamente baixa, mas isso requer pelo menos dois interruptores ativos. Já com a utilização de conversores integrados pode-se reduzir o número de interruptores ativos, simplificar o circuito de comando (em comparação com o uso de conversores em cascata) (MARCHESAN, 2007) e também reduzir a capacitância de barramento.

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma topologia integrada para acionamento de LEDs para iluminação com reduzida capacitância de barramento, juntamente com um circuito para controle da regulação da intensidade luminosa. As características desejáveis para o sistema são alto fator de potência, baixo conteúdo harmônico na corrente de entrada, alta eficiência luminosa e energética, longa vida útil e alta confiabilidade.

2. CONVERSOR UTILIZADO

Um sistema dedicado ao acionamento de LEDs normalmente é composto por um estágio PFC e outro estágio PC. Dentre as topologias de conversores estáticos CC-CC utilizadas como estágio PFC, está o conversor SEPIC. Este conversor pode ser utilizado como abaixador ou elevador de tensão. Dentre suas características estão alto fator de potência, possibilidade de isolação galvânica, referência de entrada e saída compartilhada no interruptor, podendo ainda atuar como filtro de interferência eletromagnética (EMI). Por ter característica de fonte de tensão na saída, ele é uma boa escolha para ser utilizado na entrada do estágio PC. Além disso, a corrente de entrada do indutor em modo de condução descontínua (DCM) segue a tensão de entrada com uma pequena ondulação de corrente se comparado aos conversores Flyback e Boost. Devido aos fatores apresentados, o conversor SEPIC operando em DCM para o estágio PFC é utilizado.

Para o estágio PC, um conversor Buck é utilizado. Este apresenta baixo número de componentes e, operando no modo de condução contínua (CCM), possui o comportamento de fonte de corrente na saída, o que é conveniente para alimentar LEDs. Além disso, este modo de operação produz uma pequena ondulação na corrente de saída, permitindo reduzir a capacitância de saída C_o.

Ainda é proposta a integração dos estágios PFC e PC, reduzindo o número de semicondutores ativos e de circuitos de comando, consequentemente diminuindo custos do sistema. Para tanto, aplica-se a técnica de integração proposta por WU et al. (1998). Dessa forma, o conversor integrado SEPIC-Buck é utilizado, como proposto por COSETIN et al. (2012), e mostrado na Fig. 1.

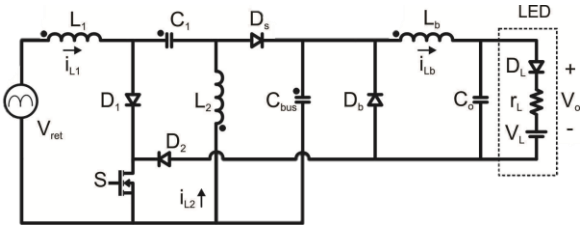

Figura 1. Conversor SEPIC-Buck

Os parâmetros adotados para o projeto da topologia são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros do circuito

Tensão de entrada	V_{in} = 220 V
Frequência da rede	f_r = 60 Hz
Frequência de comutação	f_s = 48 kHz
Corrente de saída	I_{LED} = 2.1 A
Ondulação de saída	Δi_{LED} = 50%
Tensão de saída	V_{LED} = 50.8 V
LEDs utilizados	BXRA-C4500

Com a ação de controle pode-se reduzir a capacitância de barramento C_{bus}, pois a ondulação da corrente de saída está correlacionada à ondulação da tensão no barramento. Então, com a utilização de um controlador proporcional integral (PI),

consegue-se utilizar uma capacitância de barramento de 35 µF, que pode ser substituída por um capacitor de filme.

3. CONTROLE DA INTENSIDADE LUMINOSA

A técnica PWM de controle da intensidade luminosa é uma excelente escolha em termos de estabilidade cromática para LEDs de potência (ALMEIDA, 2012). A principal característica do circuito utilizado é a simplicidade e baixo número de componentes. Na técnica escolhida, a corrente de saída é controlada através da leitura de corrente pelo sensor de efeito hall C_{sense}. Assim, utilizando um interruptor conectado em paralelo com o arranjo de LEDs, como pode ser visto na Fig. 2, a intensidade luminosa do circuito é controlada.

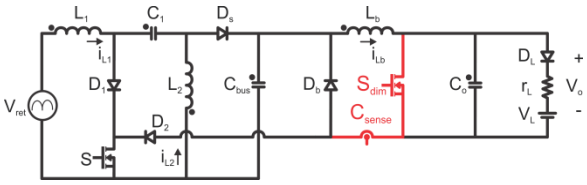

Figura 2. Conversor SEPIC-Buck com controle da intensidade luminosa

Variando a razão cíclica do interruptor em paralelo, a corrente média dos LEDs é alterada, proporcionando a variação da intensidade luminosa dos LEDs. O capacitor de saída C_o é usado somente como filtro de ruído de alta frequência.

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Nesta seção estão presentes os principais resultados experimentais, validando o projeto da topologia. Todos os resultados são analisados considerando a tensão de entrada nominal de 220 V e frequência de 60 Hz. Para a lâmpada utilizou-se a conexão em série de dois módulos de LEDs Bridgelux, modelo BXRA-C4500, totalizando uma potência de 106 W na saída.

A Fig. 3 apresenta as formas de onda da corrente, tensão e potência de entrada para o conversor. O fator de potência medido foi de 0.9925.

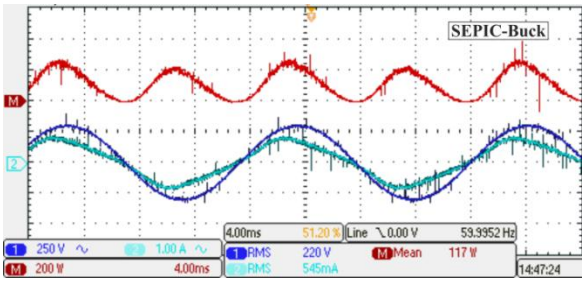

Figura 3. Potência (Ch. M, 200 W/div), tensão (Ch. 1, 250 V/div) e corrente (Ch. 2, 1 A/div) de entrada para o conversor SEPIC-Buck. Escala horizontal: 4ms/div.

Na Fig. 4 são apresentadas as formas de onda da potência, tensão e corrente de saída. A eficiência do conversor foi de 87.17%.

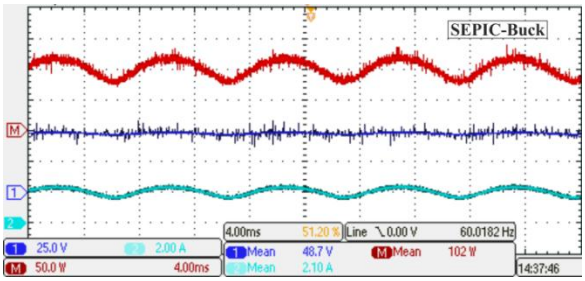

Figura 4. Potência (Ch. M, 50 W/div), tensão (Ch. 1, 25 V/div) e corrente (Ch. 2, 2 A/div) de saída para o conversor SEPIC-Buck. Escala horizontal: 4ms/div.

O conteúdo harmônico da corrente de entrada do conversor SEPIC-Buck é apresentado na Fig. 5, com uma distorção harmônica total (THD) de 12,3%, o que atende a norma IEC 61000-3-2.

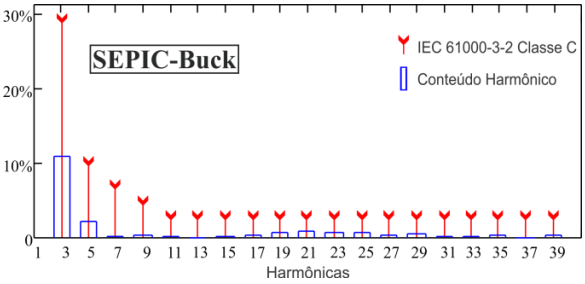

Figura 5. Conteúdo harmônico da corrente de entrada do conversor SEPIC-Buck.

O circuito de controle da intensidade luminosa dos LEDs foi implementado. A Fig. 6 apresenta a corrente de saída I_{LED} comparada ao rendimento η do conversor, o fator de potência PF e a THD para uma variação da razão cíclica do interruptor S_{dim} de 10% a 90%.

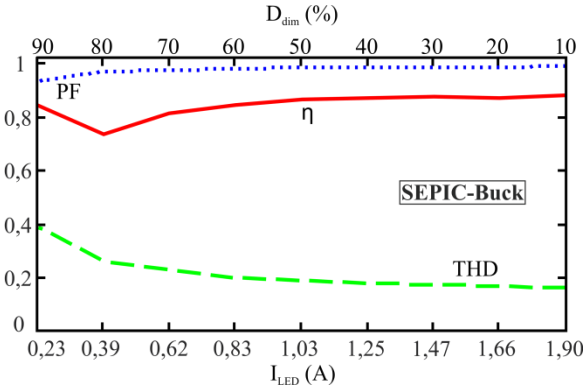

Figura 6. Corrente de saída x PF, η e THD em função da variação da razão cíclica do circuito de controle de intensidade luminosa para o conversor SEPIC-Buck.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado o conversor integrado SEPIC-Buck para acionamento de LEDs para iluminação. O conversor foi analisado com o primeiro estágio, PFC (SEPIC), operando em DCM e o segundo estágio, PC (Buck), operando em CCM.

Com o circuito em malha fechada, consegue-se utilizar uma reduzida capacitância de barramento. Com isso, pode-se substituir o capacitor eletrolítico por um capacitor de filme, que possui uma vida útil compatível a dos LEDs.

Ainda é implementado o controle da intensidade luminosa dos LEDs. Este controle é feito de uma maneira simples e eficaz através da utilização de um interruptor em paralelo com os LEDs.

O sistema apresenta alta eficiência e elevado fator de potência, que foram comprovados através de resultados experimentais, validando a ideia proposta. A THD de entrada está em um nível adequado e compatível com a norma IEC 61000-3-2.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. S. **Conversor Integrado SEPIC-Buck-Boost Aplicado ao Acionamento de LEDs de Potência em Iluminação Pública**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

CHEN, WU; HUI, S. Y. R. Elimination of an Electrolytic Capacitor in AC/DC Light-Emitting Diode (LED) Driver with High Input Power Factor and Constant Output Current. In: IEEE TRANSACTION ON POWER ELECTRONICS. V. 27, pp. 1598-1607, Março 2012.

COSETIN, M. R.; LUZ, P. C. V.; DA SILVA M. F.; BISOGNO, F.; ALONSO, J. M.; DO PRADO, R. N.. Single-Stage SEPIC-Buck Converter for LED Lighting with Reduced Storage Capacitor. **IECON 2012**.

Energy Information Administration, EIA 2006 – International Energy Annual 2006.

MARCHESAN, T. B. Two Flyback-Based Integrated Converters for the Implementation of LFSW Electronic Ballasts. In: INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE, 2007. 42º IAS Annual Meeting, Conference Record of the 2007 IEEE, issue 23, pp. 463-470, Setembro 2007.

PINTO, R. A.; et al. High-Power-Factor Street Lighting System to Supply LEDs without Energy Consumption during the Peak Load Time. In: 37º ANNUAL CONFERENCE ON IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY. pp. 2947-2952 – IECON 2011.

WU, TSAI-FU; CHEN, YU-KAI. A systematic and unified approach to modeling PWM DC/DC converters based on the graft scheme. In: IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, 1998. V.45, n.1, pp.88-98, doi: 10.1109/41.661309.

ZHANG, F. High Power Factor AC-DC LED Driver With Film Capacitors. **IEEE Transactions on Power Electronics**. V.28, n.10, outubro 2013 (In Press).