

Sistema eletrônico para LEDs de potência com elevado fator de potência baseado no retificador bridgeless boost associado ao inversor de meia ponte com comando assimétrico

RESUMO

Alessandro Malschitzky
amalschitzky@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Claudínor Bittencourt Nascimento
claudinor@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Desenvolver conversores de elevado rendimento e fator de potência com um reduzido número de componentes para acionar diodos emissores de luz (LEDs) de potência. Devido à alta vida útil dos LEDs, deve-se buscar topologias com baixos valores de capacitância, tendo em vista que são os componentes com menor vida útil. Se faz necessário então realizar a modelagem matemática da topologia em questão, para então simular e então analisar os resultados. O comando assimétrico faz com que haja uma diferença de tensão nos capacitores de barramento, e como resultado, a ondulação da corrente de saída é afetada. A necessidade de entrada universal e dimerização faz com que o comando assimétrico seja obrigatório, mas faz com que a ondulação na corrente de saída seja degradada.

PALAVRAS-CHAVE: LED. Assimétrico. Não Ressonante.

INTRODUÇÃO

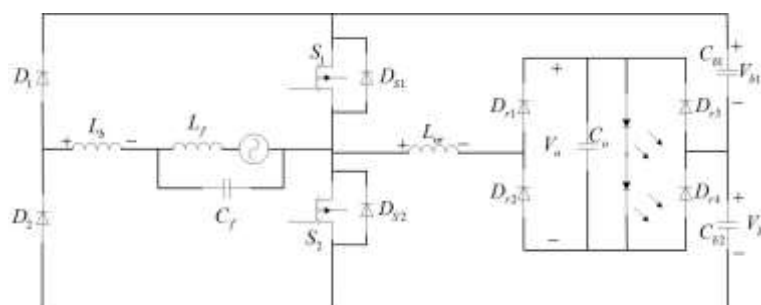
Com o invento da eletricidade, a iluminação se tornou uma necessidade básica para qualquer setor atual da economia, tanto para indústrias, residências. A iluminação pública e de grandes áreas também representa uma parcela significativa do mercado. Por este motivo, a desenvolvimento do setor se faz necessário em escala global. Atualmente, lâmpadas fluorescentes dominam o mercado até aproximadamente 50W. Lâmpadas de vapor de sódio e vapor metálico são mais comuns para áreas externas, tais como iluminação de praças e vias públicas. Um fator decorrente de ambas tecnologias é a emissão de raios ultravioletas e baixa vida útil, tornando-as um fator preocupante frente ao problema energético mundial.

Neste sentido, diodos emissores de luz (LEDs) se apresentam com elevada vida útil e alto rendimento luminoso, necessitando-se apenas de componente contínua de corrente para que ocorra a emissão de luz. Pelo fato do sistema de distribuição de energia ser em corrente alternada (50-60Hz) em todo o mundo, se faz necessário um conversor CA-CC. Para que venham a valer a pena a substituição das tecnologias de iluminação, procura-se topologias com um baixo número de componentes e um elevado rendimento. Já que se busca abrangência global, entrada universal é uma obrigatoriedade do sistema, assim como a dimerização (controle do brilho). Com isso se é possível a redução do custo de produção e maior versatilidade do conjunto conversor-LEDs.

Neste sentido, conversores meia-ponete (half-bridge) são amplamente utilizados, devido a comutação suave dos interruptores ser obtida apenas com um filtro indutivo (Cheng, 2014). Retificadores com ação elevadora (boost) têm a vantagem de possuírem correção do fator de potência quando o indutor de entrada opera em modo de condução descontínuo (MCD)(Wang, 2013). A integração dos estágios faz com que as características de ambos os conversores sejam evidenciadas, tornando-a ideal para a aplicações em iluminação (Almeida, 2015).

O conversor proposto é o boost dobrador integrado a um inversor em meia ponte com comando assimétrico (Figura 1). A operação com comando assimétrico traz a vantagem de possibilitar o controle das correntes de entrada e saída por modulação de largura de pulso (PWM), tornando o conversor mais versátil e com maior aplicabilidade (Buso, 2014). A integração das topologias se dá através dos interruptores S1 e S2, tendo como aspecto negativo o aumento nos esforços de correntes sobre os mesmos.

Figura 1: Bridless Boost integrado a um inversor meia ponte não ressonante



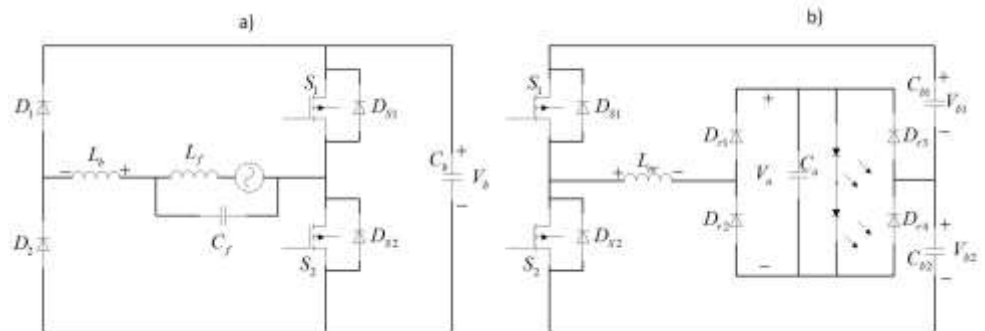
Fonte: Autoria própria

O barramento, composto por C_{b1} e C_{b2} , traz grande impacto no tamanho do conversor, já que os capacitores devem operar em baixa frequência (120Hz) com elevada tensão (maiores que 400V). A ponte retificadora de saída composta por D_{r1} D_{r4} opera em alta frequência, e por este motivo o capacitor de saída C_o tem volume reduzido.

MÉTODOS

Para simplificar a análise do conversor, os estágios de entrada e saída serão modelados separadamente. O estágio de entrada é representado por um bridgeless boost (Figura 2.a) operando em modo de condução descontínuo. O estágio de saída é representado pelo inversor meia ponte com um filtro não ressonante (Figura 2.b)

Figura 2:a) Bridgeless boost. b) Inversor meia ponte com filtro não ressonante



Fonte: Autoria própria

A partir da análise das etapas de cada conversor, é possível obter equações que regem o sistema. Vale destacar que durante o modelo, ambos os conversores operam com a mesma razão cíclica (D), já que na integração dos estágios eles são os mesmos componentes. Para o estágio de entrada, é considerado que o retificador só fornece energia ao barramento, e com isso a corrente média fornecida pelo retificador é representada pela equação 1

$$I_{omed}^{60Hz} = \frac{DT_s}{2} \frac{V_b^2 \left[\tan^{-1} \left(\frac{V_p}{\sqrt{V_b^2 - V_p^2}} \right) \right] - (V_b \pi + 2V_p) \sqrt{V_b^2 - V_p^2}}{\pi L_b \sqrt{V_b^2 - V_p^2}} \quad (1)$$

A luminosidade fornecida por um LED está diretamente relacionada com a corrente que atravessa a junção PN, e por este motivo, se obtém a equação da corrente média de saída (Eq 2).

$$I_{omed}^{fs} = \frac{T_s}{16} \frac{(V_b + 2V_o)(V_b - 2V_o) \left(V_b^2 \left(D - \frac{1}{2} \right)^2 + V_o^2 \right)}{V_b V_o^2 L_{nr}} \quad (2)$$

Como V_b , V_p , D e I_{omed} são parâmetro de projeto, é possível calcular um valor de L_{nr} ideal para determinada potência. Vale destacar que a corrente média

de saída não é igual a corrente média drenada do barramento, tendo em vista que a corrente de saída é retificada em alta frequência. Por este motivo se obtém a equação 3, que mostra o valor médio da corrente drenada do barramento em alta frequência.

$$I_{bmed}^{fs} = \frac{T_s}{16} \frac{(V_b + 2V_o)(V_b - 2V_o) \left(V_b^2 \left(D - \frac{1}{2} \right)^2 + V_o^2 \right)}{V_b^2 V_o L_{nr}} \quad (3)$$

A integração dos estágios se dá pelo princípio de conservação de energia nos capacitores de barramento. Ou seja, em regime permanente, a corrente média fornecida pelo retificador é igual a corrente drenada pelo inversor meia ponte.

Como se sabe o valor de L_{nr} , e utilizando a igualdade da equação 1 e 3, calcula-se o valor para L_b . Para validar o método proposto, e realizada uma simulação para determinada potência.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os parâmetros para cálculos e simulação.

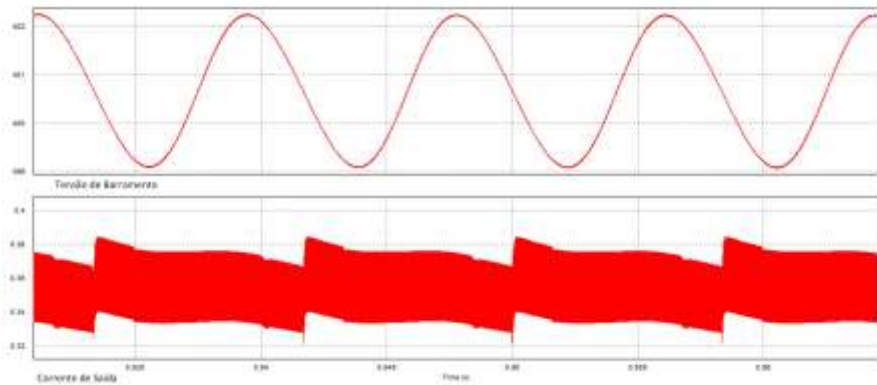
Tabela 1: Parâmetros para cálculos e simulação

V_b	400V
V_o	121V
V_p	180V
f_s	50kHz
D	0,4
I_{omed}	350mA
L_{nr}	1,0046mH
L_b	1,0037mH
L_f, C_f	2mH, 470nF
C_o	2.2uF

Fonte: Autoria própria

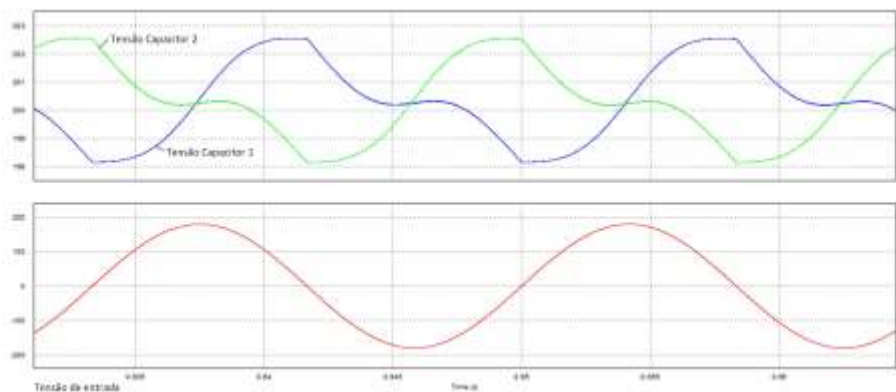
A simulação foi realizada utilizando o PSIM™. A tensão de barramento média obtida foi de 400,66V e uma corrente média de saída igual a 351,53mA, como podem ser verificados na figura 3

Figura 3: Tensão de barramento e corrente de saída



A modulação assimétrica faz com que a corrente drenada de cada capacitor seja diferente, havendo um perfil de carga e descarga dependendo do semi ciclo da rede, como pode ser conferido na figura 4. Entretanto, o valor médio em 60Hz de ambos os capacitores são iguais, já que os interruptores operam com razão cíclica complementares e opostas para cada semi ciclo da rede.

Figura 4: Perfil de carga e descarga dos capacitores de barramento



Pelo fato da tensão instantânea de ambos os capacitores ser diferente, a corrente de saída possui um reflexo das tensões, com valores de máximos e mínimos. A grande influência deste resultado é no efeito conhecido como *flicker*, que é a variação da intensidade luminosa oferecida pelo LED.

CONCLUSÃO

A união de um retificador bridgeless boost com um inversor meia ponte não ressonante foi apresentada. O principal resultado encontrado é a variação da tensão nos capacitores de barramento, que influenciam diretamente na corrente de saída do conversor. O problema causado por este tipo de modulação é o preço a se pagar quando se deseja entrada universal e dimerização.

A consequência fundamental deste fenômeno é a necessidade de capacitâncias de barramento maiores quando comparados com modulação em frequência e razão cíclica igual em ambos interruptores.

Electronic system for power LEDs with high power factor based on a bridgeless boost rectifier integrated with a half-bridge inverter using asymmetric modulation.

ABSTRACT

Develop power factor and efficiency in converters with a small number of components to drive power LEDs is needed. Due to the high life of the LEDs, it is necessary to look for topologies with low capacitance values, considering that they are the components with lower life span. Therefore, it is necessary to perform a mathematical modeling of the topology in question, then simulate and analyze the results. The asymmetrical control of the switches causes a voltage difference in the bus capacitors, and as a result, a ripple of the output current is affected. The need for universal input and dimerization causes the asymmetric command to be mandatory, but degrades the in the output current ripple.

KEYWORDS: LED. Asymmetrical. Non Ressonant.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela disponibilização das dependências para o desenvolvimento do projeto. Gostaria de agradecer também a CNPq pela oportunidade da elaboração do projeto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. S.; et all. Offline Soft-Switched LED Driver Based on an Integrated Bridgeless Boost– Asymmetrical Half-Bridge Converter, IEEE transactions on industry applications, vol. 51, no.1, Janeiro/Fevereiro 2015.

C. A. Cheng, H. L. Cheng, T. Y. Chung. **A novel single stage high-power-factor LED street-lighting driver with coupled inductors.** IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 50, no. 5, pp. 3037-3045, Set./Out. 2014.

S. Buso, G. Spiazzi, and F. Sichirollo. **Study of the asymmetrical half-bridge flyback converter as an effective line-fed solid-state lamp driver.** IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 61, no. 12, pp. 6730- 6738, Dez. 2014.

Y. Wang, Y. Guan, X. Zhang, D. Xu. **Single-stage LED driver with low bus voltage.** IEEE Electron. Lett., vol. 49, no. 7, pp. 455-457, Mar. 2013.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

MALSCHITZKY, A.; NASCIMENTO, C.B.; Sistema eletrônico para LEDs de potência com elevado fator de potência baseado no retificador bridgeless boost associado ao inversor de meia ponte com comando assimétrico: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em:

<<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Alessandro Malschitzky

Avenida Monteiro Lobato, S/N km 3 ,Jardim Carvalho, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

