



CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



CONVERSOR A CAPACITOR CHAVEADO RESSONANTE PARA O ACIONAMENTO DE UMA LÂMPADA LED TUBULAR

Josué Lopes Putzke

Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Santa Maria
josueputzke@gmail.com

Priscila Ertmann Bolzan

Pesquisadora do curso de Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Santa Maria
priscila@gedre.ufsm.br

Igor Bertoncetto Barboza

Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Santa Maria
igorbbbarboza@gmail.com

Ricardo Nederson do Prado

Professor/pesquisador do curso de Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Santa Maria
ricardo@gedre.ufsm.br

Resumo. Este artigo apresenta um conversor a capacitor chaveado para o acionamento de uma lâmpada LED tubular. Esse pode alterar o ganho por meio da variação da razão cíclica, uma característica não usual na literatura científica nesse tipo de conversor. O documento apresenta as etapas de operação, o projeto, a simulação e os resultados experimentais. A lâmpada LED tubular possui 120 cm de comprimento e é alimentada com 450 mA (23W), com a tensão de entrada igual a 220 Vrms, 60 Hz.

Palavras-chave: Capacitor chaveado. Conversor. Lâmpada LED tubular.

1. INTRODUÇÃO

A busca por eficiência com a diminuição de custos é a base da engenharia. Dessa forma, as lâmpadas LED têm obtido grande interesse da área por conta de características como: elevada vida útil, alta eficácia luminosa, robustez, alto índice de

reprodução de cor. Além disso, com o avanço dos estudos na área, os preços dessas caíram de forma significativa, sendo cada vez mais comuns em aplicações tanto de interiores como de exteriores, conforme mostra o estudo de Raul Vitor Arantes Monteiro *et al.* Nas aplicações em interiores as lâmpadas de bulbo e tubulares estão, paulatinamente, substituindo as lâmpadas fluorescentes.

O conversor proposto foi inicialmente proposto por Dongyuan Qiu *et al.*[2] e utiliza a técnica de capacitor chaveado com o intuito de acionar uma lâmpada LED. O uso dessa técnica permite diminuir a quantidade de componentes magnéticos, diminuindo o tamanho e o volume do conversor. Em contrapartida, isso pode tornar mais complexo a variação do ganho, uma vez que esse é geralmente relacionado com a topologia e não com a razão cíclica.

A Seção 2 apresenta o conversor a capacitor chaveado e suas características. A Seção 3 apresenta o projeto e os parâmetros para valores de entrada e de saída. A Seção 4

apresenta os resultados de simulação, enquanto a Seção 5 resume o artigo e apresenta as conclusões.

2. CONVERSOR A CAPACITOR CHAVEADO

Essa seção apresenta o conversor usado no trabalho. Esse possui duas características principais: possui um pequeno indutor, para haver ressonância e é possível regular a tensão de saída com a mudança da razão cíclica, característica rara para esse tipo de conversor.

O conversor apresentado nesse artigo é mostrado na Fig. 1

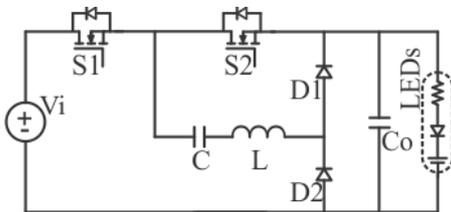


Figura 1 Conversor a capacitor chaveado.

2.1 Etapas de operação

Com o objetivo de compreender melhor o conversor, essa seção apresenta suas etapas de operação. Para isso, é necessário entender como os interruptores funcionam. A Figura 2 mostra a razão cíclica de S1 – variável entre 0% e 50% - e de S2 – sempre 50%.

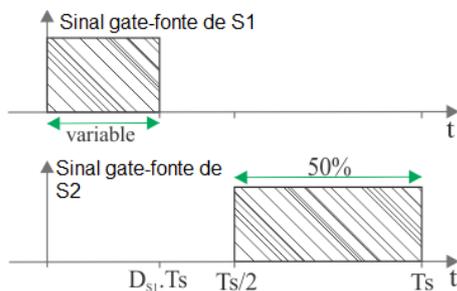


Figura 2. Sinal Gate-Source dos interruptores S1 e S2

No qual T_s significa o período de chaveamento e D_{S1} é a razão cíclica de S1.

As etapas de operação são explicadas abaixo:

1ª etapa: A primeira etapa é mostrada na Fig. 3. Nessa etapa, S1 está conduzindo e

o capacitor e o indutor estão ressonando e estão em série com a saída. O diodo D1 também está conduzindo e D2 está polarizado de forma reversa. Essa etapa acaba quando S1 se abre.

2ª etapa: após a abertura de S1, o indutor ainda está conduzindo, o que permite a continuação da ressonância através do diodo intrínseco de S2, como mostrado na Fig. 4. Os LEDs são alimentados pelo capacitor de saída C_o .

3ª etapa: Quando a corrente chegar a 0 A, o diodo D1 previne que a corrente se torne negativa, então o capacitor C e o indutor L ficam com zero corrente. Os LEDs continuam sendo alimentados pelo capacitor de saída C_o . Esse estágio é apresentado na Fig. 5.

4ª etapa: Na metade do período, S2 está fechado, fazendo com que o capacitor C e o indutor L fiquem em série com a carga. Quando a ressonância começa de novo, com corrente negativa, D2 está conduzindo. Após a 4ª etapa, o ciclo recomeça. A 4ª etapa pode ser vista na Fig. 6.

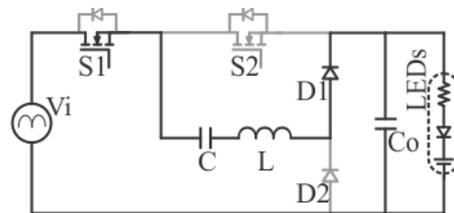


Figura 3. Conversor – 1ª etapa

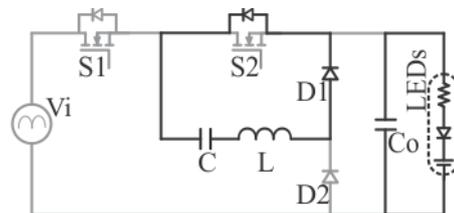


Figura 4. Conversor – 2ª etapa.

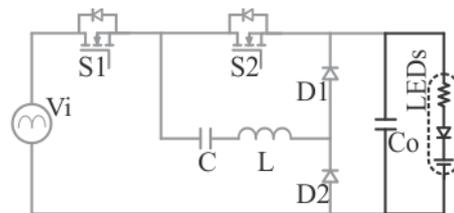


Figura 5. Conversor – 3ª etapa

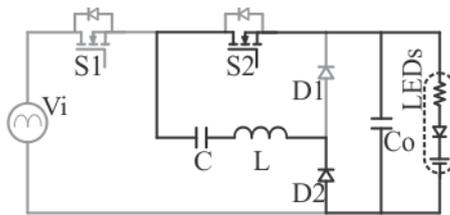


Figura 6. Conversor – 4ª etapa.

2.2 Projeto do conversor

Esse item apresenta os parâmetros principais para projetar o conversor. Os valores de entrada e saída são mostrados na Tabela 1.

A recomendação IEEE de máxima ondulação de corrente determina a máxima ondulação nos LEDs [1], o que resulta em 19,2%, porque a ondulação da corrente de saída em baixa frequência é 120 Hz (duas vezes a frequência da tensão de entrada, devido a ponte retificadora).

Como o conversor tem a tensão de entrada em 220 V, 60 Hz, esse foi redesenhado com a ponte retificadora e o filtro de entrada AC, como mostrado na Fig. 7.

Se a capacitância de C for fixa, as variáveis são o indutor L e a razão cíclica de S1.

Uma vez que o capacitor C tem o valor de 220 μ F, a razão cíclica de S1 foi fixada em 25% e a frequência de ressonância foi ajustada. Baseado em simulações, a Fig. 8 mostra o comportamento das variáveis.

Portanto, quanto maior a frequência de ressonância, maior a corrente e a ondulação da corrente de saída. O valor da corrente de saída não é um grande problema, pois é possível alterar a tensão de saída, mudando a razão cíclica de S1, contudo a ondulação da corrente de saída é limitada em 19,2% e valores maiores que isso não são permitidos para o projeto.

A Fig. 9 mostra a razão cíclica de S1 e a ondulação da corrente de saída para diferentes valores da frequência de ressonância. Para este gráfico manteve-se a corrente de saída fixa em 450 mA.

Tabela 1. Parâmetros do conversor

Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidade
Tensão de entrada	V_{in}	220	V_{rms}
Frequência da tensão de entrada	f_r	60	Hz
Frequência de chaveamento S1 e S2	f_s	100	kHz
Corrente nos LEDs	I_o	450	mA
Tensão nos LEDs	V_o	51.74	V
Razão cíclica de S2	D_{S2}	50%	-
Ondulação máxima de corrente nos LEDs	ΔI_o	19,2%	-

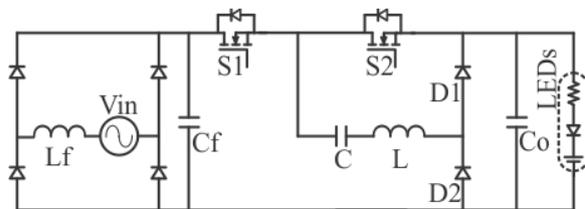


Figura 7. Conversor a capacitor chaveado – completo

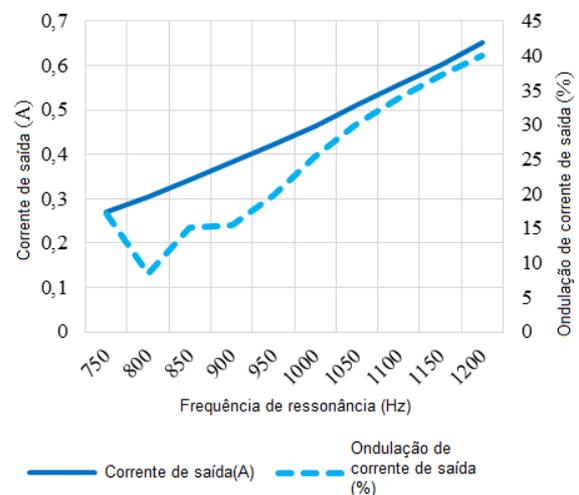


Figura 8. Análise da corrente de saída e ondulação da corrente de saída para diferentes valores de frequência de ressonância

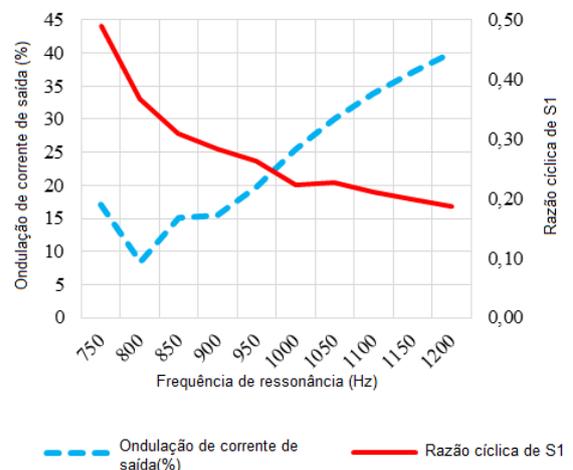


Figura 9. Análise da ondulação de corrente de saída e da razão cíclica de S1 para diferentes valores da frequência de ressonância – corrente de saída = 450 mA.

Foi escolhida uma frequência de ressonância de 800 Hz, resultando em um indutor de 180 μH e ondulação de corrente de saída ficou em 8,36%.

2.3 Resultados experimentais

Os valores usados nos resultados experimentais são apresentados na Tabela 2.

A Fig. 10 mostra a tensão de saída, corrente de saída e potência. 11 apresenta o protótipo do conversor.

Tabela 2. Valores do projeto

Parameter	Symbol	Value	Unit
Capacitor chaveado	C	220	μF
Indutor	L	180	μH
Filtro capacitor de entrada	Cf	68	μF
Filtro indutor de entrada	Lf	3	mH
Capacitor de saída	Co	10	μF
Resistência de saída	Ro	110	Ω
Capacitância dos diodos	Cd	15	pF
Queda de tensão nos diodos	Vd	1.1	V
Resistência intrínseca dos interruptores	RDSon	0.48	Ω
Capacitância dreno-source nos interruptores	Cs	200	pF

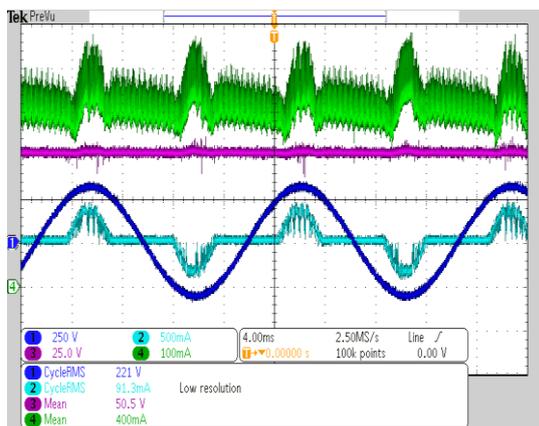


Figura 10 - Resultado experimental a 20 W - tensão de entrada (CH1 – 250 V/div), corrente de entrada (CH2 – 500 mA/div), tensão na lâmpada (CH3 – 25 V/div) e corrente na lâmpada (CH4 – 100 mA/div) - 4 ms.

Pode-se perceber na imagem que a corrente de saída é de 400 mA para a tensão de 220 V de entrada.

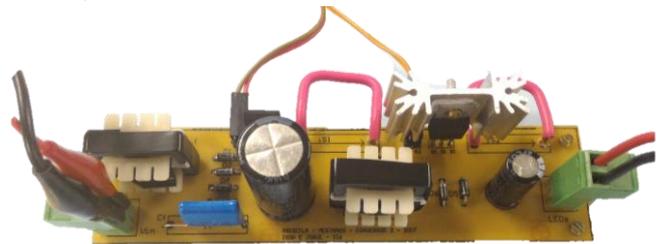


Figura 11. Protótipo experimental.

3. CONCLUSÕES

Esse artigo apresentou um conversor a capacitor chaveado desenvolvido para o acionamento de uma lâmpada LED tubular, atribuição bastante incomum para tal técnica. A possibilidade de alteração da tensão de saída por meio da mudança da razão cíclica de um dos interruptores permitiu o sucesso do projeto, como mostrado nos resultados simulados e experimentais.

4. REFERÊNCIAS

- [1] R. V. A. Monteiro, B. C. Carvalho, A. B. De Vasconcelos, F. N. De Lima, A. L. A. Da Fonseca, e T. I. R. De Carvalho Malheiro, “LED tubular lamps and tubular fluorescent: Power quality”, 16th Int. Conf. Harmon. Qual. Power, p. 400–404, 2014.
- [2] C. Z. Dongyuan Qiu, Bo Zhang, “Duty Ratio Control of Resonant Switched Capacitor DC-DC Converter”, Int. Conf. Electr. Mach. Syst., vol. 2, p. 1138–1141, 2005.
- [3] IEEE Power Electronics Society, “IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers”, IEEE Std 1789-2015. p. 1–80, 2015.