

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

ANÁLISE DE UM INVERSOR RESSONANTE AUTO-OSCILANTE PARA APLICAÇÕES A LED¹

ANALYSIS OF A SELF-OSCILLATING RESONANT INVERTER FOR LED APPLICATIONS

Diego Maran de Mattos², Juliane Ritzel Farret³, Fábio Ecke Bisogno⁴

¹ Monografia de Conclusão do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria

² Aluno de graduação em Engenharia Elétrica da UFSM

³ Aluna de graduação em Engenharia Elétrica da UFSM

⁴ Professor Doutor do Departamento de Processamento de Energia Elétrica da UFSM

INTRODUÇÃO

A medida que a indústria da iluminação evolui, mais designs de iluminação estão caminhando para a tecnologia de estado sólido. Como a iluminação LED se torna cada dia mais popular, há uma necessidade crescente para drivers e controladores mais inteligentes. Estes garantirão soluções de iluminação a LED mais eficazes, com menores custos operacionais para consumidores e empresas os quais proporcionarão menor retorno sobre investimentos.

Os LEDs, assim como grande parte de outras tecnologias de iluminação, necessitam de um circuito de acionamento capaz de manter níveis adequados de corrente, tensão e potência em seus terminais. De acordo com (U.S. D.O.E., 2012), entre 10 e 20% do custo de um sistema SSL são provenientes do circuito eletrônico responsável por manter as características elétricas do sistema em níveis seguros. Dada a constante evolução da tecnologia dos LEDs, também é interessante que os circuitos de acionamento, conhecidos como drivers, sofram evoluções, a fim de aumentar a eficiência global do sistema.

Conversor ressonantes são um dos tipos de drivers utilizados para o acionamento de LEDs, que são conhecidos pelas vantagens que oferecem se comparados a inversores de comutação tradicional (hard switching). Conversores ressonantes com capacidades de comutação suave, quando operados em certas faixas frequências, promovem uma redução considerável nas perdas de comutação. Para reduzir o tamanho dos elementos reativos no filtro RC, é desejável aumentar a frequência de operação, mantendo uma boa eficiência. Assim, neste trabalho, é proposta uma análise de projeto para o Inversor Ressonante Auto-Oscilante operando em alta frequência para aplicações de iluminação a LED.

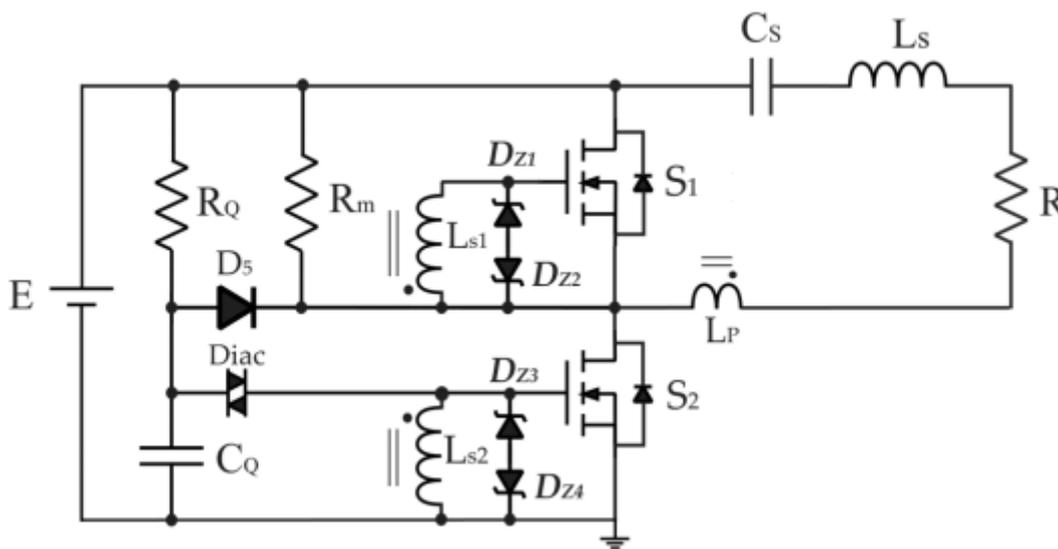
Palavras-chave: LEDs; Inversor Ressonante; Alta Frequência; Capacitâncias Parasitas; Circuito de Comando Auto-Oscilante.

Keywords: LEDs; Resonant Inverter; High frequency; Parasitic Capacitances; Self-Oscillating Control Circuit.

METODOLOGIA

É feita uma análise e simulação da metodologia de (SEIDEL; BISOGNO; DO PRADO, 2007), do conversor ressonante auto-oscilante apresentado na figura 1, trata-se de um típico conversor auto-oscilante half-bridge assimétrico, com um filtro ressonante LC.

Figura 1 -Conversor Ressonante Auto-Oscilante



Fonte: Autor

O conversor ressonante analisado possui três etapas de operação, sendo a primeira etapa a partida, que constitui na tensão de entrada ser aplicada em um resistor e em um capacitor, a tensão no capacitor aumenta até atingir a tensão de ruptura do DIAC, isso permite que a corrente seja momentaneamente conduzida gerando uma tensão V_{gs} nos terminais do MOSFET S2, se vê necessário a adição de um diodo para evitar que os MOSFETs S1 e S2 estejam ativos simultaneamente, evitando causar um curto-circuito na fonte.

A segunda etapa consiste na condução do MOSFET S2, este começa a conduzir ao fim da primeira etapa, entrando imediatamente no segundo modo de operação, em regime permanente, esta etapa é marcada pelo fim da condução de S1, em que a tensão da fonte de entrada é aplicada no filtro ressonante, enquanto que a corrente do filtro começa a fluir através do capacitor e do indutor do filtro, do enrolamento primário do transformador de corrente (TC), e da carga. Enquanto a corrente flui positivamente pelo filtro ressonante, também flui positivamente pela bobina primária do TC, uma parcela dessa corrente também flui pelos enrolamentos secundários do TC, a parcela depende da relação de espiras, os enrolamentos secundários, aplicam uma tensão V_{gs} positiva em S2 e negativa em S1, ambos são grampeados pela tensão dos diodos zener. Este modo de operação dura até a corrente do filtro se tornar zero, quando isso acontecer o conversor irá entrar no terceiro modo de operação.

A terceira etapa é referente a condução de S1, após a corrente do filtro chegar a zero, isso termina

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

o segundo modo de operação, a corrente começa a fluir negativamente através do enrolamento primário do TC e é refletida nos enrolamentos secundários aplicando uma tensão V_{gs} positiva em S1 e negativa em S2. Estando S1 conduzindo, um caminho ressonante entre os elementos do filtro e a carga é estabelecido, isso se mantém até a corrente do filtro zerar novamente, quando isso acontecer o conversor irá retornar ao segundo modo de operação.

Em regime permanente, se a topologia for devidamente projetada e apresentando ciclos limites estáveis com oscilações auto sustentadas nas frequências escolhidas para o conversor, este irá operar de forma a ficar alternando entre o segundo e o terceiro modo de operação até que a fonte de tensão de entrada ou a carga sejam desconectadas do conversor ressonante.

Tendo analisado as etapas de funcionamento do conversor ressonante, percebe-se que o circuito de comando auto-oscilante é o responsável por usar a corrente do filtro como se fosse uma fonte de corrente que irá fornecer uma carga para as capacitâncias dos MOSFETs, gerando a mudança de estados, que devido a simetria da corrente senoidal do filtro ressonante, terá uma razão cíclica de 50%.

Para uma simulação funcional no LTSPICE alguns componentes precisam ser substituídos por componentes análogos, por não funcionarem do mesmo modo que a sua versão real, um desses componentes é o DIAC, este é substituído por uma chave e duas fonte de tensão senoidais para simular o pulso do DIAC, isso faz com que o capacitor C_q também seja desnecessário sendo substituído por um resistor para completar o circuito, o resistor R_m diodo D5 também pode ser suprimido na simulação já que não há mais o capacitor C_q para descarregar.

Na tabela 1 são apresentados os componentes utilizados no projeto do conversor ressonante auto oscilante, e também foram utilizados na simulação dessa análise e Na figura 2 é apresentado o circuito montado no simulador.

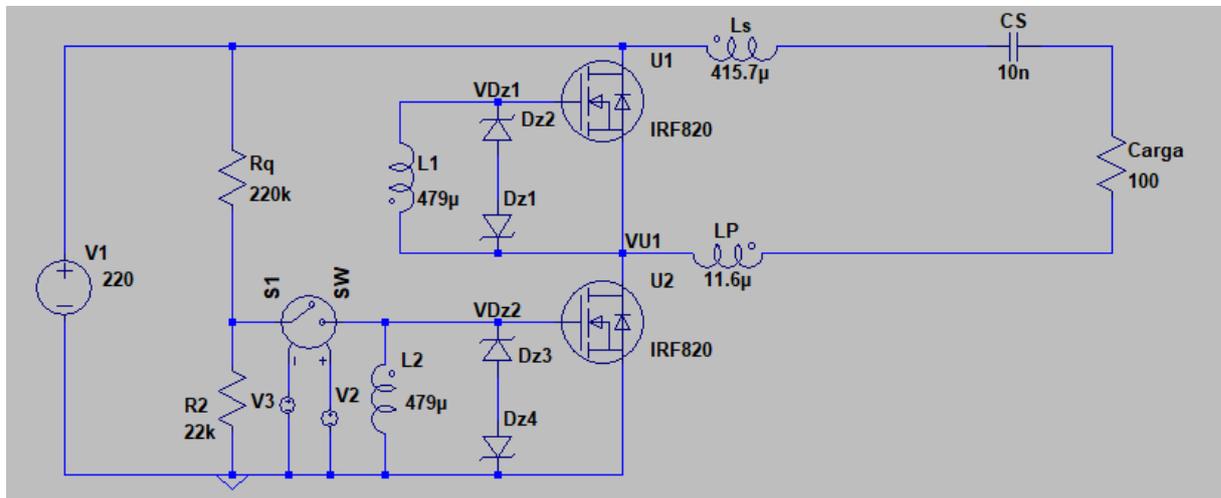
Tabela 1 - Parâmetros do Conversor Ressonante Auto-oscilante

V1	220 V
Carga	100 Ω
MOSFET	IRF820
DIAC	DB3
LP	11,6 μ H
L1/L2	479 μ H
Rq	220 k Ω
Diodo Zener	BZX84B16VL
D5	UF4007
CS	10 nF
LS	415,7 μ F

Fonte: Autor

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

Figura 2 - Conversor Ressonante Auto-Oscilante no LTSPICE

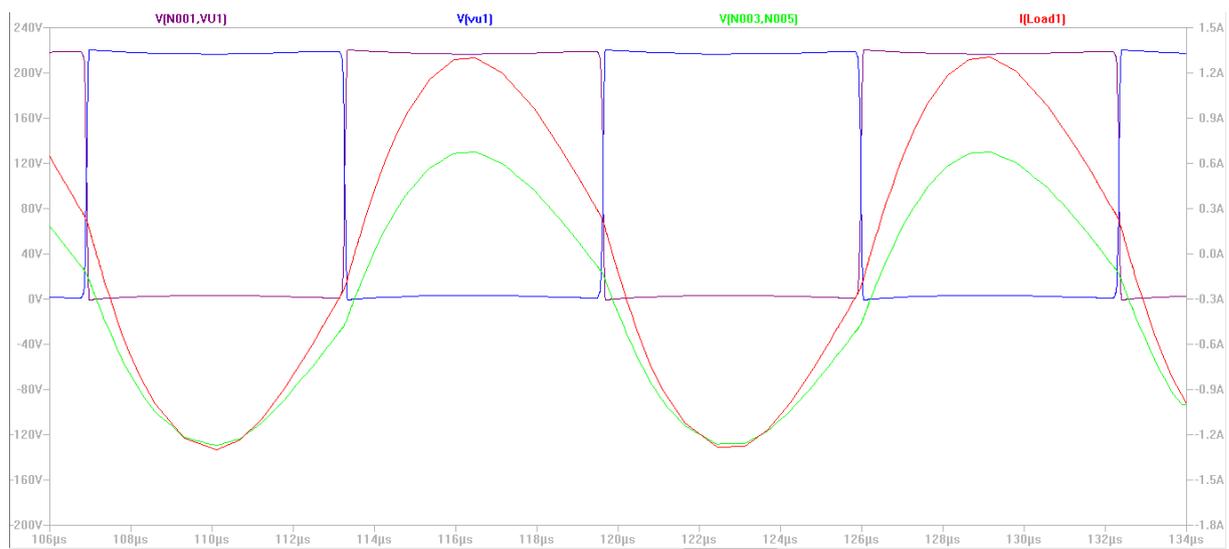


Fonte: Autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3 é apresentada a comutação dos MOSFETs em Zero Volt Switching (ZVS), que é uma comutação suave, o ZVS ocorre quando a frequência de chaveamento do estágio inversor é maior que a frequência de ressonância do filtro ressonante. A tensão da carga é mostrada em verde, a corrente da carga mostrada em vermelho, a tensão VDS do MOSFET S1 mostrada em roxo e a tensão VDS do MOSFET S2 mostrada em azul.

Figura 3 - Resultados de simulação



Fonte: Autor

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 9 - Indústria, Inovação e Infra-estrutura

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conversores ressonantes auto-oscilantes, por sua característica de comutação suave e operação em altas frequências sem o auxílio de fontes auxiliares, tem um papel importante tanto na eletrônica de potência quanto ao mercado, tendo em vista a necessidade de militarização constantes de circuitos de conversores estáticos.

Os resultados da simulação são apresentados com o objetivo de confirmar que os parâmetros adotados assim como a metodologia de projeto analisada garantem um projeto funcional do circuito auto-oscilante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DA ROSA, W.G. **Metodologia de Projeto de um Inversor Ressonante Auto-Oscilante Operando em Alta Frequência para Aplicações a LED**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2019

SEIDEL, A. R.; BISOGNO, F. E.; DO PRADO, R.N. **A design methodology for a self-oscillating electronic ballast**. In: IEEE Transactions on Industry Applications, [s.1.], v.43, n6, p.1524-1533, 2007. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/4385007>>.

Parecer CEUA: 017/19

Parecer CEUA: CAAE: 84431118.2.0000.5350