

Análise, Dimensionamento e Implementação de um Conversor CC-CC Elevador de Tensão

Analysis, Dimensioning and Implementation of a Voltage lift DC-DC Converter

RESUMO

Lucas Marcelo Ferreira
marcelof.lucas@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

Paulo Junior Silva Costa
paulojcosta@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

Este trabalho apresenta os resultados do desenvolvimento de um conversor CC-CC do tipo push-pull em ponte, para ser utilizado em veículos automotores, com característica de elevador de tensão, onde foram utilizados dois terminais secundários associados em série a fim de gerar uma saída de 400 V e uma potência de 500 W. Foi desenvolvido uma planilha a fim de fazer os cálculos para o dimensionamento dos componentes a serem utilizados. Também foi feita uma simulação computacional a fim de checar o funcionamento do projeto, onde foi obtido um resultado condizente com os cálculos. Enfim concluímos que o conversor pode ser muito útil para o que foi proposto.

PALAVRAS-CHAVE: Fontes chaveadas. Conversor Push-pull. Elevador de tensão.

ABSTRACT

This paper presents the results of the development of a bridge-type push-pull DC-DC converter, to be used in automotive vehicles, with voltage lift characteristics, where two secondary terminals associated in series were used in order to generate a 400 V output and 500 W power. A spreadsheet was developed in order to make the calculations for dimensioning the components to be used. A computer simulation was also carried out in order to check the operation of the project, where a result consistent with the calculations was published. Finally, we conclude that the converter can be very useful for what was proposed.

Recebido:
Aprovado:

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

KEYWORDS: DC-DC converter. Push-pull. Switched sources.



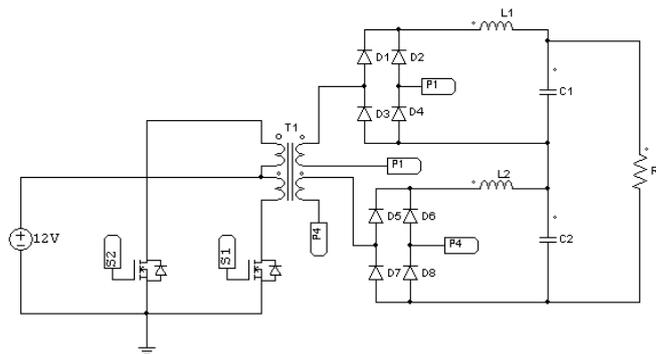
INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem a intenção de apresentar as características e estrutura de um conversor CC-CC push-pull em ponte com dois enrolamentos secundários, o qual tem por característica ser um elevador de tensão, onde as duas saídas são associadas em série de modo a gerar uma tensão de saída de 400 V através de uma entrada de 12 V, onde temos uma potência de saída de 500 W. Além destas, serão apresentadas as etapas de operação, formas de ondas e circuitos equivalentes, equacionamento para dimensionamento dos semicondutores, magnéticos e capacitor. Também será apresentado os resultados da simulação numérica e o layout da placa de circuito impresso elaborada.

MATERIAL E METODOS

Para este estudo foi proposto um conversor push-pull em ponte, com duas saídas. Na figura 1 podemos ver a topologia utilizada:

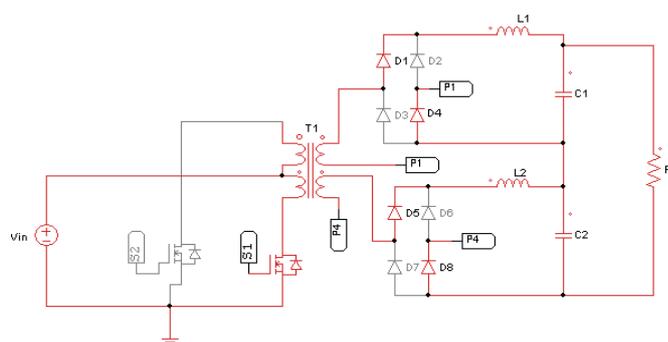
Figura 1- Conversor push-pull em ponte



Fonte: Autoria própria

Este conversor possui quatro etapas de operação. Na primeira etapa a chave S1 está conduzindo, fazendo com que os diodos D1, D4, D5 e D8 conduzem as correntes que fluem pelos indutores das saídas, enquanto os diodos D2, D3, D6 e D7 estão bloqueados.

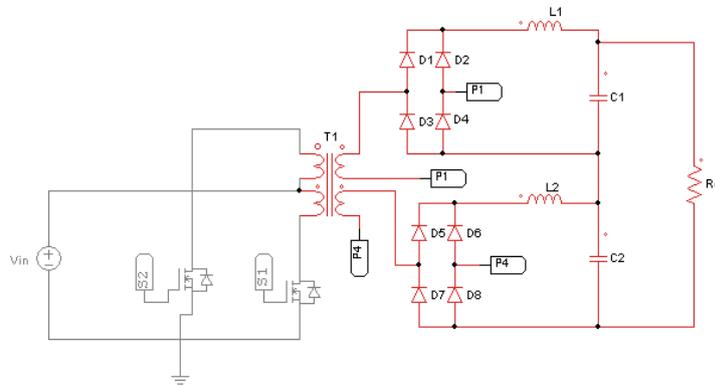
Figura 2 - Primeira etapa de operação



Fonte: Autoria própria

Na segunda etapa de operação não temos nenhuma das chaves em condução, enquanto todos diodos conduzem a corrente que flui pelos indutores.

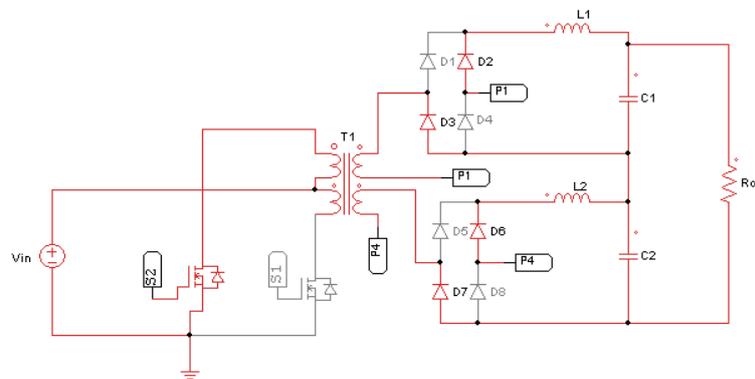
Figura 3 - Segunda etapa de operação



Fonte: Autoria própria

Na terceira etapa de operação temos a chave S2 conduzindo fazendo com que os diodos D2, D3, D6 e D7 conduzam a corrente que flui através dos indutores, enquanto os diodos D1, D4, D5 e D8 estão bloqueados.

Figura 4 - Terceira etapa de operação

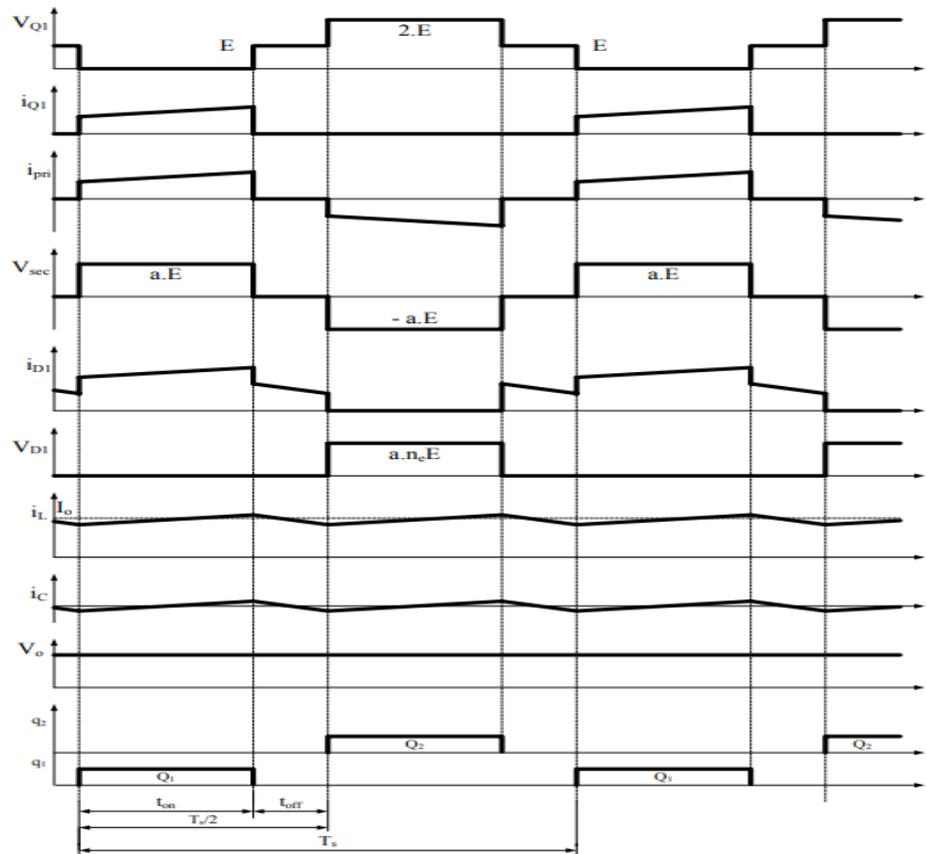


Fonte: Autoria própria

Na quarta etapa de operação temos um funcionamento equivalente ao da segunda etapa que está representado na figura 3.

Na figura 5 podemos ver as formas de onda mais importantes na análise do conversor.

Figura 5 - Formas de onda



Fonte: Ricardo Filho (2005)

Também foi desenvolvido uma planilha de cálculo através do software Mathcad, onde foram feitos todos os cálculos necessários para o dimensionamento das chaves, dos diodos, indutores e dissipadores do circuito do conversor push-pull. Primeiramente foi calculado a indutância necessária para o funcionamento do circuito.

$$L_o = \frac{\left(\frac{V_g}{n} - V_o\right) * D}{2 * f_s * i_o * \Delta i} = 266,7 \mu H \quad (1)$$

Em seguida foi necessário ser feito o cálculo da corrente máxima em que as chaves são submetidas.

$$i_{Smax} = 2 * \frac{i_{Lmax}}{n} = 59,9 A \quad (2)$$

Para este conversor foi utilizado a chave IRFSL74337.

Em seguida foi necessário calcular a corrente e a tensão máximas em que os diodos são submetidos. Onde:

$$i_{Dmax} = i_{Lmax} = 1,43 A \quad (3)$$

$$V_{Dmax} = 2 * V_s = 500 V \quad (4)$$

Assim foi escolhido o diodo MUR 860

Para o dimensionamento do transformador, foi calculado a relação de espiras e também escolhido seu devido núcleo.

$$N_p = \frac{V_{in} * D}{A_{eT} * \Delta_{bT} * f_s} = 1 \text{ Espira} \quad (5)$$

$$N_s = \frac{N_p}{n} = 19 \text{ Espiras} \quad (6)$$

Assim foi escolhido o núcleo do tipo E 42/15 e o condutor 37 AWG.

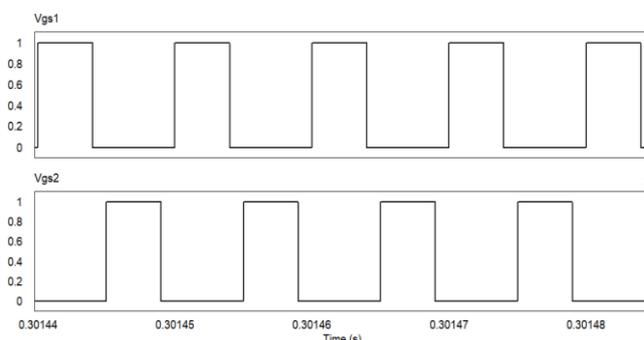
Também foi escolhido o CI SG 3525 para fazer o controle do circuito, este CI possui duas saídas de PWM, e também pode ser usado com uma realimentação que ajusta a razão cíclica do circuito automaticamente, mantendo assim um valor de tensão estável na saída.

RESULTADOS

Para a realização do projeto, primeiramente foi realizado uma simulação dos circuitos, para analisar possíveis falhas e conferir se todos os valores e formas de onda estão de acordo com a teoria aplicada, e com as especificações desejadas para o desenvolvimento do conversor. Para a simulação foi utilizado o software PSIM que é uma excelente ferramenta para simulação de circuitos de eletrônica de potência. O circuito utilizado é similar ao da figura 1.

Na figura 6, temos a representação da forma de onda do PWM para as duas chaves, onde podemos ver as 4 etapas de operação.

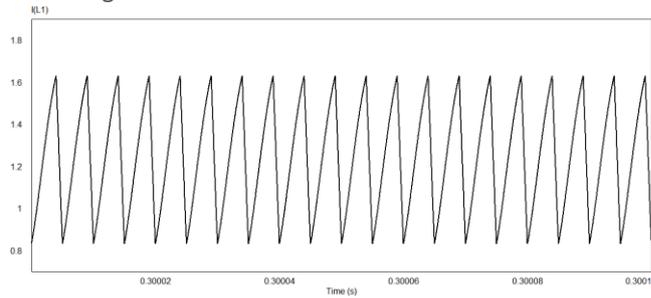
Figura 6 - Forma de onda do PWM



Fonte: Autoria Própria

Em seguida podemos observar a forma de onda nos indutores, onde temos uma corrente máxima de 1,6 A e uma corrente média de 1,24 A , o que é bastante condizente com o que foi calculado teoricamente.

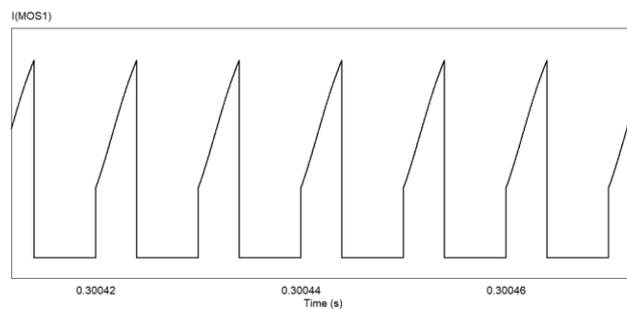
Figura 7 – Forma de onda da corrente no indutor



Fonte: Autoria própria

Em seguida podemos observar a forma de onda da corrente na chave, onde podemos notar uma corrente máxima de 75,7 A e uma corrente média de 20,8 A.

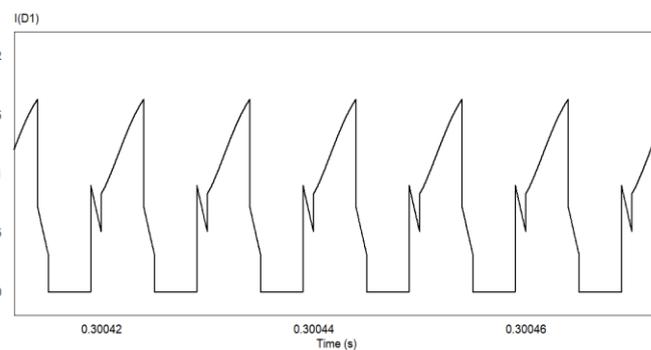
Figura 8 - Forma de onda da corrente na chave



Fonte: Autoria própria

Em seguida podemos observar a forma de onda da corrente nos diodos, onde temos um valor máximo de 1,6 A e um valor médio de 0,6 A.

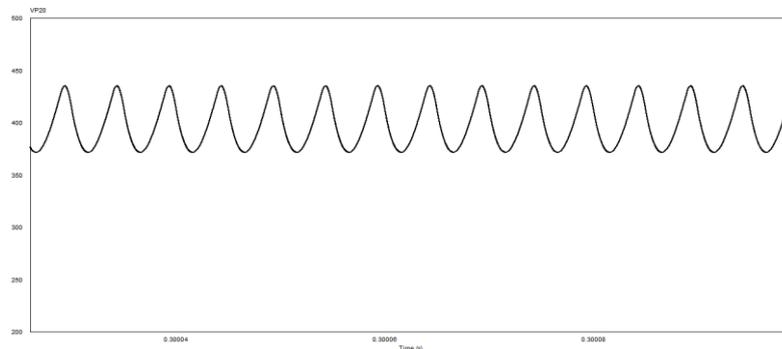
Figura 9 - Forma de onda da corrente no diodo



Fonte: Autoria própria

Por fim, podemos observar a forma de onda na saída do conversor, onde a tensão máxima tem um valor de 435 V e um valor médio de 398 V.

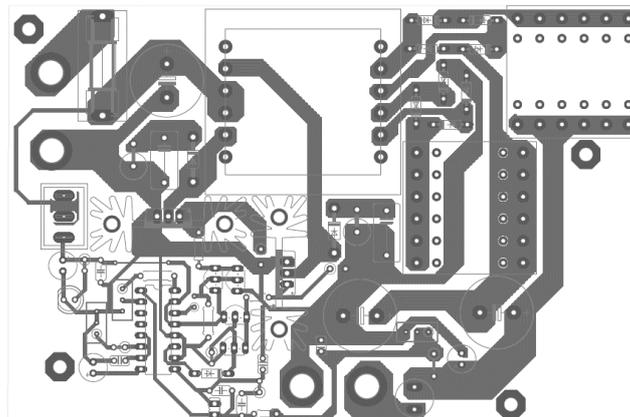
Figura 10 - Forma de onda na saída



Fonte: Autoria própria

Em seguida foi desenvolvido o layout da placa de circuito impresso do conversor, onde foram adicionados fusíveis e grampeadores de tensão, afim de proteger o circuito de surtos de energia. Na figura 10 temos o layout da PCI.

Figura 11 - Layout da PCI



Fonte: Autoria Própria

CONCLUSÃO

Podemos notar através dos resultados da simulação que o conversor push-pull se mostra eficiente e funcional de acordo com suas especificações e sua finalidade.

O projeto visava também a execução prática, porém em virtude da pandemia do COVID 19 não foi possível a realização desta etapa, visto que os laboratórios da universidade não estavam disponíveis para os alunos.

REFERÊNCIAS

BARBI, IVO. **Projeto de fontes chaveadas**. Edição do autor. Florianópolis, 2001.

BARBI, Ivo; MARTINS, Denizar C. **Conversores CC-CC Básicos não Isolados**. Edição dos autores. Florianópolis, 2006.

Hart, Daniel W. **Eletrônica de Potência: Análise e Projetos de circuitos**. AMGH. Porto Alegre, 2015.

Arrabaça, Devair A. **Conversores de energia elétrica CC/CC para aplicações em eletrônica de potência : conceitos, metodologia de análise e simulação**. Erica. São Paulo, 2013.

FILHO, Otacílio R. O. **Projeto de um conversor Push-Pull CC-CC com aplicação de grampeadores de tensão**. Universidade Federal do Pará. Tucuruí, 2014. Disponível em:

https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/573/1/TCC_ProjetoConversorP_ushpull.pdf. Acesso em: 01 set. 2020.

PERAÇA, Mauro T. **Conversores CC-CC elevadores para aplicação em equipamentos de refrigeração**. Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82989>. Acesso em: 01 set. 2020.

MENEZES, Tiago L. **Conversor Push-Pull alimentado em corrente aplicado a correção do fator de potência de fontes de alimentação**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016. Disponível em:

http://www.cear.ufpb.br/arquivos/cgee/TCC/TCC_-_Thiago_Lima_de_Menezes.pdf. Acesso em: 01 set. 2020.

FILHO, Ricardo F. P. **Estudo e implementação de uma fonte de tensão alternada de 220/1kW alimentada por fontes CC de 24V**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. Disponível em:

<http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102915>. Acesso em: 01 set. 2020.