

Projeto de conversor CC-CC para um carro de formula estudantil

Bruno Paiva Sant'Anna

Prof. José Roberto B. A. Monteiro

Escola de Engenharia de São Carlos

brunopsant@usp.br

Objetivos

A evolução das tecnologias eletrônicas ocorridas nas últimas décadas trouxeram uma necessidade, cada vez maior, de fontes de alimentação compactas, de alto rendimento e baixo custo. Para muitas aplicações, em especial as que utilizam baterias de alta potência, os sistemas de baixa tensão e de alta tensão não podem ser alimentados pela mesma fonte; dessa forma, é necessário algum dispositivo que seja capaz de fornecer tensões menores à partir de tensões contínuas vindas das baterias.

Para suprir essa necessidade de uma fonte de tensão regulada de alto rendimento, foram criadas as fontes chaveadas, que são sistemas que controlam o fluxo de energia de uma entrada para uma saída [1] e que podem ter tensão CC saída ajustados à partir de uma entrada CC [2]. Além de ajustáveis, as fontes chaveadas, que podem ser chamadas de conversores CC-CC, possuem uma alta eficiência de conversão de energia, podendo chegar em 90% de eficiência [3]. Outra vantagem importante de fontes chaveadas são as altas frequências de chaveamento que torna os transformadores utilizados nesses circuitos menores [3].

Uma das possíveis aplicações para esse tipo de conversores é a alimentação de sistemas de baixa tensão de veículos elétricos, utilizando a bateria de alta potência como tensão de entrada. Esse trabalho visa aplicar um conversor CC-CC a um carro de Formula elétrico desenvolvido pela equipe Tupã, da EESC. Esse conversor irá substituir uma

bateria de 12V que alimenta toda a parte de baixa tensão do carro. O conversor será ligado diretamente no pack de baterias de 340,4V e irá fornecer energia para o sistema de baixa tensão.

Métodos e Procedimentos

Primeiramente, foi realizado o estudo das diferentes topologias de conversores CC-CC isolados e não isolados, de maneira a escolher a topologia mais adequada para aplicação de uma alta tensão de entrada, baixa tensão de saída e média potência. Analisados os conversores, foi concluído que aquele que mais atende às necessidades é o conversor *Half Bridge*, que pode ser observado na figura 1:

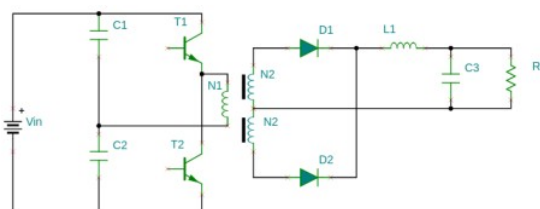


Figura 1: Circuito do conversor *Half Bridge*

Esse conversor possui um transformador abaixador, no qual o primário é sempre polarizado quando um dos transistores estejam em condução [4]. O secundário do transformador é ligado a dois diodos e, em ambos momentos de condução dos transistores do primário, há tensão chegando no circuito de baixa tensão, que se assemelha ao conversor *Buck*. Dessa forma a tensão de saída desse conversor é dada por:

$$V_o = \frac{V_e * D}{\alpha} \quad (1)$$

Com a topologia definida, foram dimensionados os componentes elétricos que compõem esse circuito para garantir que o núcleo do transformador não sature, que o conversor se mantenha no modo contínuo de condução e que a tensão de saída esteja a 12V para cargas de até 10A.

Por fim, o modelo matemático de pequenos sinais do conversor foi encontrado e utilizado para o desenvolvimento de um controlador PI que mantivesse o *overshoot* e o tempo de estabilização aceitáveis.

Resultados

Para definir os ganhos do controlador, foi utilizada a função de transferência do conversor:

$$\frac{v_o}{d} = \frac{\frac{V_e}{\alpha}}{LC*s + \frac{L}{R}*s + 1} \quad (2)$$

Utilizando os valores de L e C calculados e considerando uma corrente de 1A, foi montado um modelo no Simulink e, utilizando a ferramenta *PID tune*, os ganhos foram ajustados para que os parâmetros da saída fossem como desejado. Os resultados obtidos utilizando esse controlador estão demonstrados na figura 2:

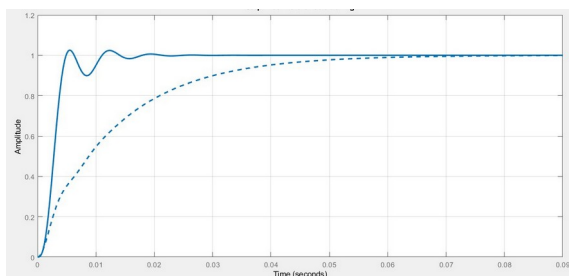


Figura 2: Resposta ao impulso do conversor com controlador PI (linha preenchida) e sem controlador (linha pontilhada)

O controlador utilizado possui a seguinte função de transferência:

$$C(s) = \frac{s+878,4}{s} \quad (3)$$

A resposta com o controlador apresenta um *overshoot* de 2% e um tempo de acomodação de 13ms. Caso haja algum componente sensível ao *overshoot* apresentado, ainda é possível adicionar um regulador série após a fonte chaveada para garantir a estabilidade da tensão fornecida em 12V.

Conclusões

Com os conceitos visitados e os resultados obtidos, é possível concluir que as fontes chaveadas são boas soluções para a substituição de baterias de 12V convencionais em veículos elétricos de corrida, pela sua boa performance, confiabilidade e redução considerável de massa, sendo uma prática comum em equipes de fórmula estudantil europeias.

Referências Bibliográficas

- [1] BARBI, I. Eletrônica de potência: projetos de fontes chaveadas [S.l.]: Ed. do autor, 2001. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=eKxemgEACAAJ>.
- [2] AHMED, A. Eletrônica de potência. [S.l.]: Pearson Education do Brasil, 2000. ISBN 9788587918031. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=%5C_KknGQAACAAJ.
- [3] BRIOSCHI, R. Eletrônica de potência. Vitória, 2017.
- [4] MELLO, L. de. Projetos de fontes chaveadas. [S.l.]: Erica, 1988. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=lcX5ewEACAAJ>.