

Projeto e Estudo Computacional de um Conversor CC-CC Bidirecional para Aplicação em Veículos Elétricos

Luciano Gonçalves Bacelar da Silva

Prof. Dr. Augusto Matheus dos Santos Alonso

Prof. Assoc. Ricardo Quadros Machado

Escola de Engenharia de São Carlos / Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação / Universidade de São Paulo

lucianobacelar@usp.br

Objetivos

Os objetivos deste projeto foram revisar as topologias de conversores CC-CC bidirecionais, com foco em aplicações veiculares, e avaliar suas principais características técnicas. Além disso, buscou-se modelar e projetar um conversor bidirecional, desenvolver um modelo de simulação computacional e identificar os requisitos técnicos para sua futura implementação física. O planejamento para o desenvolvimento de um protótipo laboratorial também foi contemplado, assim como a promoção da formação de recursos humanos por meio da participação em pesquisas nas áreas de eletrônica e energia.

Métodos e Procedimentos

As topologias Buck-Boost, Flyback, Dual Active Bridge e Entrelaçado tiveram seu funcionamento geral apresentado e foram comparadas com base em fatores como isolamento galvânico, ganho de tensão, densidade de potência, estresse elétrico e complexidade de implementação.

A topologia Dual Active Bridge (DAB), apresentada na Figura 1, foi selecionada como a mais adequada para a aplicação, sendo modelada pelo método Single Phase Shift

(SPS), uma abordagem clássica descrita em [1].

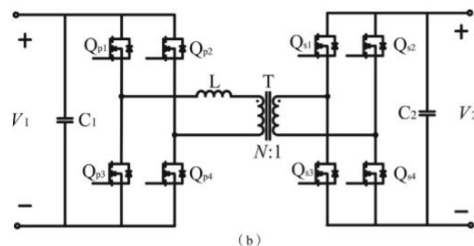


Figura 1: Conversor Dual Active Bridge [2].

Em seguida, foi desenvolvido um modelo computacional do conversor no ambiente *MATLAB/Simulink*, utilizando a biblioteca *Simscape Electrical*. Para validar o modelo teórico e computacional, as respostas dos parâmetros do sistema obtidas nas simulações foram comparadas com os resultados teóricos.

Resultados

A modelagem do DAB pelo método SPS possibilitou a construção das formas de onda dos principais parâmetros do conversor. A partir delas, obteve-se a relação de transferência de potência entre as duas fontes do conversor, considerando seus componentes e a defasagem angular ϕ entre os sinais de controle das pontes H. A equação a seguir apresenta essa relação, onde f_s é a frequência

de operação, L a indutância de vazamento do transformador, e N o seu ganho.

$$P = \frac{V_2 V_1 \left(\frac{\Phi}{\pi} \right) \left(1 - \frac{|\Phi|}{\pi} \right)}{2NLf_s}$$

A equivalência entre o modelo teórico e o modelo computacional foi verificada, apresentando comportamentos bastante semelhantes. No entanto, pequenos desvios foram observados em algumas medidas, devido a termos não considerados na modelagem, como a tensão de condução das chaves. Na Figura 2, é apresentada a resposta em malha aberta para uma referência de tensão, comparando o modelo computacional com o modelo médio desenvolvido por [1].

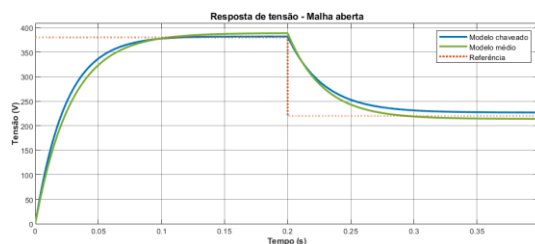


Figura 2: Resposta de tensão de saída – Malha aberta

A análise da resposta de corrente em malha fechada demonstrou o funcionamento do controlador PI no conversor, com a resposta seguindo a referência sem erro de regime. Destacou-se também sua capacidade bidirecional, com a inversão da corrente de saída de 1.5A para -1.5A.

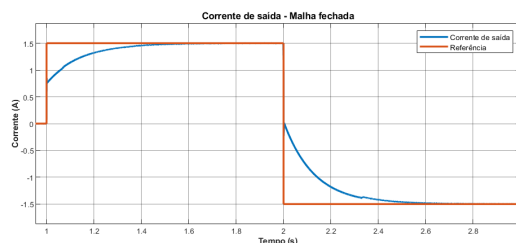


Figura 3: Resposta de corrente de saída – Malha fechada

Por último, a montagem física do conversor já foi iniciada, e testes integrando seu hardware

de controle e potência para acionamento das chaves foram realizados.



Figura 4: Montagem física parcial do conversor DAB.

Conclusões

A revisão de topologias de conversores, como Buck-Boost, Flyback e Dual Active Bridge, indicou o Dual Active Bridge como a melhor solução para a aplicação, devido à sua capacidade de isolamento galvânico e alto ganho de tensão. A modelagem, e simulação do conversor no MATLAB/Simulink confirmaram a adequação do desenvolvimento teórico e computacional projeto. As simulações em malha aberta e fechada, destacaram a funcionalidade dos controladores PI e a capacidade bidirecional do sistema. A implementação experimental, embora ainda em andamento, serve de base para futuras implementações e testes de desempenho.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio do CNPq. Agradeço ao professor, Ricardo Quadros Machado, pela orientação e ao Professor Augusto Matheus dos Santos Alonso pelo suporte ao longo do desenvolvimento do projeto.

Referências

- [1] SILVA, E. L. S. **Modelagem e controle do conversor Dual Active Bridge (DAB)**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.
- [2] WANG, J.; et al. **Review of bidirectional DC–DC converter topologies for hybrid energy storage system of new energy vehicles**. Green Energy and Intelligent Transportation, v. 1, p. 100010, abril 2022.