PROJETO DE UM CONVERSOR DUAL-ACTIVE BRIDGE PARA APLICAÇÕES EM ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Maise Natalia Soares da Silva [1], Romario Fernandes de Sousa [2], Hermínio Miguel de Oliveira Filho [3]

RESUMO

Com o aumento da participação das fontes alternativas de energia na geração de energia elétrica, que possuem características intermitentes e elevada demanda de estudos sobre smart-grids com sistemas de distribuição CC, torna-se interessante o uso de sistemas ativos bidirecionais, compostos por armazenadores de energia para atenuar as oscilações do barramento de tensão da rede elétrica. Diante desse contexto, este trabalho propõe a análise e projeto de um conversor CC-CC isolado bidirecional em ponte completa, conhecido por Dual-Ative Bridge – DAB. A topologia em estudo tem como objetivo realizar a interface entre armazenadores de energia, através baterias, e barramentos de redes de distribuição de energia elétrica em corrente contínua. A caracterização matemática do conversor supracitado, bem como um exemplo de projeto e resultados de simulação para a condição nominal são apresentadas.

Palavras-chave:

Armazenamento de Energia. Comutação Suave. Conversor CC-CC. Distribuição de Energia. Validação Experimental.

[1] UNILAB, IEDS, Discente, e-mail: maise.soares@gmail.com
[2] UNILAB, IEDS, Discente, e-mail: romariofernades@gmail.com
[3] UNILAB, IEDS, Docente, e-mail: herminio@unilab.edu.br

INTRODUÇÃO

Fontes de energia renovável integradas à rede de distribuição convencional possibilitam a aproximação do centro de geração e de consumo e daí surgem tecnologias tais como smart grids, redes de distribuição CC e sistemas de armazenamento de energia conectados à rede de distribuição CC. Os sistemas de armazenamento de energia, por sua vez, podem ser conectados à rede de distribuição CC através de conversores CC-CC. O conversor CC-CC é um sistema elétrico capaz de transferir energia de uma fonte de energia de entrada para outra fonte de saída. A transferência de energia se dá de forma a respeitar as leis de conservação de energia, desta forma é possível elevar, reduzir ou estabilizar a tensão de saída de forma a manter a energia média transferida a mesma. Conversores CC-CC básicos são capazes de regular e manter a transferência de energia em apenas um sentido, sendo necessário, portanto para o advento da tecnologia de redes inteligentes o desenvolvimento de conversores CC-CC capazes de conduzir o fluxo de potência em ambos os sentidos. Conversores bidirecionais (IBDC – Isolated Bidirectional DC-DC Converter) além de isolar e regular os barramentos de entrada e saída, possibilitam a transferência bidirecional de energia. O desenvolvimento de novas topologias ou o melhoramento de topologias existentes tem por objetivo o aumento da densidade de potência bem como a melhoria do rendimento do sistema.

O conversor Dual Active Bridge, representado na Figura 1, é um conversor formador por duas fontes de tensão ligadas a uma ponte H cada, estando as pontes isoladas entre si através de um transformador responsável pela transferência de energia através de sua indutância de dispersão. O controle do acionamento das chaves é realizado pela técnica de phase-shift, que controla o acionamento das chaves em diagonal ao variar o valor do ângulo ϕ de fase entre o primário e o secundário do transformador.

Figura 1 - conversor Dual Active Bridge.

Fonte: Próprio autor.

Redes CC baseadas em fontes de energia renovável sofrem com a intermitência deste tipo de fonte. Questões ambientais e climáticas fazem variar a quantidade de energia disponível, logo são necessários dispositivos que garantam um fornecimento estável e confiável as cargas conectadas ao barramento destas redes, daí a importância do uso de sistemas de armazenamento de energia. Dentre os equipamentos utilizados para armazenar energia, destacam-se as baterias devido sua tecnologia consolidada e pela relação custo benefício. Ao armazenar energia elétrica na forma de energia química, certos parâmetros devem ser respeitados e observados com a finalidade de prolongar sua vida útil. Grandezas tais como tensão e corrente de carga, capacidade da bateria e profundidade de carga, definem qual bateria deve ser utilizada para suprir uma dada carga (COELHO, 2001). Visando elevar a vida útil de baterias escolhe-se o método de carga, que depende diretamente do tempo de carga desta bateria. A redução do tempo de carga é conseguida elevando-se a corrente de carga, essa elevação por outro lado reduz a vida útil da bateria. Uma das formas de contorna isso é a utilização do DAB, pois seu uso com controladores bem parametrizados, regula o fluxo de potência entre a bateria e a rede elétrica, e assim assegurando ganho na vida útil da bateria.

METODOLOGIA

Este estudo baseou-se em uma metodologias quantitativa e qualitativa. O projeto e as simulações do Conversor Dual Active Bridge (DAB) foram de essenciais para o entendimento da topologia e a validação do conversor proposto. O fluxo de potência no conversor deu-se pela análise da equação de potência apresentada a seguir.

Os moduladores que acionam as chaves semicondutoras possuem um atraso de δ•T½ segundos, em relação a outra, o que provoca uma defasagem angular entre as tensões do primário e do secundário do transformador de ϕ, sendo T o tempo de chaveamento, δ a razão de defasagem angular entre a tensão do primário e do secundário do transformador.

O sinal da potência do conversor demonstra em qual sentido está ocorrendo a transferência de energia. Assim como é mostrado na Figura 2, para $\phi=\pi/2$ tem-se a máxima transferência de potência.

Figura 2 – Curva de potência em função do ângulo de defasagem ϕ.



Fonte: (XAVIER, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conversor DAB é utilizado para interligar o barramento da fonte CC com o barramento da bateria. Ele é projetado com as seguintes considerações: uma fonte de tensão ideal no barramento CC; a saída do conversor será representada por uma carga resistiva; e o transformador é ideal e tem relação de transformação igual a Va/Vb = 7,92.

Tabela 1 - Parâmetros de projeto do conversor DAB.



Considerando-se os dados da Tabela 1, fez-se o cálculo da indutância L(470 µH), que permite a transferência de potência, o capacitor de acoplamento Ca(13,4 µF) e o capacitor de carga Cb(312,5 µF). além disso, foi calculado os esforços nos diodos, chaves semicondutoras e a resistência que representa o conjunto de baterias.

O conversor DAB foi simulado no software PSIM®, com os parâmetros calculados anteriormente. Os resultados obtidos da simulação estão descritos na Tabela 2, eles têm valores próximos dos valores calculados, como é possível notar na tabela.

Tabela 2 - Correntes média e eficaz de entrada e saída e potência do circuito.



Comparando-se as ondas de tensão no primário e tensão no secundário do transformador, pode-se observar o phase shift, com ângulo igual a 45°, conforme representado na Figura 3. Com a adição das resistências internas nos capacitores e das chaves semicondutoras a tensão de saída na carga, observada na Figura 4, tem valor médio igual a 48,48 V, resultando num erro de -1% na tensão de saída com relação ao valor calculado.

Figura 3 – curvas de tensão no transformador com *phase shift* de 45°.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4 – Tensão de saída na carga.



Fonte: Próprio autor.

Construiu-se ainda a curva de transferência calculada de potência em função da variação de ϕ, de acordo com (1) e também através de medições em ambiente de simulação, conforme observado na Figura 5. Percebe-se que os valores medidos e calculados se aproximam e que a transferência de potência máxima do conversor é atingida, no segundo quadrante quando $\phi = 90°$.

Figura 5 – transferência de potência em função do ângulo.



Fonte: Próprio autor.

CONCLUSÕES

Foram obtidos os valores esperados, com os resultados de simulação convergindo com os valores teóricos. Para a fase seguinte do projeto, planeja-se a construção do protótipo experimental, que servirá como planta de testes para os sistemas de controle e de supervisão de carga de baterias.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a UNILAB que através da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) viabilizou a execução deste projeto.

REFERÊNCIAS

BASTOS, R. F. **Sistema de Gerenciamento de Carga e descarga de Baterias (Chumbo-ácido) e para Busca de Ponto de Máxima Potência Gerada em Painéis Fotovoltaicos Empregados em Sistemas de Geração Distribuída**. Dissertação de Mestrado, USP. São Carlos. 2013.

COELHO, K. D. **Estudo de uma Fonte Ininterrupta de Corrente Contínua de Baixa Potência Gerenciada por um Microcontrolador.** Dissertação de Mestrado, UFSC. Florianópolis. 2001.

FILHO, H. M. D. O. **Conversor CC-CC Trifásico Isolado Bidirecional com Comutação Suave Utilizando Dual Phase-shift e Razão Cíclica Variável.** Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2015.

FILHO, H. M. D. O. **Conversor CC-CC trifásico isolado bidirecional com comutação suave utilizando dual phase-shift e razão cíclica variável.** Tese de doutorado, UFC, Fortaleza, 2015.

SANTOS, W. M. **Estudo e implementação do conversor TAB (Triple Active Bridge) aplicado a sistemas renováveis solares fotovoltaicos.** Dissertação de mestrado. Florianópolis, SC, 2011.

XAVIER, R. M. J. **Conversor CC/CC para central fotovoltaica com armazenamento de energia.** Dissertação de mestrado, Porto, Portugal, 2016.