

Estruturas de Conversores Aplicados na Geração Fotovoltaica com Sistemas de Armazenamento de Energia

ARTUR BARÔNIO L. K. NETO (IFPB, Campus João Pessoa), EDGARD LUIZ L. FABRICIO (IFPB, Campus João Pessoa), ÁLVARO DE M. MACIEL (IFPB, Campus João Pessoa)

E-mails: artur.kramer@academico.ifpb.edu.br, edgard.fabricio@ifpb.edu.br, alvaro.medeiros@academico.ifpb.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.00.00-7 - Engenharia Elétrica.

Palavras-Chave: Geração de energias renováveis; conversores; filtro ativo; compensação; qualidade de energia.

1 Introdução

A era do carbono, dominada pelo uso intensivo dos recursos fósseis como fonte de energia primária, foi fundamental para o avanço tecnológico da sociedade, desde meados da revolução industrial até a segunda metade do século XX. No entanto, o uso indiscriminado de recursos fósseis trouxe severos prejuízos ambientais, culminando em alterações climáticas globais. Em resposta a tais impactos ambientais, diversas nações estão se mobilizando na busca por fontes alternativas e renováveis de energia e, atualmente, na segunda década do século XXI, a humanidade está presenciando um momento de transição da era do carbono, para a era das energias renováveis (BOSE, 2010) (IEA, 2016).

Assim, visto que se torna cada vez mais atuante as estruturas de geração de energias renováveis no cenário da eletrônica de potência, este trabalho tem o intuito de verificar e mostrar o desenvolvimento de um sistema adaptável para a geração de energia fotovoltaica que utilize topologias de conversores CC/CA que operem como filtro ativo, a fim de realizar a compensação da corrente da rede, colaborando com a atenuação das harmônicas, otimizando a qualidade da energia e que utilizem a menor quantidade de componentes possível, de modo a desenvolver um sistema de baixo custo sem comprometer sua qualidade.

2 Materiais e Métodos

2.1 Metodologia

Com base na revisão de artigos acadêmicos que apresentam estudos de estruturas de conversores CC/CA que se encaixassem na proposta desse trabalho, foram selecionadas como objeto de estudo duas topologias de conversores, as PUC (*Packed U-Cell*) e MPUC (*Modified Packed U-Cell*). As estruturas são mostradas na Figura 1 (VAHEDI; LABBÉ; AL-HADDAD, 2015) (VAHEDI et al., 2017).

Com o auxílio de softwares apropriados, na simulação dessas estruturas foi utilizada uma lógica de PWM do tipo *Level Shifter*, na qual foram utilizadas 4 triangulares, comparando-as com uma única referência, a fim de realizar o chaveamento dos conversores. Ambas as estruturas foram, inicialmente, simuladas em malha aberta, isto é, sem nenhuma lógica de controle, e, posteriormente, foi simulada uma estrutura em malha fechada utilizando o PUC, empregando lógicas de controle para estabelecer os níveis de tensão no barramento e corrente da rede esperados.

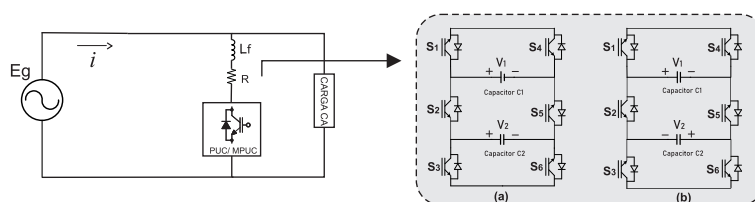


Figura 1: Estrutura dos conversores (a) PUC e (b) MPUC atuando como filtro ativo

2.2 Análises

As estruturas de conversores escolhidas e mencionadas anteriormente são bem semelhantes, de modo que ambas fornecem 5 níveis diferentes de tensão à carga conectada, se diferenciando na forma que essas tensões são chaveadas, devido as diferenças na estrutura das duas topologias, que são a polarização dos IGBTs no terceiro braço do conversor, bem como a diferença na polaridade do capacitor C2 conectado em ambas as topologias. Outra distinção entre as topologias é que no PUC a tensão no barramento é a metade da tensão de entrada, enquanto que no MPUC as tensões de entrada e do barramento são iguais.

Foram utilizadas duas lógicas de controle de tensão, em busca de controlar os níveis de tensão nos barramentos. Na primeira lógica, em vermelho na Figura 2, primeiramente foi feita a soma das tensões medidas nos capacitores do barramento, e após isso, o resultado da soma foi comparado com o valor da soma de referência, que gera um sinal que, ao passar por um controlador PI modificado, originou o sinal denominado i_{ref}^* (Corrente de Referência).

Já na segunda lógica, em azul na Figura 2, o controle das tensões foi feito separadamente, no qual comparamos as tensões de referência com as tensões medidas em cada capacitor. Daí, obtemos dois sinais chamados i_{ref1}^* e i_{ref2}^* , após passar por um controlador PI modificado. Estes, por sua vez, foram somados e deram origem ao i_{ref}^* .

Por fim, em ambas as lógicas, os sinais i_{ref}^* gerados foram aplicados à mesma lógica de controle de corrente, em preto na Figura 2, na qual foram multiplicados por uma senoide unitária, transformando-o em um sinal senoidal, foi comparado com o valor de corrente de rede medida, e assim, o sinal resultante foi aplicado a um bloco PI modificado, gerando o sinal v_{ref}^* , que aplicamos ao PWM.

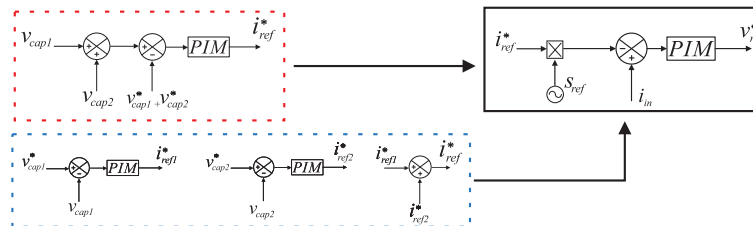


Figura 2: Lógicas de controle utilizadas.

3 Resultados e Discussão

Foram realizadas primeiramente as simulações em malha aberta das estruturas PUC e MPUC, a fim de verificar o funcionamento das estruturas funcionando como filtro ativo, compensando a corrente de entrada do sistema, eliminando as harmônicas indesejadas, ou seja, diferentes da harmônica fundamental (em 60 Hz), corrigindo, assim, o fator de potência. Na Figura 3, é exibida a comparação da corrente original com a corrente da rede compensada ao utilizar os conversores PUC e MPUC.

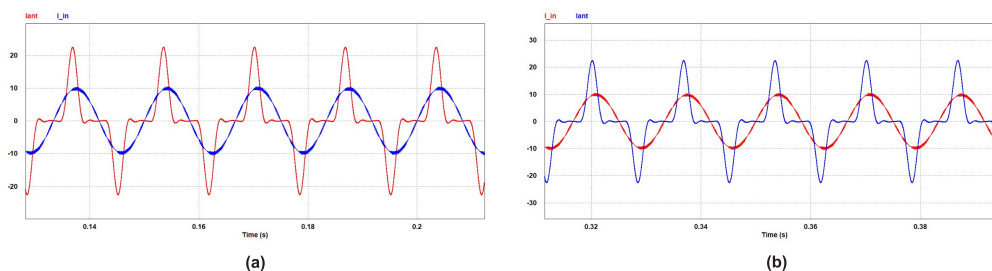


Figura 3: Corrente da rede compensada pelo (a) PUC (em azul) e (b) MPUC (em vermelho) x Corrente original.

Após a simulação das estruturas em malha aberta, foi implementada uma simulação do PUC funcionando como filtro ativo em malha fechada. Os resultados desta simulação estão mostrados nas Figuras 4 e 5.

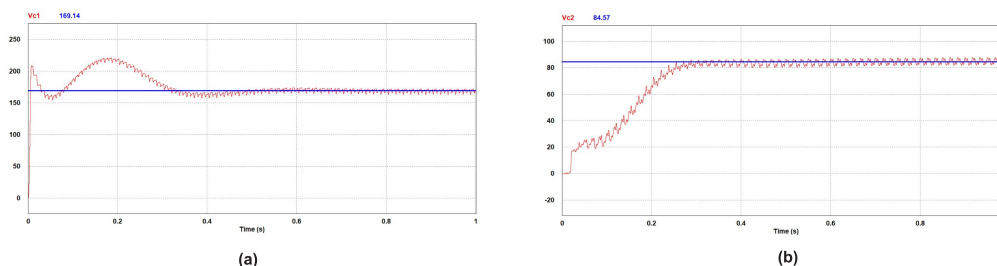


Figura 4: Tensões nos barramentos (a) C1 e (b) C2 x Tensões de referência.

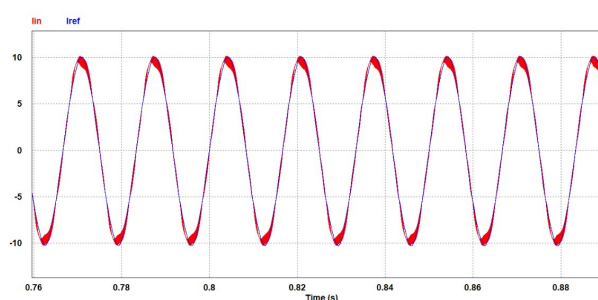


Figura 5: Corrente da rede compensada pelo PUC em malha fechada x Corrente de Referência.

4 Considerações Finais

Ao analisarmos os resultados obtidos, podemos concluir que os métodos propostos para as estruturas em malha aberta das estruturas dos conversores PUC e MPUC como filtros ativos, bem como o método empregado em malha fechada da estrutura PUC também funcionando como filtro ativo, obtiveram êxito, de forma que resultaram em uma corrente de rede compensada, com percentual de THD reduzido a um nível aceitável em relação à corrente original, otimizando o sistema de geração de energia e afirmando que os objetivos para esse estágio do projeto foram alcançados.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, que me permitiu participar deste projeto. Ao Instituto Federal da Paraíba, por toda a estrutura e base necessária para desenvolvê-lo, e ao LACA, onde sou grato pelos ensinamentos e pela oportunidade a mim concedida.

Referências

BOSE, B. K. Global warming: Energy, environmental pollution, and the impact of power electronics. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, v. 4, n. 1, p. 6 – 17, 2010.

IEA. *World Energy Investment*. [S.l.]: International Energy Agency, 2016.

VAHEDI, H.; LABBÉ, P.-A.; AL-HADDAD, K. Sensor-less five-level packed u-cell (puc5) inverter operating in stand-alone and grid-connected modes. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS*, 2015.

VAHEDI, H. et al. Reduced dc link voltage active power filter using modified puc5 converter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2017.