

## ESTUDO DE TOPOLOGIA DE CONVERSOR CC-CC ABAIXADOR DE TENSÃO A CAPACITOR CHAVEADO E ANÁLISE DE METODOLOGIA DE PROJETO<sup>1</sup>

Ana Paula Henn Waenga<sup>2</sup>, Yales Rômulo de Novaes<sup>3</sup>, Marcus Vieira Soares<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Estudo de Estruturas de Conversores Abaixadores de Tensão para Conexão em Redes de Distribuição de Corrente Contínua”

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Elétrica – CCT – Bolsista PROBIC

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – CCT – [yales.novaes@udesc.br](mailto:yales.novaes@udesc.br)

<sup>4</sup> Doutorando em Engenharia Elétrica – CCT

Os conversores modulares multiníveis DC-DC, usando a técnica do capacitor chaveado híbrido estão sendo estudados, principalmente em aplicações que envolvem sistemas de média tensão e alta tensão, como geração e distribuição de energia através de fontes renováveis, interconexão de redes existentes ou novas cargas eletrônicas e sistemas baseados em bateria.

A topologia escolhida para pesquisa se constitui no conversor modular multinível com capacitor chaveado, possui um capacitor flutuante, 4 braços com 2 submódulos por braço no qual os seus interruptores podem ser substituídos por diferentes tecnologias de semicondutores, conforme se verifica na Figura 1.

Os submódulos podem assumir diferentes configurações como o Meia Ponte e o Ponte Completa, onde cada configuração possui suas particularidades em relação a perdas e proteção contra curto-circuito.

Cada braço do conversor é composto por dois submódulos conectados e se comportam como uma chave, os braços podem ser vistos como interruptores e devem respeitar a seguinte lógica:  $A1 = \bar{A}4$  e  $A2 = \bar{A}3$  para evitar curto circuitos, durante a comutação.

Semelhante ao conversor CC de capacitor flutuante de três níveis, a estrutura proposta é composta por um capacitor flutuante  $C_{fc}$  e um filtro de saída LC ( $L_o$  e  $C_o$ ).

Com a finalidade de manter o capacitor com uma tensão média igual a metade da tensão de entrada ( $V_{in}/2$ ), o capacitor flutuante deve ser carregado e descarregado igualmente. Este funcionamento adequado permite, a geração de uma tensão com duas vezes a frequência de comutação ( $2 f_s$ ) na entrada do filtro LC, proporcionando a redução de tamanho de ( $L_o$  e  $C_o$ ).

O conversor modular multinível a capacitor chaveado é comutado em alta frequência, no qual os sinais de comando são originados da comparação do sinal triangular da portadora com duas moduladoras contínuas que foram geradas no Processador Digital de Sinais (DSP), para auxiliar as alterações feitas no conversor foi desenvolvida uma interface gráfica no aplicativo Gui Composer para a leitura e escrita das varáveis no DSP, contudo os seus testes no protótipo serão realizados futuramente. A estratégia de modulação do conversor foi implementada em uma FPGA Altera Cyclone II EP2C5T144 que gera os sinais de comando nas chaves.

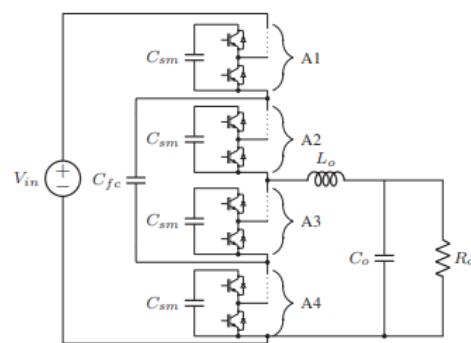
Realizaram-se as simulações paramétricas do conversor modulador multinível à capacitor chaveado no software Psim com o objetivo de medir a corrente de pico do capacitor flutuante com a finalidade de se obter ábacos e analisar as perdas no conversor.

Os ábacos servem como um instrumento de projeto dos capacitores dos submódulos, onde no eixo das ordenadas apresenta-se o valor de pico da corrente no capacitor flutuante, normalizado em relação à corrente de saída e no eixo das abscissas representa-se a variável b, que relaciona a

resistência e o capacitor dos submódulos e a frequência de chaveamento, ou seja, representa-se pela seguinte relação:  $b = R \cdot C_{sm} \cdot f_s$ .

Através do ábaco localizam-se os valores da corrente de pico normalizada aceitáveis e desta forma se obter o valor de b referente a este pico.

Os resultados de simulação nos softwares Psim e LT Spice os e testes em laboratório validaram a estratégia de comutação do inversor multinível modular a capacitor chaveado. Essa estratégia foi aplicada em um protótipo construído, o qual pode-se verificar na Figura 2 e seus resultados foram semelhantes aos esperados.



**Figura 1.** Topologia do Conversor DC-DC Modular Multinível a Capacitor Chaveado.



**Figura 2.** Protótipo do Conversor Modular Multinível a Capacitor Chaveado, implementado no nPEE

**Palavras-chave:** MMC, Conversor Modular Multinível a Capacitor Chaveado, Capacitor Chaveado Híbrido, Conversor DC-DC.