



ANÁLISE COMPARATIVA DE TOPOLOGIAS APLICADAS NA CONVERSÃO DE FREQUÊNCIA EM SISTEMAS DE MÉDIA TENSÃO¹

Cassiano Rech², Guilherme Sebastiao da Silva³. UNIJUÍ

INTRODUÇÃO: Este resumo apresenta resultados obtidos no sub-projeto de pesquisa “Avaliação de topologias multiníveis para conversão de frequência em sistemas de média tensão”, referente ao projeto de pesquisa “Análise e desenvolvimento de conversores estáticos para aplicações em média tensão”. De acordo com tratados sobre interconexão energética existentes desde a década de 80, a finalidade de viabilizar intercâmbios de energia elétrica aumentou. Os principais fatores que implicam esta comercialização de energia elétrica podem ser: o constante crescimento demográfico, conseqüentemente o aumento da demanda energética e a falta de recursos energéticos. Com o intercâmbio de energia elétrica entre países limítrofes com as frequências da rede elétrica distintas, a instalação de uma estação conversora torna-se necessária. Como exemplo, a interconexão entre Brasil e Argentina (Projeto Garabi) faz uso de uma estação conversora localizada próxima ao Rio Uruguai, a qual é controlada pela CIEN (Companhia de Interconexão Energética). No processo de conversão de frequência, inicialmente eram utilizados os conversores rotativos, ou seja, compostos por motores e geradores. Entretanto, com o desenvolvimento dos dispositivos semicondutores, é possível a implementação de conversores estáticos de frequência. Com as limitações impostas pelos semicondutores, tais como nível de tensão e corrente, comutação em alta frequência junto a altas tensões e a limitação da potência em determinados tipos de chaves, este trabalho tem o objetivo de mostrar a análise realizada de topologias para conversão de frequência, já utilizadas para superar estas limitações. **DESENVOLVIMENTO:** Um conversor de frequência geralmente é composto por três estruturas: o retificador, o filtro e o inversor. Para o estágio de entrada (retificação), foram analisadas as estruturas do retificador controlado de seis pulsos e do retificador controlado de doze pulsos. Em sistemas para intercâmbio de energia elétrica a topologia do retificador controlado doze pulsos já é utilizada. Um exemplo é a estação conversora de Garabi, a qual faz uso de uma conexão back-to-back de doze pulsos, ou seja, duas topologias doze pulsos espelhadas entre si. A utilização desta topologia traz vantagens com relação à topologia seis pulsos, tais como: (i) eliminação de harmônicos dominantes das correntes CA (principalmente os harmônicos de 5ª e 7ª ordem); (ii) eliminação do harmônico de tensão CC de 6ª ordem. Para a eliminação de outros harmônicos de baixa frequência ainda podem ser utilizados filtros passivos. Como mencionado anteriormente as topologias multipulso já vêm sendo utilizadas, porém com a evolução das estruturas dos inversores é possível a implementação de topologias que sintetizam formas de onda com um número maior de níveis de tensão e/ou corrente, chamadas de conversores multiníveis. Nos últimos anos, a demanda por sistemas de alta potência e, conseqüentemente, o uso de conversores com níveis de tensão elevados cresceu muito. Com altos níveis de tensão e/ou corrente em aplicações de alta potência, os conversores normalmente fazem o uso de dispositivos em série e/ou paralelo, a fim de superar as limitações dos semicondutores. No entanto, conversores que utilizam chaves com altas frequências não trabalham com altos níveis de tensão (acima de 1 kV),



apenas com aplicações em baixa tensão. Para contornar este problema pode-se fazer uso de conversores multiníveis. A estrutura genérica de um inversor multinível pode sintetizar uma forma de onda com vários níveis de tensão e/ou corrente. Nestas topologias multiníveis, a THD (Total Harmonic Distortion – Distorção Harmônica Total) diminui à medida que o número de níveis aumenta e consequentemente a forma de onda fica mais próxima à senoidal. Por outro lado, o número de dispositivos aumenta bem como a complexidade de todo o sistema. As estruturas multiníveis avaliadas são a topologia com células iguais em cascata (simétrica) e a topologia híbrida. Estas estruturas fazem o uso de células monofásicas em ponte completa (H-bridge), possibilitando a geração de três níveis de tensão. Com a conexão destas células em série, é possível obter formas de onda com um maior número de níveis. Em comparação a outras topologias multiníveis, a estrutura com células H-bridge em série não precisa usar diodos e/ou capacitores de grampeamento. Entretanto, as fontes do barramento CC devem ser isoladas, caso contrário, podem ocorrer curtos-circuitos nas fontes CC para determinados estados de condução. O inversor multinível híbrido é semelhante ao com células H-bridge em cascata. Uma das características que difere as duas topologias é o uso de diferentes tecnologias dos semicondutores, possibilitando o uso de células com diferentes tensões e frequências de chaveamento. Além disso, há outra topologia derivada da estrutura multinível com células iguais em cascata, a qual faz o uso de transformadores na saída de cada célula. Esta conexão dos transformadores possibilita o uso de uma única fonte CC no barramento do inversor. Estas topologias podem ser aplicadas tanto no estágio de entrada como no estágio de saída (inversão), dependendo dos critérios de projeto. RESULTADOS: Através das simulações realizadas no software MATLAB®/Simulink, a topologia de retificador com seis pulsos não atendeu a norma IEEE 519-1992 principalmente para os harmônicos de 5ª, 7ª, 11ª e 13ª ordem, os quais implicam filtros mais robustos. Já a topologia com doze pulsos apresentou a eliminação dos harmônicos dominantes de 5ª e 7ª ordem devido à conexão de transformadores na entrada, os quais implicam uma defasagem entre as formas de onda de 30°. Nos resultados do estágio de saída, foram analisadas as topologias dos inversores multiníveis, com formas de onda de saída de conteúdo harmônico reduzido, quando comparadas a estruturas com dois níveis. A estrutura híbrida fez o uso de uma célula operando em alta frequência e outra operando com maior tensão sobre as chaves, sintetizando uma forma de onda com conteúdo harmônico em altas frequências (frequência de chaveamento), possibilitando a redução do tamanho dos filtros, se utilizados. Além disso, a topologia híbrida mostrou-se mais eficiente com relação à topologia com células iguais em cascata. Nas simulações realizadas, a topologia simétrica e a topologia assimétrica sintetizaram a tensão de saída com sete níveis, porém a topologia híbrida fez o uso de apenas duas células distintas, enquanto a outra estrutura fez o uso de três células simétricas, aumentando o número de chaves e a quantidade de fontes CC isoladas. CONCLUSÕES: Com o objetivo de reduzir ainda mais o conteúdo harmônico gerado pelos retificadores de seis e de doze pulsos, é possível a utilização de retificadores com maior número de pulsos ou topologias multiníveis ao invés de topologias multipulso. Assuntos como inversores multiníveis para sistemas de média tensão têm sido cada vez mais estudados e mostram ser uma boa alternativa para tais níveis de tensão, ainda reduzindo as distorções harmônicas de tensão e de corrente e também aumentando a eficiência do sistema. Porém devido às limitações dos semicondutores não é



possível que algumas topologias de inversores multiníveis trabalhem em altas potências, no caso de IGBT's, ou em altas frequências de chaveamento, no caso de tiristores. Portanto, os inversores multiníveis híbridos são uma boa opção para este tipo de problema, pois a sua estrutura permite a combinação de duas tecnologias de semicondutores distintas, o que define um sistema flexível, com menor distorção harmônica, quando comparado às outras topologias multiníveis. Para aplicações onde a retificação está distante do estágio de inversão em sistemas de transmissão HVDC (High Voltage Direct Current), a topologia simétrica com transformadores na saída se torna mais viável quando comparada às outras estruturas, pois apenas dois condutores são necessários para a extensão do barramento CC. Apoio: CNPq

¹ Projeto de pesquisa de iniciação científica

² Professor Doutor do Departamento de Tecnologia, Orientador

³ Bolsista PIBIC/CNPq