

## Filtros Ativos de Potência Paralelos Híbridos

JESSLY SMITH GOMES LOPES (IFPB, Campus João Pessoa), EDGARD LUIZ L. FABRICIO (IFPB, Campus João Pessoa), ÁLVARO DE M. MACIEL (IFPB, Campus João Pessoa)

**E-mails:** jessly.smith@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:** qualidade de energia; estruturas híbridas; associação de conversores; filtros ativos.

### 1 Introdução

A qualidade de energia em sistemas elétricos é um assunto importantíssimo e que vem sendo discutido entre fornecedores e consumidores de energia elétrica. Distúrbios nas tensões e correntes da rede elétrica são fatores que prejudicam a qualidade da energia e, conseqüentemente, geram danos econômicos. Distúrbios como os elevados níveis de harmônicas gerados pelo uso intensivo de cargas não lineares, como retificadores, inversores de frequência, fornos elétricos a arco ou cargas que utilizam sistemas de Acionamento de Velocidade Ajustável (AVA), como no caso de motores, compressores e bombas são alguns exemplos de cargas que prejudicam a qualidade de energia (PAL; GUPTA, 2020) (ZAINURI et al., 2016).

A busca por dispositivos que ajudam a melhorar a qualidade de energia nos sistemas elétricos e/ou reduzir os esforços nas chaves é crescente, dentre esses dispositivos, temos o Restaurador Dinâmico de Tensão (RDT) e o Filtro Ativo de Potência (FAP) série ou paralelo, sendo o FAP Paralelo o dispositivo mais utilizado atualmente.

O FAP paralelo citado anteriormente, é uma alternativa para controlar esses altos níveis de harmônicas e reativos em instalações. Devido aos aspectos mencionados, tem-se estimulado o uso e as pesquisas em dispositivos que mitiguem esses distúrbios, por isso, esse trabalho propõe a pesquisa de diferentes estruturas de conversores híbridos, visando definir a melhor configuração de um conversor para utilização em sistemas elétricos.

### 2 Materiais e Métodos

#### 2.1 Metodologia

Após pesquisa e análise dos trabalhos bibliográficos referentes ao tema de estudo, foi selecionado e estudado o artigo Single-Phase AC–DC–AC Three-Level Three-Leg Converter (de Freitas, et al., 2010), onde é investigado e comparado um conversor CA-CC-CA de três níveis e três pernas para aplicações monofásicas com um conversor CA-CC-CA de dois níveis e três pernas.

Na Figura 1 temos a topologia referente aos conversores de dois níveis e três pernas e do conversor de três níveis e três pernas apresentados no artigo citado acima. Como podemos observar, se comparado as topologias mais usuais de quatro pernas, essa usa menos chaves e têm um desempenho melhor que a topologia de duas pernas. Para ambos os casos, visto que se trata de um conversor de três pernas, é importante destacar que a perna “s” é uma perna comum ou compartilhada pelos conversores retificador e inversor.

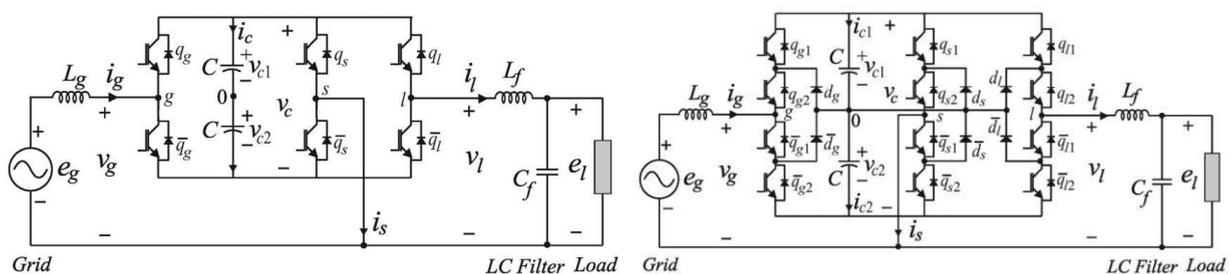


Figura 1: Conversor de dois níveis e três pernas (a) e Conversor de três níveis e três pernas (b).

Foi acerca do conversor de dois níveis e três pernas que foram feitas simulações utilizando um software apropriado.

## 2.2 Análises

O conversor simulado foi um conversor do tipo CA-CC-CA de dois níveis e três pernas, em que a primeira perna é um retificador, a terceira perna um inversor e como já apresentado, a segunda perna é uma perna comum compartilhada pelos conversores retificador e inversor. Na Figura 2 apresentada abaixo, temos a estrutura da topologia simulada no software apropriado.

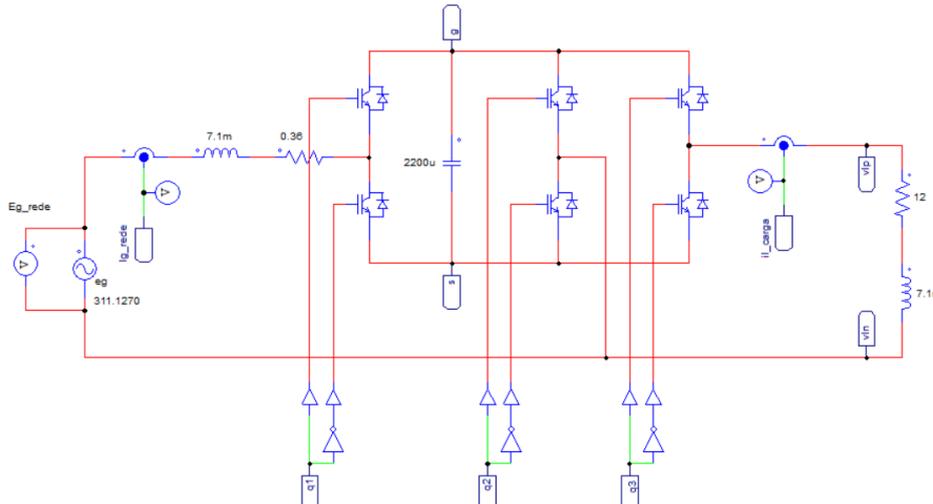


Figura 2: Topologia referente ao conversor CA-CC-CA de três níveis e três pernas.

Para o controle da tensão do barramento e da corrente da rede, temos a estrutura apresentada na Figura 3. Onde, inicialmente é comparado a tensão de referência (311,4147 V) com a tensão medida no capacitor (Vbar) que ao passar por um controlador PI, gera um sinal que é multiplicado por uma senoide de 1 V (para transformar esse sinal em um sinal senoidal), de modo que esse sinal senoidal é comparado com a corrente da rede (Ig\_rede), que por consequência gera um sinal que ao passar por um controlador ressonante irá gerar um sinal (Vg) que será utilizado no bloco de controle do PWM que será apresentado a seguir.

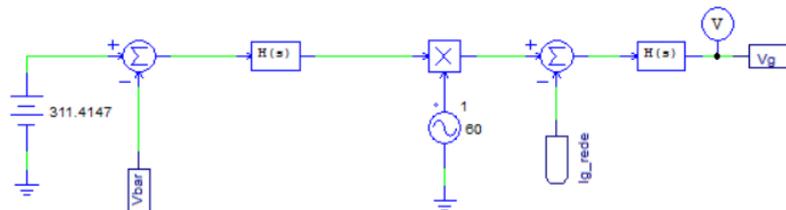


Figura 3: Lógica de controle do barramento e da corrente da rede.

Por fim, na Figura 4 temos um bloco de operação baseado em linguagem C onde foi implementado o PWM baseado em portadora. É nesse bloco que é feita a comparação da nossa triangular com a referência, de modo que na saída teremos o chaveamento dos IGBTs, aqui denominados de q1, q2 e q3.

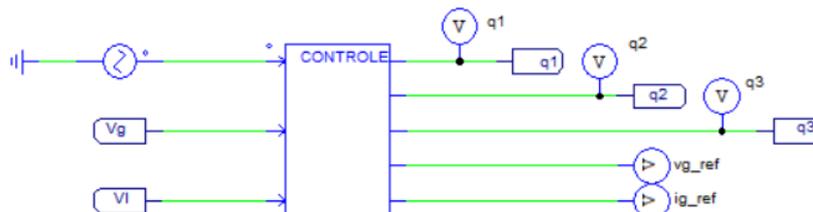


Figura 4: Lógica de controle do barramento e da corrente da rede.

### 3 Resultados e Discussão

Após a montagem da estrutura apresentada acima, os resultados foram obtidos de modo que pode ser observado o funcionamento da lógica de controle da corrente da rede nas Figuras 5 (a) e (b). Onde, é possível observar na comparação da corrente da rede com sua referência, que em regime transitório temos uma corrente indesejada com um valor de pico próximo dos 150 A e em regime permanente a corrente controlada coincide com sua referência.

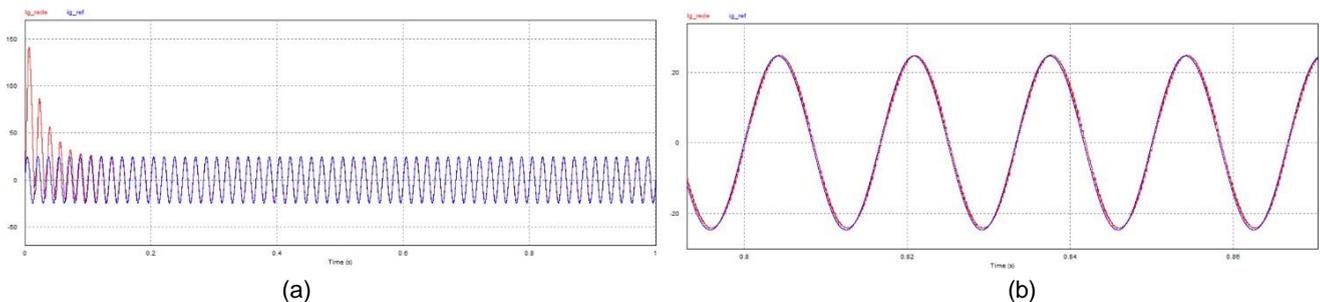


Figura 5: Corrente da rede x Corrente de referência.

Por fim, tem-se a seguir o funcionamento do controle da tensão no barramento, onde, conforme pode ser observado na Figura 6 ocorreu de forma eficiente.

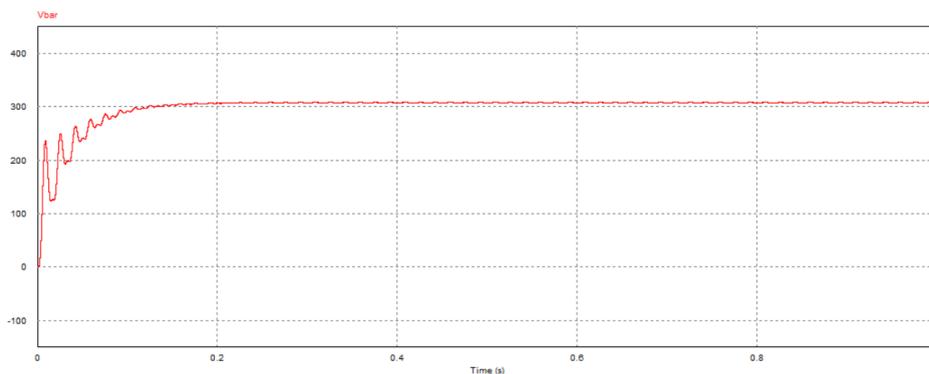


Figura 6: Tensão no Barramento.

### 4. Considerações Finais

Portanto, diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que o conversor CA-CC-CA de dois níveis e três pernas para aplicações monofásicas, utilizando a técnica de PWM baseada em portadora é possível chegar a um controle da tensão no barramento, bem como da corrente da rede, de modo que é possível operar o conversor de três pernas com uma tensão do barramento CC igual à do conversor de quatro pernas (ponte completa) em aplicações onde a rede e a carga operam na mesma frequência. Além disso, o uso de conversores de três níveis e três pernas pode resultar em menores perdas e custos comparados a outros conversores.

#### Agradecimentos

Ao Instituto Federal da Paraíba pela estrutura disponibilizada através do laboratório, aos amigos de laboratório que sempre me incentivaram e aos professores do laboratório por todas as oportunidades e ajuda.

#### Referências

- de Freitas, I. S., Jacobina, C. B., da Silva, E. R. C., & Oliveira, T. M. (2010). Single-phase AC–DC–AC three-level three-leg converter. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 57(12), 4075-4084.
- PAL, R.; GUPTA, S. Topologies and control strategies implicated in dynamic voltage restorer (dvr) for powerquality improvement. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering*, Springer, v. 44, n. 2, p. 581–603, 2020.
- ZAINURI, M. A. A. M. et al. Dc-link capacitor voltage control for single-phase shunt active power filter with stepsize error cancellation in self-charging algorithm. *IET Power Electronics*, Wiley Online Library, v. 9, n. 2, p.323–335, 2016.