Estudo e Projeto de Topologia para a Compensação de Distúrbios de Tensão

ALLAN VICTOR A. DE LIMA (IFPB, Campus João Pessoa), EDGARD LUIZ L. FABRICIO (IFPB, Campus João Pessoa), ÁLVARO DE M. MACIEL (IFPB, Campus João Pessoa)

E-mails: alves.allan@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: Restauradores Dinâmicos de Tensão,Qualidade de Energia, Distúbios de Tensão.

1 Introdução

Com mais de 150 GW de energia eólica no mundo, os Sistemas de Conversão de Energia Eólica (SCEE) tornam-se muito importantes na diversificação das matrizes energéticas para os sistemas de geração, especialmente em alguns países europeus como Dinamarca, Espanha e Alemanha, entre outros países (LEON et al., 2011).

Essa realidade demonstra como a integração das energias renováveis diante das matrizes de geração de energia vêm ganhando destaque no âmbito mundial. Contudo, um fator que ainda preocupa bastante o setor de geração e distribuição desse tipo de energia são os possíveis distúrbios que podem ser encontrados durante a transmissão e distribuição da mesma. Uma grande quantidade de estudos na atual literatura buscam utilizar e otimizar o uso dos Restauradores Dinâmicos de Tensão (RDTs) para compensar os distúrbios de tensão que as linhas de transmissão e distribuição possam enfrentar. Portanto, diante desse contexto, o uso dos RDTs vem apresentando uma grande eficácia na proteção do sistema e das cargas sensíveis conectados ao mesmo, evitando potenciais prejuízos econômicos, além de ser uma importante solução na perspectiva da qualidade da energia que é direcionada para as cargas (RAUF; KHADKIKAR, 2015).

2 Materiais e Métodos

A metodologia aplicada inicialmente foi o levantamento de várias literaturas relacionando a utilização dos restauradores dinâmicos de tensão e outras topologias que operassem juntamente com o sistema de geração e distribuição de energia, compensando possíveis perturbações na rede elétrica. Diante das comparações, foi possível elencar para cada topologia as vantagens e desvantagens principalmente às limitações de outras topologias em relação a inserção às que utilizam os restaurados dinâmicos de tensão. Posteriormente uma abordagem convencional foi emulada utilizando softwares apropriados, visando com isso observar o desempenho dos RDTs operando juntamente com uma rede elétrica trifásica. Portanto diante desse cenário, a Figura 1 destaca um sistema elétrico contendo o RDT. Nesse sentido, foram realizadas simulações de possíveis distúrbios tais como distúrbios de tensão no sistema, ou seja, divergindo a tensão gerada pelo sistema e a tensão demandada pelas cargas.

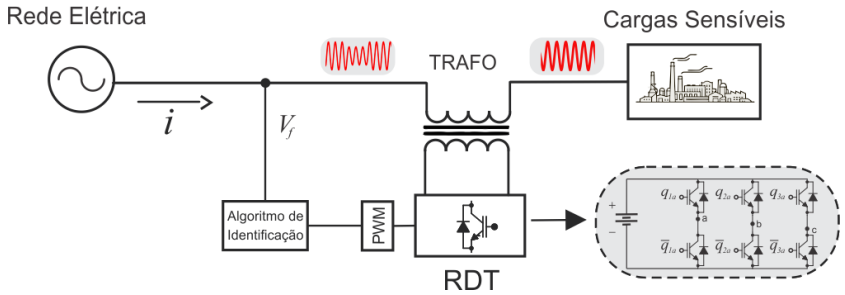

Figura 1: Diagrama Conexão do Conversor a Distribuição de Energia

2.1 Modelo do Sistema

Após a identificação da estrutura e o cenário a qual a mesma foi submetida, é essencial modelá-la. A Figura 2 apresenta o equivalente monofásico do circuito e as grandezas envolvidas na topologia em estudo, em que é válido destacar que trata-se de um sistema trifásico equilibrado e por meio dessa consideração podemos encontrar a equação (1).

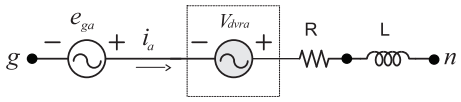

Figura 2: Circuito Equivalente Monofásico para Fase A

$$-e_{ga} - V_{dvra} + i_a \times R + L\frac{d_{ia}}{dt} = 0 \tag{1}$$

Sendo e_{ga} a tensão da rede e V_{dvra} a tensão fornecida pelo RDT. Visando simplificar e identificar qual a tensão que deve ser fornecida pelo RDT para compensar possíveis distúrbios podemos considerar a equação (2). Com isso, também é possível denotar que : $e_{ga} = V_{fonte}$ e $i_a R - \frac{d_{ia}}{dt} L = V_{carga}$. Sendo assim possível visualizar essas considerações na equação (3).

$$V_{dvra} = e_{ga} - i_a \times R - L\frac{d_{ia}}{dt} \tag{2}$$

$$V_{dvra} = V_{fonte} - V_{carga} \tag{3}$$

2.2 Esquema de Controle e PWM

O restaurador dinâmico de tensão atua de tal forma que independente de quanto seja o percentual de queda, a carga que é alimentada pela rede não visualize esse distúrbio. Durante as simulações um algoritmo para identificação dos distúrbios e para a coordenação do acionamento ou não da atuação do RDT foi desenvolvido. O algoritmo tem como foco a tensão de referência da rede e a tensão que efetivamente está atuando na mesma, por meio da equação 4 é possível identificar se ocorreu um afundamento ou uma sobretensão na tensão da rede e, com isso, direcionar as tensões de referências adequadas para o conversor para que a ele forneça a compensação necessária para o sistema.Sendo esse um conversor trifásico convencional multinível, dispositivos geralmente utilizados em aplicações de média e alta potência (RANJAN; BHASKAR; PARIDA, 2015) (CAPELLA et al., 2015).

$$V_a = V_f^* - V_f \tag{4}$$

Com V_f^* a tensão de referência da rede elétrica e V_f a tensão medida da rede. No instante em que essa diferença não apresenta um resultado nulo a identificação do distúrbio é realizada.

3 Resultados e Discussão

Os distúrbios considerados nas simulações realizadas foram para afundamentos ou elevações entre 0 a 15 % do valor fornecido pela rede, considerando cenários de afundamento e sobretensão respectivamente. Sendo válido destacar que os distúrbios considerados neste trabalho ocorrem para sistemas simétricos. A Figura 3 e a Figura 4 apresentam a compensação realizada pelo RDT e destaca como a carga não visualiza os problemas os quais a rede elétrica está enfrentando antes da compensação. A carga imposta nas simulações foi uma carga indutiva de 20 Ohms e 5 mH.

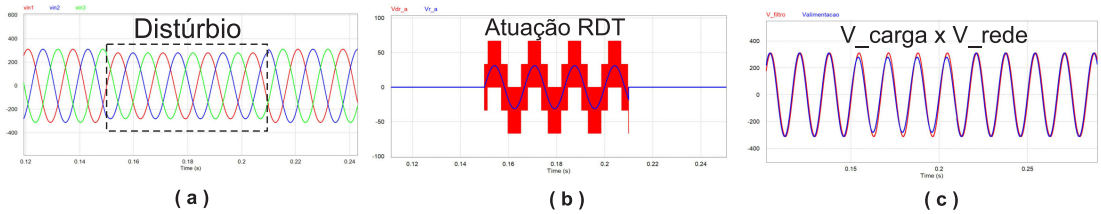

Figura 3: Queda de 10% na Rede (a), Tensão RDT (b) e Tensão na Carga x Tensão na Rede (c)

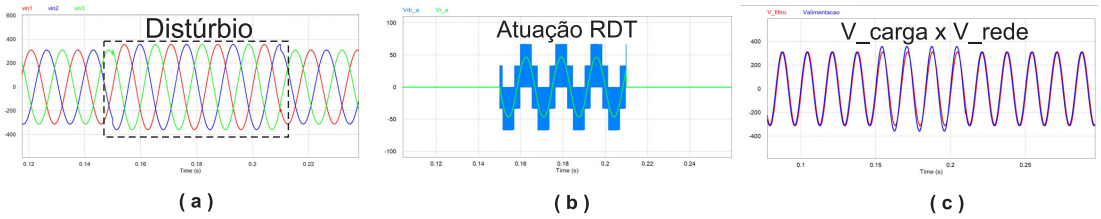

Figura 4: Sobretensão de 15 % na Rede (a), Tensão RDT (b) e Tensão na Carga x Tensão na Rede (c)

Nas Figuras 3 (c) e 4 (c) a tensão de tonalidade azul representa a tensão na perspectiva da carga, enquanto que a tensão de tonalidade laranja representa a tensão na rede com a atuação dos distúrbios analisados.

4 Considerações Finais

Diante das simulações e análises realizadas, foi possível constatar a eficiência dos conversores operando como restauradores dinâmicos de tensão, apesar de que, mesmo com a carga não sendo afetada diretamente pelos distúrbios analisados, estudos futuros devem se atentar à discussão referente à quais estruturas e estratégias de controle podem atuar com o melhor rendimento possível e com um características econômicas acessíveis, visto que a discussão sobre quais topologias podem atuar na atenuação dos distúrbios analisados nesta pesquisa vêm ganhando um grande destaque no âmbito da Eletrônica de potência. Na perspectiva de inovação tecnológica, a contribuição que este projeto pode alcançar é através de estudos futuros realizar análises mais detalhadas do comportamento dos RDTs diante de redes elétricas que estejam submetidas à grandes distorções harmônicas e por meio delas otimizar as topologias e as estratégias de controle já existentes na atual literatura.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade de colaborar com o laboratório, aos professores e aos meus companheiros de laboratório por todo o aprendizado conquistado até aqui.

Referências

CAPELLA, G. J. et al. Enhanced phase-shifted pwm carrier disposition for interleaved voltage-source inverters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, v. 30, n. 3, p. 1121–1125, 2015.

LEON, A. E. et al. Control strategy of a dvr to improve stability in wind farms using squirrel-cage induction generators. 2011.

RANJAN, A. K.; BHASKAR, D. V.; PARIDA, N. Analysis and simulation of cascaded h-bridge multi level inverter using level-shift pwm technique. In: *2015 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies [ICCPCT-2015]*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–5.

RAUF, A. M.; KHADKIKAR, V. An enhanced voltage sag compensation scheme for dynamic voltage restorer. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, v. 62, n. 5, p. 2683–2692, 2015.