

ANÁLISE DA OPERAÇÃO DO SVC EM REDE DE BAIXA TENSÃO COM COMPONENTES HARMÔNICAS UTILIZANDO TPC

FELIPE A. F. ALMEIDA¹, FLÁVIO A. S. GONÇALVES², EDUARDO V. LIBERADO³,
FERNANDO P. MARAFÃO⁴

¹ Mestre em Engenharia Elétrica, IFSP - Câmpus Boituva, felipe.almeida@ifsp.edu.br.

² Doutor em Engenharia Elétrica, UNESP Sorocaba, flavio.as.goncalves@unesp.br.

³ Doutor em Engenharia Elétrica, UNESP Rosana, verri.liberado@unesp.br.

⁴ Doutor em Engenharia Elétrica, UNESP Sorocaba, fernando.marafao@unesp.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.05.00-9 Eletrônica Industrial, Sistemas e Controles Eletrônicos

Apresentado no
4º Congresso de Pós-Graduação do IFSP
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

RESUMO: Este trabalho apresenta os resultados obtidos através da análise da operação do Compensador Estático de Reativos - SVC (do inglês Static Var Compensator) utilizando a Teoria da Potência Conservativa – TPC – em uma rede de baixa tensão com componentes harmônicas de 5ª e 7ª ordens e impedância de linha equivalente a uma rede com 350 metros. A implementação da modelagem do SVC foi realizada em um script no Matlab, no qual as tensões e correntes instantâneas foram calculadas e processadas em outro script com as definições da TPC.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade de Energia Elétrica; Condicionadores de energia; Teoria da Potência Conservativa; Compensador Estático de Reativos.

SVC OPERATION ANALYSIS IN LOW VOLTAGE GRID WITH HARMONIC COMPONENTS USING CPT

ABSTRACT: This paper presents the results obtained by analyzing the Static Var Compensator - SVC operation using the Conservative Power Theory - TPC - in a low voltage grid with 5th and 7th order harmonic components and line impedance equivalent to a 350 meter grid. The SVC modeling implementation was performed in a Matlab script, where the instantaneous voltages and currents were calculated and processed in another script with the TPC definitions.

KEYWORDS: Electric Power Quality; Power conditioners; Conservative Potency Theory; Static Reactive Compensator.

INTRODUÇÃO

O Compensador Estático de Reativos – SVC (do inglês Static Var Compensator) é uma tecnologia consolidada operando como carga reativa controlável em linhas de transmissão com o objetivo principal de controle rápido da tensão nos pontos fracos da rede (IEEE, 1994).

O objetivo deste trabalho é apresentar a operação de um SVC aplicado em uma rede de baixa tensão com conteúdo harmônico e verificar os valores dos fatores da TPC bem como os valores das potências.

A Figura 1 apresenta o circuito modelado para realizar as análises. Foi definido quando da realização da análise harmônica da operação do SVC, cujos resultados e discussões foram apresentados em (LIBERADO, 2017).

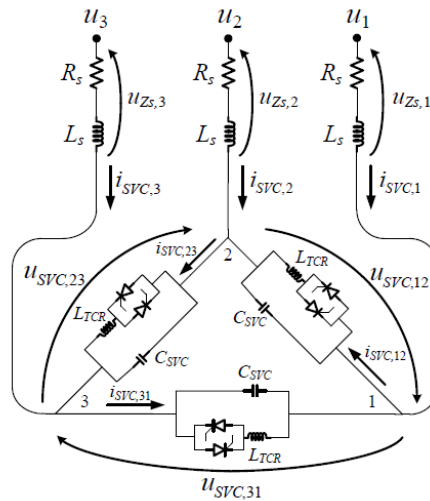


Figura 1 - Compensador Estático de Reativos.

O circuito foi implementado em script através da modelagem no domínio da frequência (impedância). Os parâmetros R_s e L_s representam a impedância dos cabos utilizados para a conexão do SVC ao Ponto de Acoplamento Comum (PAC) definido juntamente às tensões u_1 , u_2 e u_3 na Figura.

MATERIAL E MÉTODOS

Ao definir as magnitudes e fases das componentes harmônicas das tensões fase-neutro u_1 , u_2 e u_3 , calculam-se as componentes harmônicas das tensões fase-fase (magnitude e fase) e então as componentes harmônicas das correntes entre fases da associação de cada braço do SVC (desconsiderando os tiristores do RCT) com o equivalente em delta da impedância dos cabos ($3R_s + j3h\omega L_s$, $\omega = 2\pi 60$ e $h = 1, 3, 5, 7, \dots$). As equações que foram implementadas são apresentadas em (LIBERADO, 2017).

As correntes entre fases no domínio do tempo foram obtidas através do princípio da superposição, calculando separadamente as correntes drenadas pelos capacitores (associados com a impedância dos cabos) e pelos indutores do RCT (associados com a impedância dos cabos). Dessa forma, foi possível incluir o efeito da comutação dos tiristores somente sobre a corrente dos indutores L_{TCR} . Tal efeito foi implementado através da determinação de dois instantes de tempo: o instante em que o tiristor entra em condução, o qual é função do ângulo de disparo em relação à tensão fase-fase; e o instante em que a corrente se extingue, o qual é função do instante em que a corrente do indutor cruza o zero com derivada positiva ou negativa.

A Tabela 1 apresenta as configurações adotadas para os componentes do circuito a ser analisado utilizando a TPC.

Tabela 1- Configuração do SVC e da rede de baixa tensão.

Impedância do cabo: $0,34 + j0,56 \Omega/\text{km}$. O comprimento adotado foi de 350 m.	
Operação do SVC:	
Balanceada: mesmo valor de ângulo de disparo para os três braços (51 valores entre $\pi/2$ e π)	
Valores nominais do SVC: os mesmos adotados em (ALMEIDA, 2016):	
Configuração: $C_{SVC} = 91,34 \mu\text{F} \times 2$ bancos; $L_{TCR} = 77 \text{ mH}$ (10 kvar capacitivo – com dois bancos/ 5 kvar indutivo)	

Componentes harmônicas nas tensões do PAC:

- Fundamental (127V) + 5^o e 7^o componentes.
Para cada caso a amplitude das componentes harmônicas variou entre 1% e 5% (passo de 1%) em relação à amplitude da fundamental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 apresenta os gráficos dos fatores de potência, desbalanço, distorção e reatividade e os valores de potência ativa, aparente, reativa, de distorção e de desbalanço da TPC, de acordo com o ângulo de disparo dos tiristores do SVC.

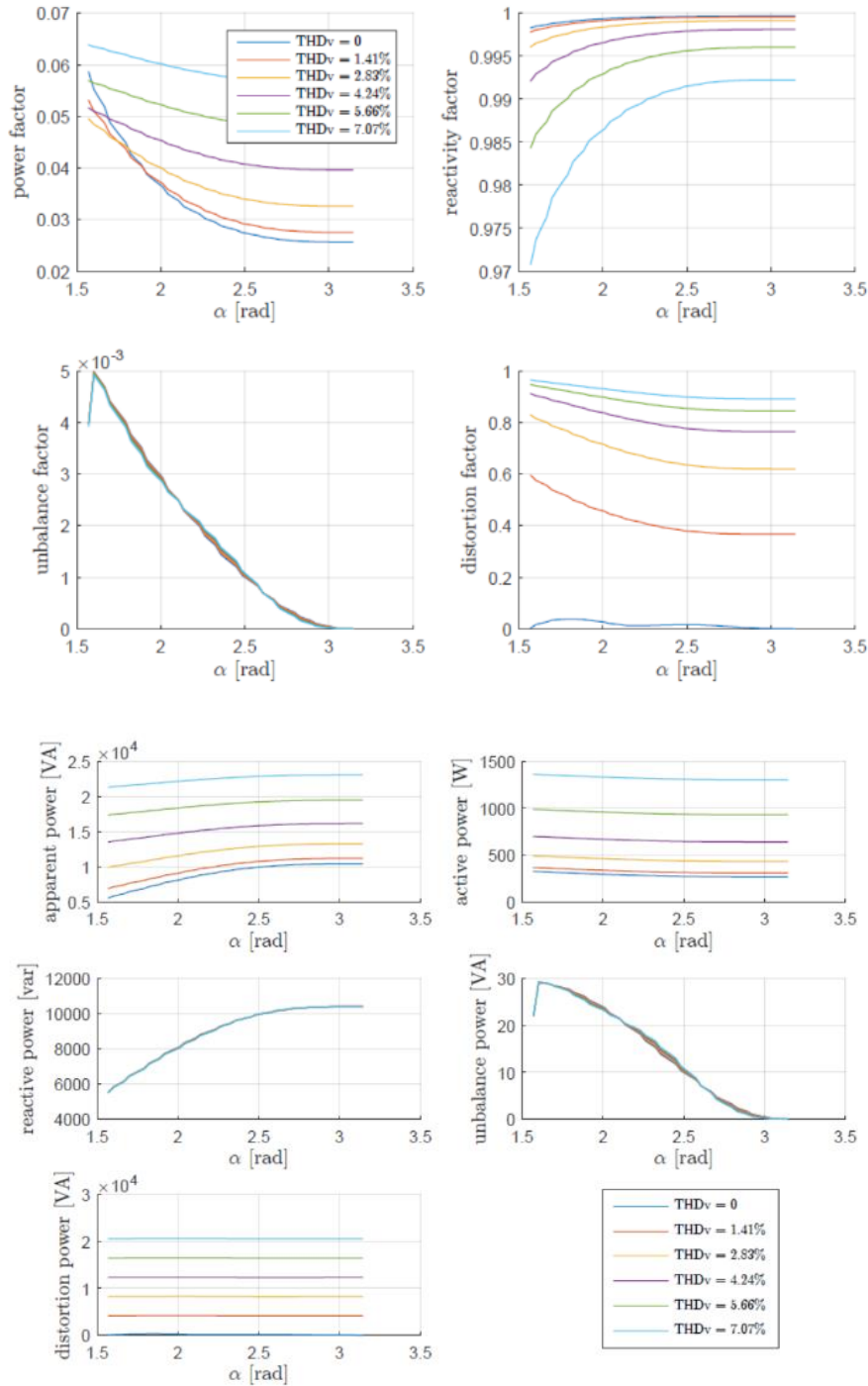


Figura 2-Fatores de conformidade e potências da TPC.

Em todos os casos com tensão harmônica, as parcelas de potência predominantes são a reativa e a de distorção (void), sendo que os valores apresentados para potência de desbalanço podem ser desconsiderados.

CONCLUSÕES

A potência reativa apresentou pouca variação quando aplicadas tensões com conteúdo harmônico, ficando próxima ao valor nominal de potência reativa capacitiva definido para cada configuração de SVC quando $\alpha = \pi$.

Já a potência aparente ultrapassou os valores nominais dos SVCs em todos os casos, pois refletiram o aumento da potência de distorção em cada caso de ângulo de disparo e tensão no PAC.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo pelo fomento através do edital de incentivo à capacitação.

Este projeto foi suportado por Processo nº 2016/08645-9, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. A. F. Compensadores Estáticos de Reativos empregados em redes de baixa tensão com geradores distribuídos de energia, Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2016.

IEEE Special Stability Controls Working Group, "Static Var Compensator Models for Power Flow and Dynamic Performance Simulation", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 9, no. 1, pp. 229-240, Feb. 1994.

LIBERADO, E. V. Design and Control of a Power Quality Interface and its Cooperation with Distributed Switching Power Interfaces (Seção 3.4). Tese (Doutorado) — Universidade de Campinas, Campinas, fev. 2017.

LIBERADO, E. V.; POMILIO, J. A.; MARAFÃO, F. P. Harmonic Analysis of Static var Compensator Operating Under Distorted Voltages. In: International Conference on Harmonics and Quality of Power, 2016, Belo Horizonte, p. 1-6.

PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O., GUISELINI, C.; PIEDADE, S.M.S. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. Engenharia Agrícola, v. 27, n. 1, p.83-92, jan./abr. 2007 . Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n1/01.pdf>>. Acesso em: 24 set 2007.

MARCELO, A. B.; TIROLI, M. N.; GONÇALVES, F. A. S. Simulação em VHDL de Conversor CC-CC Boost em Arquitetura Celular Paralela. 4o Congresso de Pós-Graduação do IFSP - ConPoG 2019