

Transformada Wavelet Aplicada ao Tratamento de Sinais de Descargas Parciais

Oeslle A. S. Lucena, Euler C. T. Macêdo, Waslon T. A. Lopes e Edson G. Costa

Resumo—As descargas parciais (DP) levam a degradação do isolamento de equipamentos de alta tensão. Logo, a identificação dos padrões de ocorrência destes sinais se torna útil na avaliação da vida útil dos equipamentos. A Transformada Wavelet é uma poderosa técnica que pode ser usada na rejeição/atenuação dos ruídos presentes nos sinais de DP. Este artigo apresenta resultados da aplicação da Transformada Wavelet para rejeição/atenuação de ruídos (*de-noising*) em sinais de descargas parciais.

Palavras-Chave—Descargas parciais, Transformada Wavelet, *De-noising*.

Keywords—Partial discharges, Wavelet Transform, *De-noising*.

I. INTRODUÇÃO

A medição e análise de sinais de descargas parciais (DP) há muitos anos vêm sendo utilizadas tanto em campo como em laboratório na avaliação do nível de degradação do isolamento de equipamentos de alta tensão [1].

Geralmente, a maior dificuldade em realizar corretamente a medição e interpretação de DP é a presença de ruídos eletromagnéticos existentes no ambiente da medição. Assim é necessária a utilização de técnicas de processamento de sinais, as quais permitem uma discriminação eficiente dos sinais de DP e conseqüentemente a avaliação correta dos defeitos do isolamento [2].

Existem diversas técnicas de tratamento de sinais que podem ser utilizadas para a supressão de ruídos. Dentre as principais pode-se citar a Transformada Wavelet [3]–[5].

Este trabalho apresenta resultados da utilização da Transformada Wavelet em aplicações de atenuação/supressão de ruídos em sinais de descargas parciais. O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: na Seção II apresenta-se uma breve descrição sobre descargas parciais, na Seção III, é descrita de forma sucinta algumas características da Transformada Wavelet, em especial, sobre sua utilização aplicada para a atenuação/supressão de ruídos (*de-noising*). A Seção IV apresenta os resultados preliminares obtidos para um sinal de descarga parcial. Por fim, a Seção V é voltada as conclusões e propostas de trabalhos futuros.

II. DESCARGAS PARCIAIS

Imperfeições e/ou descontinuidades no material dielétrico de isoladores são as causas do aparecimento de descargas

Oeslle Alexandre Soares de Lucena, Euler Cássio Tavares de Macêdo, Waslon Terlizzie Araújo Lopes, Edson Guedes da Costa, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande-PB, Brasil, E-mails: oeslle.lucena@ee.ufcg.edu.br, euler@cear.ufpb.br, waslon,edson@dee.ufcg.edu.br. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq e Atecel.

parciais conforme apresentado na Figura 1 [9]. As DP são sucessões de descargas elétricas que ocorrem nas imperfeições e/ou descontinuidades e não chegam a completar um caminho fechado no interior de um meio isolante. Estas descargas podem levar o sistema de isolamento de um equipamento a uma deterioração física e química [3].

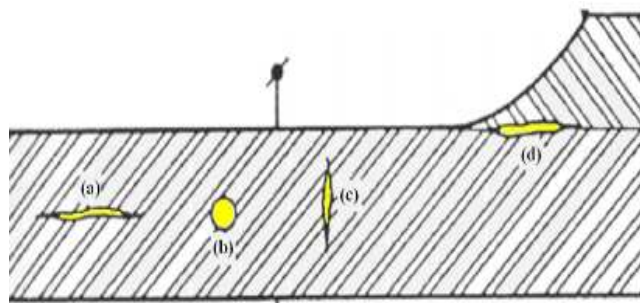


Fig. 1. Espaços gasosos típicos em imperfeições/descontinuidades de dielétricos [9].

De acordo com a norma IEC 60270, as DP podem ser definidas como descargas elétricas que parcialmente curto-circuitam o isolamento entre os condutores podendo ou não ocorrer nas imediações dos condutores [6].

As descargas são classificadas em: descargas internas, descargas de superfície e descargas tipo corona. As DP internas ocorrem em cavidades de um material dielétrico, as de superfície ocorrem na superfície e as do tipo corona são produzidas pela ionização de um fluido nas redondezas de um condutor [7].

III. TRANSFORMADA WAVELET

A Transformada Wavelet é uma operação linear que decompõe uma função em um conjunto de funções especiais chamadas Wavelet. Estas funções são resultantes da ação simultânea de duas operações; escalonamento e translação de uma única função denominada Wavelet mãe [9], dada por

$$W_{\psi}(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} \psi \left(\frac{t-b}{a} \right) dt \quad (1)$$

sendo a o parâmetro de escala, b o parâmetro de translação e t o tempo.

A ideia básica das técnicas de *de-noising* é aplicar conjuntamente a Transformada Wavelet com a escolha adequada de um limiar (*threshold*), com o objetivo de reduzir a intensidade dos ruídos nos sinais contaminados.

Os métodos de limiarização podem ser divididas em duas classes: bruscos (*hard-threshold*) e suaves (*soft-threshold*). O

hard-threshold consiste em zerar todos os coeficientes que estejam abaixo de um determinado limiar. Por sua vez, o *soft-threshold* consiste em multiplicar todos os coeficientes por um fator de redução. Neste trabalho, utilizou-se a técnica do *hard-threshold* [5].

IV. RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados preliminares da aplicação da técnica de *de-noising* no tratamento de sinais de DP. Por se tratar de estudos iniciais, utilizou-se apenas a Transformada Wavelet de Haar por ser a Wavelet mais simples e para implementação do Algoritmo Piramidal [4] simulou-se em Linguagem C.

Inicialmente, foi simulado um sinal de DP considerando um circuito RLC com um pulso tipo degrau na entrada [5], obtendo uma tensão de saída da impedância de medição como um pulso oscilatório decrescente dado por

$$v(t) = A \operatorname{sen}(2\pi f_c) \left(e^{-\frac{t}{t_1}} - e^{-\frac{t}{t_2}} \right) u(t), \quad (2)$$

sendo A o valor de pico do pulso, t_1 e t_2 as constantes de tempo que determinam os parâmetros típicos de um pulso de DP ($t_1 = 0,032$ s e $t_2 = 0,024$ s), f_c a frequência oscilatória do pulso decrescente [5] e $u(t)$ o degrau unitário.

O sinal ruído foi obtido por meio da adição de um sinal gaussiano ao sinal de Equação 2. Neste contexto, o processo de *de-noising* baseou-se no limiar [8]

$$\lambda_j = \frac{m_j}{0,6745} \sqrt{2 \log n_j}, \quad (3)$$

sendo m_j o valor do ruído estimado e n_j o número de coeficientes do nível j , 0,6745 [8].

A análise de desempenho do processo de *de-noising* foi feita considerando-se dois parâmetros: a relação sinal-ruído (SNR – *signal-to-noise ratio*) e correlação para cada nível da transformada, como pode ser visto na Tabela I. Observa-se então que o melhor desempenho é obtido para o quinto nível da transformada.

TABELA I

RELAÇÃO SINAL-RUÍDO E CORRELAÇÃO ENTRE O SINAL ORIGINAL E O SINAL APÓS DENOSING CONSIDERANDO VÁRIOS NÍVEIS DE TRANSFORMADA.

Nível	1	2	3	4	5
SNR (dB)	-3,622	-3,375	-1,787	0,537	4,852
Correlação	0,289	0,181	0,364	0,565	0,829
Nível	6	7	8	9	10
SNR (dB)	-7,718	0,660	0,205	0,044	0,088
Correlação	0,006	0,359	0,170	-0,005	0,000

A Figura 2 apresenta três sinais de DP em que o primeiro sinal é o sinal de descarga parcial original, conforme a Equação 2. O segundo sinal é resultante da adição do ruído gaussiano ao primeiro sinal gerando uma SNR = -3,137 dB. Por fim, o terceiro gráfico apresenta o sinal recuperado após o processo de *de-noising* no nível 5 da transformada Wavelet. Assim, pode-se identificar facilmente a ocorrência de DP. É importante mencionar que a *de-noising* também implicou em um aumento de 7,99 dB (4,852 -(-3,137)) na SNR do sinal de DP.

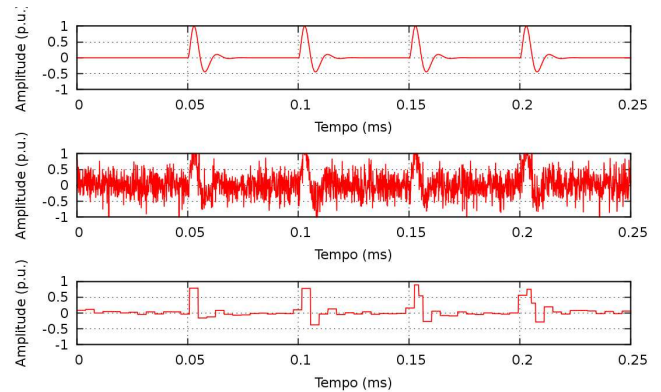


Fig. 2. Sinais de DP: simulado, ruidoso e pós-transformada, respectivamente.

V. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os resultados da aplicação da técnica de *de-noising* no tratamento de sinais de descargas parciais. Utilizando a Wavelet de Haar alcançou-se bons resultados em termos da melhoria de SNR em relação ao sinal ruidoso e o sinal pós-transformada alcançando ganhos na ordem de 8 dB. Além disso, a inspeção visual do gráfico do sinal pós-transformada é suficiente para identificação do sinal de descargas parciais.

Como trabalhos futuros, os autores pretendem utilizar outras famílias de transformadas Wavelet (ex: Daubechies, Coifflet) de modo a se obter o sinal de descargas parciais com melhor SNR e verificar qual família Wavelet exibe melhores resultados quanto aos parâmetros avaliados. Além disso, pretende-se analisar a aplicação método em sinais reais medidos em subestações de energia elétrica da CHESF.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Laboratório de Alta Tensão (LAT) da UFCG por financiar este trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] D. A. Nattrass, *Partial Discharge Measurement and Interpretation*. IEEE Electrical, 1988.
- [2] I. Shim e J. Soraghan, *Digital Signal Processing Applied to The Detection of Partial Discharge: An overview*, IEEE Electrical Insulation Mag., pp. 6-12, 2000.
- [3] J. M. Faier, *Curvas Principais Aplicadas na Identificação de Descargas Parciais em Equipamentos de Potência*, 2006.
- [4] C. Blatter, *Wavelet: A Primer Universities*, Press Private Ltd, India, 2003.
- [5] E. C. T. Macêdo, *Relatório Técnico, UFCG, Eliminação de Ruído de Sinais de Descargas Parciais Utilizando Transformada Wavelet Discreta*, 2011.
- [6] IEC 6070 *High-Voltage Test Techniques - partial discharge measurement*, Rel. Téc., Geneve, Switzerland, 2000.
- [7] T. Tanaka e A. Greenwood, *Advanced Power Cable Technology*, vol. II, CRC Press, Inc, 1938.
- [8] X. Ma, C. Zhou e I. Kemp, *Automated Wavelet Selection and Thresholding for PD detection*, IEEE Electrical Insulation Mag., 18(2):37-44, 2002.
- [9] M. E. C. Paulino, *Estado da Arte da Medição com Múltiplos Canais Sincronizados para Avaliação de Descargas Parciais*. Proc. 2010 IEEE Power Eng. Soc. Transmission and Distribution Conf., São Paulo, SP, Brasil, 2010.