ANÁLISE DE SINAIS COM DISTÚRBIOS NA QUALIDADE DE ENERGIA

Maísa Lauriane Ferreira dos Santos (IFPB, Campus João Pessoa), Suzete Élida Nóbrega Correia (IFPB, Campus João Pessoa), Álvaro Medeiros Maciel (IFPB, Campus João Pessoa), Edgard Luiz Lopes Fabrício (IFPB, Campus João Pessoa), Cleumar Silva Moreira (IFPB, Campus João Pessoa).

E-mails: maisalfsantos@gmail.com, suzete.correia@gmail.com, alvaro.maciel@ifpb.edu.br, edgardluiz@gmail.com, cleumar.moreira@ifpb.edu.br.

Área de conhecimento:(Tabela CNPq): 3.04.00.00-7 Engenharia Elétrica.

Palavras-Chave: Decomposição de modo variacional (VMD); Qualidade de energia elétrica; Sinais de tensão elétrica.

1 Introdução

Os distúrbios na Qualidade da Energia Elétrica (QEE) impactam negativamente nos sistemas de energia e são ocasionados pelo crescente uso de cargas não lineares, como uso de equipamentos eletrônicos, presentes em tecnologias emergentes como os carregadores de veículos elétricos e inversores de frequência contidos na geração distribuída. Essas perturbações ocasionam desvios nas formas de onda de corrente e tensão, proporcionando o surgimento de falhas, bem como danos diretos e indiretos aos equipamentos (FUCHS; MASOUM, 2015; DIAS, 2019).

A classificação adequada dos distúrbios elétricos é essencial para traçar estratégias eficazes de ação de mitigação para melhorar a qualidade dos sistemas de energia. Vários estudos empregam métodos de processamento de sinais, como a utilização da transformada de Fourier (FT) (HEYDT et al., 1999), a transformada de Fourier de curto prazo (STFT) (JAMALI; FARSA; GHAFFARZADEH, 2018), a transformada wavelet (WT) (HONG; LIU; WU, 2021), transformada de Hilbert e Huang (HHT) e a decomposição de modo Empírico (EMD) (HASAN; MUTTAQI; SUTANTO, 2020). Dentre essas, a decomposição de modo empírico (EMD) se destaca por apresentar um bom desempenho e boa adaptação aos diversos tipos de dados, entretanto, sofre com os problemas de cálculo recursivo é sensível a ruído e mistura de modo (ACHLERKAR; SAMANTARAY; MANIKANDAN, 2018). Dragomiretskiy e Zosso propuseram uma técnica robusta de decomposição, denominada decomposição em modo variacional (VMD), para superar as desvantagens do EMD como robustez em relação ao ruído, maior capacidade de distinção dos componentes harmônicos dos sinais (KONSTANTIN; DOMINIQUE, 2014).

O presente trabalho refere-se a uma pesquisa em andamento, e tem como objetivo a classificação de eventos de QEE empregando VMD. A metodologia proposta baseia-se em: simular e decompor sinais com distúrbios em QEE, realizar a decomposição de modo variacional (VMD) para decompor os sinais em várias funções de modo de intrínseco (IMFs). Posteriormente, para cada IMF métricas serão extraídas e avaliadas com o objetivo de criar vetores de atributos que serão utilizados em classificadores, como máquina de vetor de suporte multiclasse (*Suport Vector Machine* - SVM) e árvore de decisão (*Decision Tree* - DT).

2 Materiais e Métodos

Oito classes de sinai de perturbação de tensão foram consideradas, sendo estes: afundamento de tensão, elevação de tensão, interrupção, transiente impulsivo, transiente oscilatório, harmônico, flicker, notching. As equações paramétricas foram sintetizados no MATLAB, e estão dispostas de acordo com o modelo público disponibilizado (IGUAL et al., 2018).

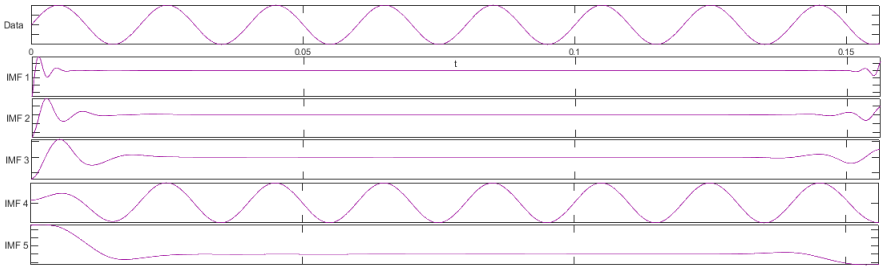
As amplitudes dos sinais sintéticos foram normalizadas para 1 p.u. A frequência fundamental foi definida em 50 Hz e a frequência de amostragem do sinal sintético em 16 kHz. Existem 2500 amostras em cada sinal

sintético e foram gerados 900 sinais no total, destes, 100 sinais para cada distúrbio e 100 contendo o sinal ideal da rede elétrica sem perturbações. Os sinais gerados passam por uma etapa de pré processamento, que consiste na decomposição VMD do sinal em 5 funções de modo intrínseco IMFs com objetivo de identificar quais IMFs apresentam indícios da existência de perturbações.

3 Resultados e Discussão

Nesta sessão são apresentados os resultados preliminares dos principais distúrbios. Para tornar possível a análise e diferenciação entre os diversos distúrbios, inicialmente será analisado um sinal senoidal característico do regime permanente do sistema. A Figura 1 ilustra o sinal de tensão em regime sob condições ideais e suas cinco IMFs.

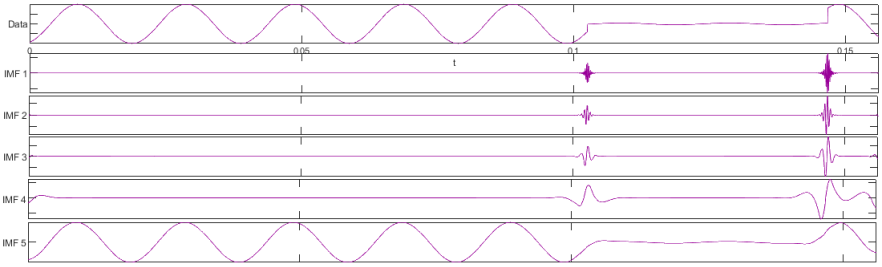
Figura 1: Decomposição sinal tensão puro.



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 2 apresenta as cinco IMF de decomposição em VMD do sinal com interrupção de tensão. É possível observar a presença de picos nos instantes de início e fim do distúrbio nas IMFs 1, 2 e 3. Estes picos, que não aparecem na decomposição do sinal senoidal puro, indicam a presença de um evento de QEE. Na IMF 4 é possível notar a alteração na amplitude do sinal.

Figura 2: Decomposição sinal interrupção de tensão.



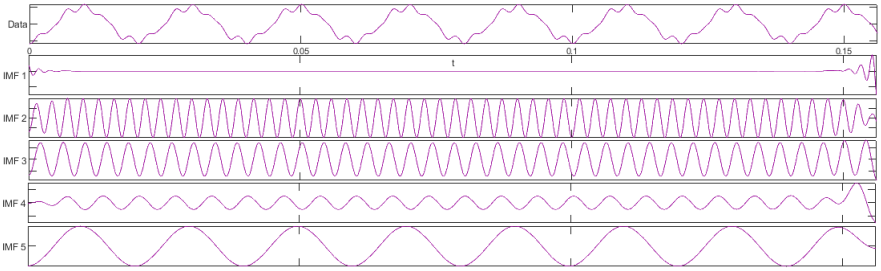
Fonte: Elaborado pela autora.

O distúrbio de harmônico apresenta sua decomposição VMD ilustrada na Figura 3, é possível perceber o efeito desta perturbação se espalha ao longo de todo sinal. As IMF 2, 3 e 4 apresentam os sinais pertencentes a outras frequências que estão associados ao sinal original. A IMF 1 não apresenta sinal com relevante contribuição. A IMF 5 apresenta o sinal de tensão original restaurado.

4 Considerações Finais

Até o presente momento, os resultados preliminares da pesquisa apontam que a técnica de decomposição VMD é uma boa ferramenta para identificação de distúrbios na QEE. As primeiras IMFs indicam o início e

Figura 3: Decomposição sinal com harmônicos na tensão.



Fonte: Elaborado pela autora.

fim das possíveis perturbações existentes no sinal, as IMF 4 e 5 apresentam sinais passíveis de extração de características para uma eficaz distinção entre os eventos.

Neste contexto, ressalta-se um caminho promissor para o desenvolvimento de um algoritmo de classificação. Os próximos passos da pesquisa são: Avaliar o comportamento das IMF tanto no tempo quanto na frequência por meio da transformada de Hilbert e Huang, a partir delas extrair características e avaliar o desempenho destas métricas para classificação.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) pela disponibilização da infraestrutura e o apoio técnico e financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

ACHLERKAR, P. D.; SAMANTARAY, S. R.; MANIKANDAN, M. S. Variational mode decomposition and decision tree based detection and classification of power quality disturbances in grid-connected distributed generation system. *IEEE Transactions on Smart Grid*, v. 9, n. 4, p. 3122–3132, 2018.

DIAS, d. M. M. J. A. A. Eletricidade básica para cursos técnicos. editora IFPB, 2019.

FUCHS, E. F.; MASOUM, M. A. Power quality in power systems and electrical machines. Elsevier, 2015.

HASAN, S.; MUTTAQI, K. M.; SUTANTO, D. Detection and characterization of time-variant nonstationary voltage sag waveforms using segmented hilbert–huang transform. *IEEE Transactions on Industry Applications*, IEEE, v. 56, n. 4, p. 4563–4574, 2020.

HEYDT, G. et al. Applications of the windowed fft to electric power quality assessment. *IEEE Transactions on Power Delivery*, IEEE, v. 14, n. 4, p. 1411–1416, 1999.

HONG, W.; LIU, Z.; WU, X. Power quality disturbance recognition based on wavelet transform and convolutional neural network. In: IEEE. *2021 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA)*. [S.l.], 2021. p. 193–197.

IGUAL, R. et al. Integral mathematical model of power quality disturbances. In: *2018 18th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–6.

JAMALI, S.; FARSA, A. R.; GHAFFARZADEH, N. Identification of optimal features for fast and accurate classification of power quality disturbances. *Measurement*, Elsevier, v. 116, p. 565–574, 2018.

KONSTANTIN, D.; DOMINIQUE, Z. Variational mode decomposition. *IEEE Transactions on signal Processing*, v. 62, n. 3, p. 531–544, 2014.