SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA

GCQ-14
19 a 24 Outubro de 2003
Uberlândia - Minas Gerais

GRUPO XIII
GRUPO DE ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DE ENERGIA - GCQ

DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FALTAS UTILIZANDO A TRANSFORMADA DE WAVELETS

Luciana R. Soares* [1] **Hélio M. de Oliveira [1]** **Manoel A. de Carvalho Júnior [2]**
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
[1] Depto. de Eletrônica e Sistemas, [2] Depto. de Engenharia Elétrica e Sistemas de Potência

RESUMO

Este artigo apresenta resultados preliminares da aplicação da transformada de wavelets à detecção e classificação de faltas em uma linha de transmissão em 500kV. Considera-se a aquisição dos sinais de fase das tensões em apenas um dos terminais da linha de transmissão com taxa de amostragem de 128 amostras/ciclo. Uma nova metodologia é apresentada considerando a decomposição dos sinais das tensões de falta em apenas uma escala do processo de codificação por sub-bandas, utilizando "Daubechies 4" como wavelet-mãe, utilizando o conteúdo de energia dos coeficientes wavelet de primeira escala.

PALAVRAS-CHAVE

Detecção de Faltas. Classificação de Faltas. Qualidade da Energia Elétrica. Transformada de Wavelets. Componentes Modais.

1.0 - INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade da energia elétrica constitui-se em uma constante preocupação das empresas de energia elétrica, uma vez que sua degradação acarreta em prejuízos técnicos e financeiros significativos, principalmente quando envolvem consumidores industriais e empresas detentoras de processos produtivos automatizados. Estes processos, geralmente, são constituídos por dispositivos eletro-eletrônicos sensíveis, e portanto, vulneráveis a ocorrência de transitórios eletromagnéticos.

Dos fenômenos eletromagnéticos que podem afetar mais drasticamente os processos industriais destacam-se as variações de tensão de curta duração, causadas, principalmente, por faltas no sistema de fornecimento de energia elétrica [1]. Apesar da classificação das variações de tensão de curta duração poder ser realizada baseando-se apenas na magnitude da tensão no terminal de monitoramento e na duração do evento, nem todos os fenômenos eletromagnéticos podem ser claramente identificados exclusivamente através destas características [2]. Em muitos casos, o registro das formas de onda das tensões e correntes por um instrumento de monitoração é a melhor forma de assegurar que a análise da perturbação pode ser realizada de forma correta e que o sinal analisado corresponde realmente ao evento monitorado [3].

A transformada de wavelets tem se mostrado uma ferramenta matemática bastante eficiente na análise de sinais em sistemas de potência [4]. Uma de suas maiores vantagens é permitir a análise local das características dos sinais em análise através de sua representação simultânea em dois domínios: tempo e freqüência [5, 6]. Com isto, os sinais de falta podem ser decompostos em faixas de freqüências distintas, através das quais é possível analisar o comportamento de suas componentes na faixa de freqüência desejada. Alguns exemplos de uso desta técnica estão apresentados em [7-10], onde se considera o desenvolvimento de métodos para a classificação e localização de faltas em linhas de transmissão.

Este trabalho propõe uma nova metodologia, ainda em fase de investigação, para a detecção e classificação de faltas em linhas de transmissão, com base na transformada de wavelets. Esta análise é realizada através de simulações de faltas em uma linha de transmissão em 500kV, pertencente à interligação

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n. UFPE/CTG/DES - Sala 403. CEP: 50.740-530, Recife/PE, BRASIL
Tel.: (0xx81) 3271-8211 (Ramal 251) – E-MAIL: lusoares@ufpe.br

Norte/Nordeste, através do uso do ATP (*Alternative Transient Program*).

2.0 - A TRANSFORMADA DE WAVELETS

2.1 Definição

A transformada de wavelets discreta $\{d_{m,n}\}$ de um sinal $\{f(k)\}$ de tempo discreto é definida por:

$$d_{m,n} = a_0^{-m/2} \cdot \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(k) \cdot \psi\left(a_0^{-m} \cdot k - n \cdot b_0\right),$$

em que k, m, n, a_0 e $b_0 \in Z$, $a_0 > 1$ e $b_0 \neq 0$.

Para escolhas especiais do sinal $\psi(t)$, a wavelet-mãe, e dos parâmetros a_0 e b_0, as wavelets filhas $\psi\left(a_0^{-m} \cdot k - n \cdot b_0\right)$ irão constituir uma base ortonormal no l^2. Considerando $a_0 = 2$ e $b_0 = 1$ obtém-se a mais utilizada das construções, sendo chamada de transformada de wavelets diádica [5].

Uma implementação computacional bastante eficiente desta transformada pode ser obtida através de algoritmos baseados na codificação por sub-bandas [6].

2.2 O Processo de Codificação por Sub-Bandas

O processo de codificação por sub-bandas é uma técnica de processamento de sinais que tem como objetivo dividir o espectro de um sinal em sub-bandas, através do uso de um banco de filtros. Estas sub-bandas são independentes quando são utilizados filtros espelhados em quadratura (QMF – *Quadrature Mirror Filters*), como é o caso da Representação Wavelet Multirresolução (RWM) [6].

Na RWM, a teoria de wavelets e a teoria da representação multirresolução de sinais se combinam, permitindo que qualquer sinal $f(k) \in l^2$ possa ser decomposto em suas versões aproximada e detalhada, através do uso de filtros escala e wavelet, que constituem-se, respectivamente, em filtros passa-baixa e passa-faixa.

A Figura 1 ilustra o processo de representação do algoritmo de codificação por sub-bandas baseada na RWM, considerando três escalas de decomposição. Nesta figura, estão apresentadas as versões aproximadas, $c_1(n)$, $c_2(m)$ e $c_3(q)$, e detalhadas, $d_1(n)$, $d_2(m)$ e $d_3(q)$, do sinal $c_0(k)$ nas escalas correspondentes, onde $h(n)$ e $g(n)$ são, respectivamente, os coeficientes dos filtros escala e wavelet.

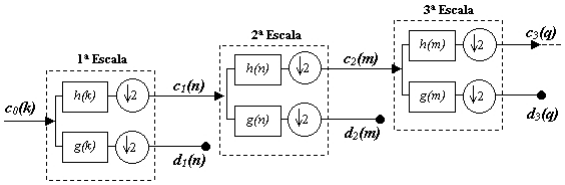

FIGURA 1: DECOMPOSIÇÃO DO SINAL $c_0(k)$ EM TRÊS ESCALAS. $c_j(.)$ e $d_j(.)$ REPRESENTAM AS VERSÕES APROXIMADA E DETALHADA DE $c_0(k)$, RESPECTIVAMENTE, NA ESCALA j.

Portanto, o processo de representação do algoritmo baseia-se em operações de convolução e dizimação em cada escala, cujo objetivo é decompor a versão aproximada do sinal, à escala j, em suas versões aproximada e detalhada, à escala $j+1$. Devido à operação de dizimação, os sinais à escala $j+1$ têm seu comprimento e largura de faixa de freqüências reduzidos à metade, em relação aos sinais à escala j.

3.0 - O PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO DE FALTAS

3.1 Introdução

A análise de uma falta em sistemas de potência engloba, basicamente, sua detecção, a classificação do tipo de falta e sua localização em relação ao terminal de monitoramento.

Porém, a implementação de algoritmos para classificar e/ou localizar faltas em linhas de transmissão depende da configuração do sistema de monitoramento dos sinais de tensão e/ou corrente na linha de transmissão. Quando se considera a configuração de um sistema de monitoramento da qualidade da energia elétrica, a escolha por algoritmos baseados em técnicas *single-ended* deve prevalecer, pois, em geral, a aquisição dos sinais de tensão e/ou corrente ocorre em apenas um dos terminais da linha de transmissão.

3.2 Métodos Baseados na Teoria de Wavelets

Três métodos descritos na literatura consideram o emprego da teoria de wavelets na classificação de faltas, a partir de dados provenientes de apenas um dos terminais da linha de transmissão [7-9]. Nestes métodos considera-se o emprego do algoritmo de codificação por sub-bandas, sendo utilizada como wavelet-mãe "Daubechies 4", nos dois primeiros, e "Symmlet 2", no último.

Em [7], a classificação das faltas é realizada unicamente através da verificação do envolvimento da terra na falta, sendo utilizadas para este fim as componentes modais das tensões de fase. Através da análise dos coeficientes wavelet de segunda escala da componente de tensão de modo 0 identifica-se o envolvimento da terra na falta. Como os autores empregaram em suas simulações uma freqüência de amostragem de 100kHz, a decomposição em duas escalas permitia a seleção, na segunda escala, das componentes dos sinais transitórios na faixa de freqüências de 12,5kHz a 25,0kHz, como mostrado na Tabela 1.

TABELA 1: FAIXAS DE FREQÜÊNCIA NAS ESCALAS DE DECOMPOSIÇÃO DO ALGORITMO DE CODIFICAÇÃO POR SUB-BANDAS BASEADO NA RWM PARA UMA FREQÜÊNCIA DE AMOSTRAGEM DE 100kHZ.

Escala	Filtro Escala (kHz)	Filtro Wavelet (kHz)
1	0 – 25,0	25,0 – 50,0
2	0 – 12,5	12,5 – 25,0
3	0 – 7,5	7,5 – 12,5
...	...	...

No método proposto em [8], realiza-se a decomposição das tensões e correntes de fase em seis sistemas de transformações modais: três para as tensões e três para as correntes. Posteriormente é realizada a decomposição destas componentes modais em seus coeficientes wavelet de primeira escala, fazendo uso de redes neurais para promover a identificação das faltas. Nestas simulações foi considerada uma freqüência de amostragem de 4,5kHz.

Em [9], os autores fizeram uso do conteúdo espectral de energia dos coeficientes wavelet e escala das correntes de fase, em três escalas de decomposição. Neste método, o processo de identificação de faltas está baseado em uma comparação entre o conteúdo de energia destes coeficientes. Os autores não informaram a freqüência de amostragem empregada nas simulações, nem os limiares a serem utilizados para a implementação do algoritmo.

3.3 Considerações sobre os Métodos Propostos

O emprego de instrumentos de monitoração para o registro apenas das formas de onda das tensões de fase, quando da ocorrência de uma variação de tensão de curta duração [11], limita a aplicação de algoritmos que necessitem dos sinais de tensão e corrente para promover a classificação de uma falta. Com isto, buscou-se obter uma forma de classificar faltas baseando-se apenas nos sinais das tensões de fase.

Apresenta-se uma nova proposta para a detecção e classificação de faltas baseada na implementação do algoritmo de codificação por sub-bandas, considerando apenas uma escala de decomposição. Para este fim são utilizados os coeficientes wavelet de primeira escala, das tensões de fase e de suas componentes modais, e o conteúdo de energia destes sinais.

4.0 - O SISTEMA EM ESTUDO

4.1 Características do Circuito

O sistema em estudo consiste de um modelo para uma linha de transmissão em 500kV, a LT Presidente Dutra/Boa Esperança, LT PDD/BEA, com 205,6km de comprimento.

A Figura 2 apresenta o diagrama simplificado utilizado nas simulações, onde Z_{LT} é a impedância da LT PDD/BEA, Z_{e1} e Z_{e2} são, respectivamente, a impedância do equivalente Thevenin no terminal de PDD e de BEA; E_{e1} e E_{e2} são, respectivamente, as fontes de tensão do equivalente Thevenin nestes mesmos terminais.

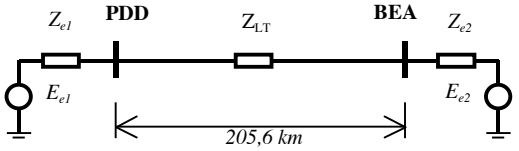

FIGURA 2: DIAGRAMA SIMPLIFICADO UTILIZADO PARA AS SIMULAÇÕES DE FALTA NA LT PDD/BEA.

4.2 Considerações sobre as Simulações

As faltas foram simuladas no ATP (*Alternative Transient Program*), considerando que o monitoramento da linha de transmissão é realizado no terminal de PDD, onde são registradas as formas de onda das tensões de fase para cada uma das faltas simuladas. No ATP foi considerado um intervalo de amostragem de 65,10_s, sendo utilizado um fator de adequação de modo que no arquivo de saída cada ciclo de 60Hz fosse representado por 128 amostras.

Considerou-se ainda que a linha de transmissão é totalmente transposta, tendo sido empregado o modelo a parâmetros distribuídos, cujos parâmetros estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: PARÂMETROS DISTRIBUÍDOS DA LT PDD/BEA.

Seqüência	Parâmetros da Linha de Transmissão		
	R (Ω/km)	L (mH/km)	C (nF/km)
Positiva	0,0246	0,8539	13,66
Zero	0,3818	3,732	8,61

O período de simulação foi de oito ciclos, considerando-se a ocorrência das faltas a quatro ciclos do início das simulações, com impedância de falta nula e não sendo considerada a atuação de sistemas de proteção para sua eliminação.

Foram analisadas faltas ocorridas a 25%, 50% e 75% do comprimento total da linha de transmissão:

- Faltas fase-terra: FTA, FTB e FTC;
- Faltas fase-fase: FFAB, FFAC e FFBC;
- Faltas fase-fase-terra: FFTAB, FFTAC e FFTBC;
- Falta trifásica: FFF ou ABC.

5.0 - UMA NOVA PROPOSTA PARA DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FALTAS BASEADA NA TEORIA DE WAVELETS

5.1 Descrição da Metodologia Proposta

Os sinais de fase das tensões oriundos das simulações no ATP, obtidos em PDD, são, inicialmente, transformados para o domínio modal, segundo a matriz de transformação de Clarke:

$$\begin{bmatrix} v_0 \\ v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & -1 \\ 0 & \sqrt{3} & -\sqrt{3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix}$$

onde v_a, v_b e v_c são as tensões de fase e v_0, v_α e v_β são as componentes modais das tensões.

Em seguida, realiza-se uma nova transformação, para o domínio wavelet, considerando apenas uma escala de decomposição, obtendo-se, assim, os coeficientes wavelet de primeira escala das componentes modais.

Os coeficientes wavelet de primeira escala são obtidos através da implementação do algoritmo de codificação por sub-bandas, baseada na RWM, utilizando "Daubechies 4" como wavelet-mãe. A Tabela 3 ilustra

as faixas de freqüências nas escalas de decomposição do algoritmo ao considerar uma taxa de amostragem de 128 amostras/ciclo.

TABELA 3: FAIXAS DE FREQÜÊNCIAS NAS ESCALAS DE DECOMPOSIÇÃO DO ALGORITMO DE CODIFICAÇÃO POR SUB-BANDAS BASEADO NA RWM PARA UM SINAL AMOSTRADO À TAXA DE 128 AMOSTRAS/CICLO.

Escala	Quant. de Amostras por ciclo	Filtro Escala (Hz)	Filtro Wavelet (Hz)
1	64	0 – 1.920	1.920 – 3.840
2	32	0 – 960	960 – 1.920
3	16	0 – 480	480 – 960
4	8	0 – 240	240 – 480
...	...	...	...

De acordo com a Tabela 3, a decomposição em apenas uma escala permite selecionar dos sinais de falta, as componentes de mais alta freqüência do sinal em análise, na faixa de freqüências de 1.920Hz a 3.840Hz.

Baseando-se no conteúdo de energia dos coeficientes wavelet de primeira escala, realiza-se uma primeira seleção dos prováveis tipos de falta.

Quando estas componentes não são suficientes para promover a classificação de um determinado tipo de falta, procede-se com a determinação do conteúdo de energia dos coeficientes wavelet, também de primeira escala, dos sinais de fase das tensões. Neste caso, a identificação do tipo de falta depende da imposição de limiares definidos a partir de relações entre as variáveis.

5.2 Considerações Iniciais

Ao analisar as condições pós-falta dos coeficientes wavelet de primeira escala das componentes modais observou-se, em alguns tipos de falta, algumas peculiaridades quanto às suas formas de onda. Ao compará-las às formas de onda das mesmas componentes modais, porém no domínio do tempo, observou-se que estas apresentavam comportamentos similares.

Com o intuito de facilitar a análise desta similaridade em condições transitórias, optou-se por estimar as componentes modais das tensões no instante pré-falta. Apesar desta modelagem não se aplicar efetivamente à análise de sinais em regime permanente, as componentes modais das tensões pré-falta foram representadas de forma a permitir uma análise do comportamento destas componentes nos oito ciclos analisados.

Os gráficos apresentados nas Figuras 3 e 4 ilustram, respectivamente, os sinais de fase das tensões e suas componentes modais, para uma falta fase-terra na fase A a 50% da LT PDD/BEA.

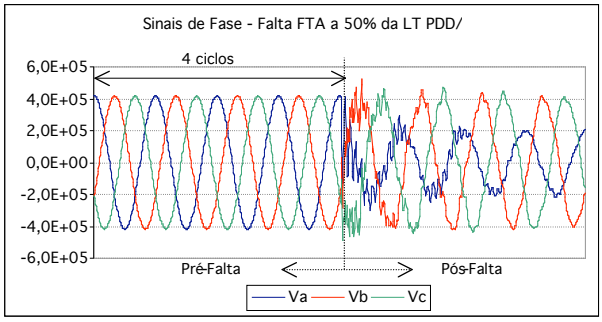

FIGURA 3: FORMAS DE ONDA DAS TENSÕES DE FASE (v_a, v_b, v_c) OBTIDAS EM PDD PARA UMA FALTA FTA A 50% DA LT PDD/BEA.

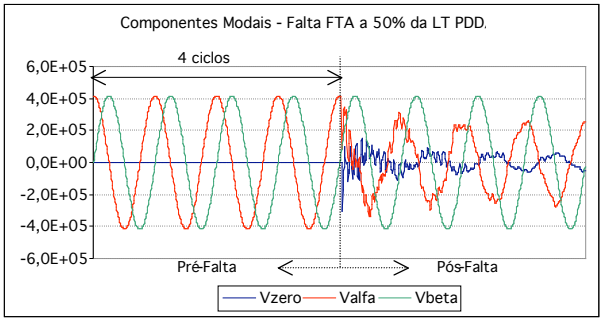

FIGURA 4: FORMAS DE ONDA DAS COMPONENTES MODAIS DAS TENSÕES DE FASE (v_0, $v_{\square}$, $v_{\square}$ ou v_{zero}, v_{alfa}, v_{beta}) OBTIDAS EM PDD PARA UMA FALTA FTA A 50% DA LT PDD/BEA.

Do gráfico apresentado na Figura 4 observa-se uma mudança no comportamento das componentes de modo 0 e □ quando da ocorrência da falta, o que não ocorre para a componente de modo □.

Isto pode ser justificado pelo fato de que a componente de modo □não é excitada pela fase A, mas apenas pelas fases B e C, havendo uma compensação entre as componentes transitórias dos sinais destas fases. Isto faz com que a componente de modo □mantenha-se uma senoide quase perfeita, mesmo após a incidência da falta.

Quanto à componente de modo 0, que durante a condição pré-falta tem amplitude nula, observam-se amplitudes bastante significativas quando da ocorrência da falta. Este fato é decorrente do alto grau de desequilíbrio das três fases e indica o envolvimento da terra na falta.

Ao considerar estas componentes no domínio wavelet, pode-se observar no gráfico da Figura 5, que apresenta os coeficientes wavelet de primeira escala da tensão de modo □, que tanto a componente de modo □na faixa de freqüências de 1.920Hz a 3.840Hz, quanto na faixa de 0Hz a 3.840Hz, apresentada na Figura 4, têm o mesmo comportamento, porém amplitudes reduzidas a 0,11% daquelas obtidas para o segundo caso.

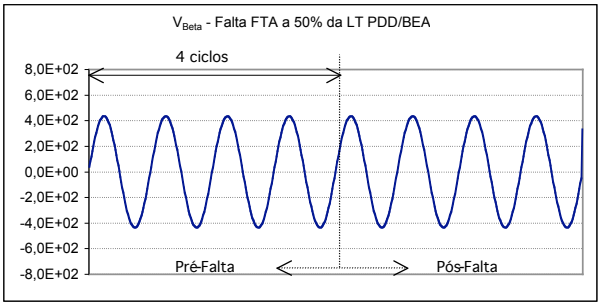

FIGURA 5: COEFICIENTES WAVELET DE PRIMEIRA ESCALA DA TENSÃO DE MODO PARA UMA FALTA FTA A 50% DA LT PDD/BEA.

Apesar de surpreendente, comportamento similar a este também foi observado em [8]. Outro resultado semelhante foi obtido para a componente de modo , quando da ocorrência de faltas fase-fase entre as fases B e C.

5.3 Detecção e Identificação do Instante de Tempo de Ocorrência da Falta

Após análise cuidadosa de todos os casos simulados foi constatado que o uso das componentes modais 0, e pode ser empregado como variáveis na detecção de faltas em linhas de transmissão. O emprego de apenas uma das componentes modais não deve ser considerado, pois não detecta todos os tipos de falta. O uso de duas destas componentes é viável desde que sejam empregadas as componentes 0 e ou e .

A Tabela 4 apresenta as restrições para o uso das componentes modais na detecção de faltas em linhas de transmissão [12].

TABELA 4: CONDIÇÕES PARA O USO DAS COMPONENTES MODAIS NA DETECÇÃO DE FALTAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO.

Componente	Restrição
0	Não detecta faltas sem terra
	Não detecta faltas FFBC
	Não detecta faltas FTA
0 e	Não detecta faltas FFBC
0 e	Sem Restrição
e	Sem Restrição

Um aspecto importante após a detecção de uma falta é identificar o instante de tempo de sua ocorrência. Fazendo uso das componentes de modos e , que apresentam mesma velocidade de propagação, foi possível identificar corretamente o instante da ocorrência das faltas na LT PDD/BEA, a 4,02 ciclos do início das simulações [12].

5.4 Um Algoritmo para a Classificação de Faltas na LT PDD/BEA

Os resultados obtidos com a pesquisa permitiram elaborar uma metodologia para a classificação de faltas na LT PDD/BEA, considerando apenas os sinais das tensões de fase.

Através dos coeficientes wavelet de primeira escala da tensão de modo 0, V_{Zero}, identifica-se o envolvimento ou não da terra na falta. Quando estes coeficientes têm amplitudes não significativas pode-se afirmar que a falta não envolveu a terra. Isto também pode ser verificado através do conteúdo de energia de V_{Zero}. Como resultado das simulações de faltas que não envolviam a terra foram obtidos valores da ordem de 10^{-2}, para a amplitude de V_{Zero}, e de 10^{-3}, para o conteúdo de energia. Estes valores podem ser considerados desprezíveis quando comparados aos valores obtidos para as componentes de modos e .

Após esta primeira caracterização, procede-se com a classificação da falta de acordo com as relações estabelecidas no fluxograma apresentado na Figura 6, que resume o processo de classificação de faltas para a LT PDD/BEA. Considere E|X| o conteúdo de energia da variável X e E|X,Y| = (E|X| - E|Y|)/ E|X|.

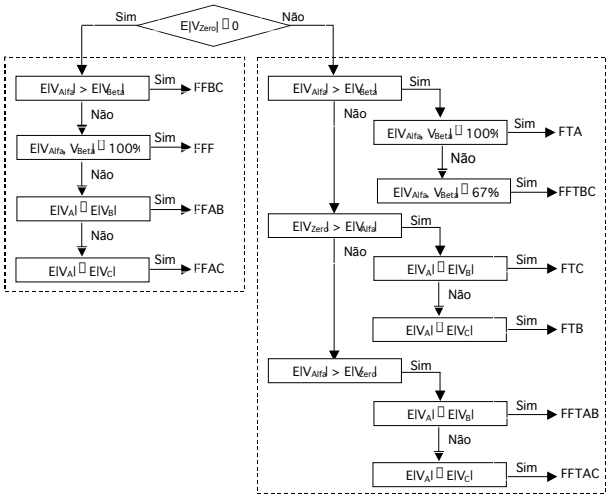

FIGURA 6: FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DO ALGORITMO PARA CLASSIFICAÇÃO DE FALTAS NA LT PDD/BEA. CONSIDERE E|X| O CONTEÚDO DE ENERGIA DA VARIÁVEL X E E|X,Y| = (E|X| - E|Y|)/ E|X|.

6.0 - CONCLUSÕES

A implementação da transformada de wavelets, considerando “Daubechies 4” como wavelet-mãe, para a análise de sinais a uma taxa de amostragem de 128 amostras/ciclo, mostrou-se eficaz na detecção de faltas na LT PDD/BEA e na localização do instante de tempo de sua ocorrência. Nestes casos, pode-se fazer uso das componentes modais das tensões de fase, desde que atendidas as restrições apresentadas na Tabela 4. Vale ressaltar que a metodologia apresentada para a classificação de faltas na LT PDD/BEA foi desenvolvida para faltas ocorridas quando a tensão da fase A atingia seu valor máximo. Como ainda não foi verificada sua validade para outros instantes de falta, que poderia resultar na modificação do algoritmo ora proposto, esta técnica ainda encontra-se em fase de investigação para futura validação. Além disto, ainda é necessário pesquisar a aplicabilidade deste algoritmo a outras linhas de transmissão e níveis de tensão.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] COSTA, Paulo Fernandes, SANTOS, Ildeu Marques. *Qualidade de Energia e Paralisação de Consumidores: O Que Pode ser Feito no Âmbito da Indústria?* Anais do III SBQEE. Brasília, DF: Agosto 1999. pp. 152-157.

[2] DUGAN, Roger C., McGRANAGHAN, Mark F., BEATY, H. Wayne. *Electrical Power Systems Quality*. New York, NY: McGraw-Hill, 1996. 265p.

[3] IEEE Std 1100-1999 (Revision of IEEE Std 1100-1992). *IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment*. New York, NY: IEEE, March 1999.

[4] KIM, Chul Hwan, AGGARWAL, Raj. *Wavelet Transforms in Power Systems. Part 2: Examples of Application to Actual Power System Transients*. Power Engineering Journal, IEE, August 2001, pp. 193-202.

[5] DAUBECHIES, Ingrid. *Ten Lectures on Wavelets*. Philadelphia, PA: SIAM, 357p. 1992.

[6] MALLAT, Stéphane G. *A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No. 7, pp. 674-693. July 1989.

[7] MAGNAGO, Fernando H., ABUR, Ali. *Fault Location Using Wavelets*. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 13, No. 4, pp. 1475-1480, October 1998.

[8] SILVEIRA, Paulo M., SEARA, Rui, ZÜRN, Hans H. *An Approach Using Wavelet Transform for Fault Type Identification in Digital Relaying*. IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 1999. IEEE, Vol. 2, 1999. pp. 937-942.

[9] SOLANKI, M., SONG, Y. H., POTTS, S., PERKS, A. *Transient Protection of Transmission Line Using Wavelet Transform*. In: Seventh International Conference on Developments in Power System Protection, 2001, Conference Publication No. 479, pp. 299-302, IEE, 2001.

[10] SOARES, Luciana R., DE CARVALHO JÚNIOR, Manoel A., DE OLIVEIRA, Hélio M. *Localização de Faltas em Linhas de Transmissão utilizando a Representação Wavelet Multiresolução*. XIV CBA. CD-ROM. Natal, RN: Setembro 2002.

[11] ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). *Procedimentos de Rede. Módulo 2: Padrões de Desempenho da Rede Básica e Requisitos Mínimos para suas Instalações. Submódulo 2.8 – Gerência dos Indicadores de Desempenho da Rede Básica*. Dezembro 2002.

[12] SOARES, Luciana R. *Wavelets na Identificação e Localização de Faltas em Linhas de Transmissão*. Recife, PE: Dezembro 2001. 170p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Pernambuco.

8.0 - AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece o suporte financeiro da CAPES, essencial para o desenvolvimento desta pesquisa.

9.0 - BIOGRAFIA

Luciana Reginaldo Soares: nasceu na cidade do Rio de Janeiro, RJ, em Maio de 1973. Recebeu os graus de B.Eng e M.Sc em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco (Recife, PE), em 1997 e 2001, respectivamente. Atualmente, é doutoranda do programa de pós-graduação da mesma Universidade. É membro-estudante do CIGRÉ (*Conseil International des Grands Réseaux Electriques*).

Hélio Magalhães de Oliveira: nasceu na cidade de Arcoverde, PE, em Maio de 1959. Recebeu os graus de B.Eng e M.Sc em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco (Recife, PE), em 1980 e 1983, respectivamente. Em 1992 recebeu o grau de Docteur pela *l'Ecole Supérieure des Télécommunications*, Paris, França. Desde 1983 faz parte do corpo do Departamento de Eletrônica e Sistemas da UFPE. É membro do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE).

Manoel A. de Carvalho Júnior: nasceu na cidade de Mataripe, BA, em Agosto de 1950. Recebeu os graus de B.Eng e M.Sc em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Bahia (1973) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (1975), respectivamente. Em 1983 recebeu o grau de Ph.D pela *Victoria University of Manchester*, Inglaterra. Desde 1989 faz parte do corpo do Departamento de Engenharia Elétrica e Sistemas de Potência da UFPE. É membro do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE).