

DESENVOLVIMENTO DO OPERADOR DE ENERGIA VTKEO PARA DETECÇÃO DE OSCILAÇÕES ELETROMECCÂNICAS

Antonio Carlos Manfredini Júnior¹, Gabriel Cordova Sá Rech², Fernando Buzzulini Prioste³

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica – CCT – PIVIC/UDESC

² Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica – CCT – PIVIC/UDESC

³ Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – CCT – fernandobprioste@gmail.com

Palavras-chave: VTKEO, Oscilações Eletromecânicas, SEP

O aumento da complexidade operacional dos Sistemas de Elétricos de Potência (SEP) tem requisitado o aperfeiçoamento contínuo dos instrumentos e algoritmos para monitoramento e controle em tempo real destes sistemas. Isso tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e rotinas de códigos cada vez mais complexas.

O operador de energia Teager Kaiser (TKEO) é baseado na definição de energia necessária para gerar um sinal. Este operador fornece uma estimativa da energia instantânea (EI) e amortecimento instantâneo em função da amplitude instantânea (AI) e da frequência instantânea (FI) de um sinal monocromático ou unimodal.

Este operador é definido como:

$$\Psi(x(t)) = \dot{x}^2(t) - x(t)\ddot{x}(t) \quad [1]$$

No caso contínuo (onde $\dot{x}(t)$ é referente a primeira derivada de x em relação ao tempo e $\ddot{x}(t)$ é referente a segunda derivada), e como:

$$\Psi(x[n]) = x^2[n] - x[n-1]x[n+1] \quad [2]$$

No caso discreto.

O operador TKEO leva em conta três amostras consecutivas do sinal, para calcular uma estimativa da energia e amortecimento, entretanto dependendo da frequência do sinal analisado, o resultado obtido pode não coincidir com o resultado correto. Com isso foi desenvolvida uma extensão para esse operador, que consiste na possibilidade de alterar o intervalo entre as amostras através da escolha de uma variável constante, caracterizando o *Variable Length Teager Kaiser Energy Operator* (VTKEO), melhorando consideravelmente a precisão do operador. Algumas propriedades deste operador são: Independência da fase inicial do sinal; simetria em relação a amostra central; o operador é válido mesmo para quando a função possui valores nulos ($x[n] = 0$); o algoritmo apresenta resposta rápida, por realizar apenas duas multiplicações e duas divisões por amostra. Podendo ser escrito como:

$$\Psi(x[n]) = x^2[n] - x[n-i]x[n+i] \quad [3]$$

Sendo i a variável constante citada anteriormente.

Aplicando o VTKEO ([3]) no sinal obtemos FI e AI. Com estes resultados podemos obter EI conforme a seguinte equação:

$$EI[n] = \frac{1}{2}(FI[n].AI[n])^2 \quad [4]$$

A partir de ([4]) obtemos o amortecimento instantâneo, que é a relação do negativo da derivada da energia dividido por duas vezes a energia:

$$\gamma[n] = \frac{-\dot{E}I[n]}{2EI[n]} \quad [5]$$

Plotando os resultados obtidos através das equações [3] e [5], considerando um sinal de entrada $y(t) = 10 \cdot \exp(-0,2t) \cdot \cos(2\pi \cdot 5 \cdot t)$ e $i = 10$

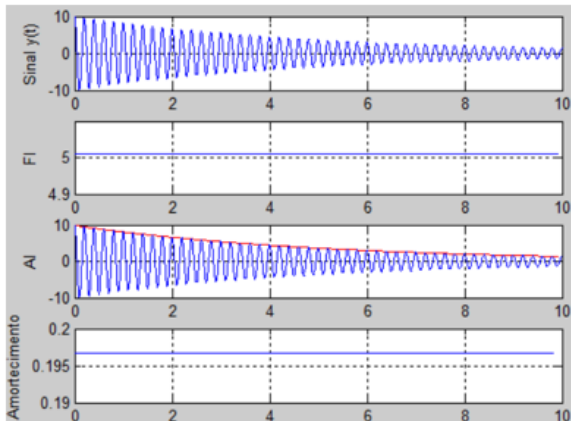


Fig. 1 TKEO

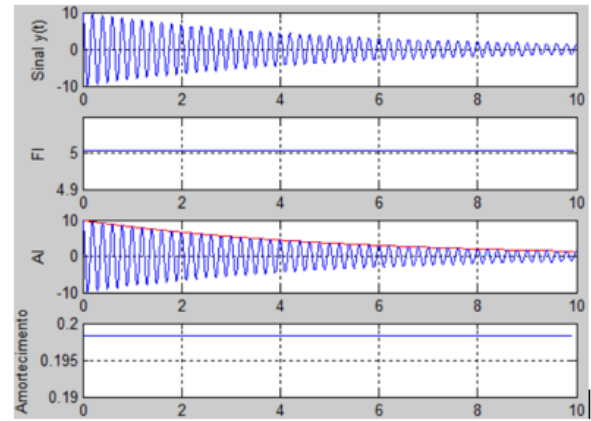


Fig. 2 VTKEO ($i=10$)

Comparando os resultados adquiridos com TKEO e VTKEO na análise de um sinal $y(t)$, que representa uma oscilação de caráter senoidal com amortecimento, fica evidente que os valores obtidos através do operador VTKEO conseguem rastrear com maior precisão as pequenas variações de amplitude, frequência e amortecimento inerentes ao sinal, do que o operador TKEO. Vale ressaltar que para diferentes sinais, um novo intervalo de amostragem (i) pode ocasionar maior exatidão.