**Comparação de desempenho**

Os ensaios de degrau são realizados para medição do tempo de resposta, que é o tempo durante o qual o TVE, FE ou RFE acima dos valores limite definidos em norma. Estes ensaios precisam dar uma estimativa de tempo de resposta muito curta para PMUs tipo P, da ordem de alguns ciclos. Mesmo assim, são insuficientes para descrever os fenômenos de afundamentos de curta duração que estão sendo observados nas redes atuais. A resposta da PMU depende muito do filtro implementado, do tempo da janela e da taxa de reporte.

Implementei um PMU simples, que usa DFT para calcular o fasor da componente fundamental. São calculados os TVE de uma sequência de janelas, com o objetivo de simular um teste de tempo de resposta utilizando valores de referência obtidos por dois métodos: 1) o do NIST; 2) o de fasores intermediários.

**Simulação para degrau de magnitude positivo de 10%.**

Foram tomadas medidas de 10 janelas de 1000 amostras (12 ciclos), com sobreposição de 3 ciclos. Equivale a uma taxa de 20 frames/s. (Possível crítica: uma taxa de 60 frames/s poderia dar uma resolução temporal maior (1 ciclo), mas preferi manter para ficar coerente com o restante do paper). Nível de ruído: 50dB. O mesmo sinal é aplicado ao PMU simulado e aos estimadores, como seria feito em uma calibração real.

Comentários: a simulação indica que usando o método do NIST, haveria um tempo de resposta de aproximadamente 250ms. Esse valor já seria suficiente para reprovar PMUs segundo os limites da norma para PMUs do tipo P. O valor de referência é tomado da janela de 500 amostras anterior ao degrau, quando este ocorre até a metade da janela, inclusive. Após este ponto, se tomam as 500 amostras seguintes. Optei por não fazer a média por enquanto para comparar diretamente com o que o NIST tem implementado.

Utilizando os fasores intermediários calculados a partir dos parâmetros obtidos pelo estimador LM como referência, em janelas de 1000 amostras, o TVE apresenta um transiente, mas que não chega a ultrapassar o limite de 1% e o PMU seria aprovado.





A simulação indica que o método do NIST, que toma os valores de referência das janelas adjacentes, pode estar superestimando o tempo de resposta. O tempo de resposta está definido em termos do TVE>1%, portanto o tamanho da janela pode afetar a estimativa do TR se modificar substancialmente os fasores obtidos pelo PMU ou pelo sistema de referência. O que é mais significativo para isso é a presença do transiente no interior da janela. PMUs com janelas maiores de observação irão manter o transiente por mais tempo e terão tempo de resposta mais lento. Mas a definição do valor de referência também é importante, pois pode causar TVEs altos por culpa do sistema de referência e não do PMU. Portanto, a diferença fundamental e o benefício de usar os fasores intermediários no sistema de referência, incorporando os saltos no modelo, é melhorar a exatidão na estimativa do tempo de resposta.

Na maioria dos casos, isto não é um problema, mas para os casos específicos que estamos tratando, o método dos fasores intermediários tem as vantagens:

1 – tem uma resposta mais suave e rápida;

2 – é compatível com o cálculo do TVE, portanto pode ser utilizado diretamente nos testes, em substituição ao do NIST;

3 – em conjunto com os indicadores de Hilbert, prescinde de conhecimento prévio acerca do instante de ocorrência do degrau;

O ponto em 0.25s parece estar mais sensível ao ruído, pois varia mais a cada simulação, mas não compromete a análise.

**Portanto, por que usar fasores intermediários como valores de referência? Pois fornecem medidas mais justas do desempenho de um PMU em termos de TVE e TR.**

**2- Comparação do desempenho dos estimadores para os fasores intermediários**

Mas por que usar o estimador LM? Poderíamos obter os fasores intermediários com outro método, por exemplo obtendo os fasores de janelas adjacentes estacionárias, como é feito no sistema do NIST, e calculando a média ponderada pelo instante do degrau, da mesma forma descrita no paper (estimador SS). A frequência pelo estimador SS é tomada como a média dos dois valores.

As simulações a seguir (10000 casos para cada SNR, \tau = 0.5T) mostram que os fasores intermediários obtidos via LM apresentam valores com menor incerteza do que os obtidos via SS, em termos de FE e TVE, para SNR entre 50 e 100dB. Os valores de referência são os fasores intermediários calculados com base nos parâmetros do sinal de referência conhecido a priori.

Os resultados para degraus de magnitude indicam maior vantagem em favor do estimador LM, principalmente para FE. Em termos de TVE, pode-se dizer que apresenta desempenho semelhante ou ligeiramente melhor (gráficos com zoom).

Os resultados para degraus de fase indicam que o estimador LM tem incerteza pouco menor para FE e para TVE. Como a diferença não é muito significativa, considero que os desempenhos são equivalentes.

Resultados semelhantes são obtidos variando a fase inicial e a frequência fundamental, e para degrau positivo ou negativo.

**Portanto, justifica-se o uso do estimador LM por ter menor incerteza.**

**2.1 degrau de magnitude.**

Na prática, a fonte de sinal não consegue um sinal com frequência e fase exatamente constante, apresentando pequenas variações da ordem de 10^-2 quando submetidas a sinais com degrau. A estimação de frequência por LM tem desempenho melhor em termos de desvio padrão, principalmente na estimação de frequência, mas também em termos de TVE. A média dos valores de frequência é semelhante, e não é muito estável a cada simulação. A média do TVE via LM é um pouco melhor.





 











**2.2 Degraus de fase**











