

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Análise Modificada de Transitórios Eletromagnéticos em Linhas de Transmissão

Caio Vinícius Colozzo Grilo ¹Aghatta Cioquetta Moreira ²Juliana Semiramis Menzinger³Caio Cesar Souza de Luca⁴Carolina Magda Bassoto Ronchini⁵Afonso José do Prado ⁶

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de São João da Boa Vista, SP

Simulações de transitórios eletromagnéticos em linhas de transmissões têm grande importância, já que permitem analisar variações de diversos parâmetros numa determinada linha [2]. Normalmente, tais rotinas utilizam softwares do tipo EMTP que possuem um alto valor para obtenção de licenças. Mesmos com recursos mais modernos, ainda encontra-se uma grande dificuldade na correta representação quando comparado com os circuitos reais. Isto porque as linhas de transmissão não podem ser representadas diretamente no domínio do tempo [3]. Simulações mais precisas implicam em um consumo maior de recurso computacional. A implementação dos métodos modificados vêm para tentar corrigir os erros impostos pelas simulações numéricas e fornecer um uso de recurso computacional menor. A utilização do Python para tais simulações é de grande importância, uma vez que, permite o desempenho máximo da máquina para a rotina numérica. Ao se tratar de um ambiente simples há uma possibilidade de redução do tempo de simulação [1]. Por ser uma plataforma livre, a utilização do Python implica na redução de custos na aquisição de licenças.

A rotina numérica em desenvolvimento utiliza a técnica de integração trapezoidal (1) que permite uma boa aproximação e um tempo similar em relação à integração mais simples (Método de Euler).

Nesse modelo, são manipulados matrizes de ordem 2 que são obtidas com base na análise de malha e nodal. O circuito π em cascata pode ser dividido em 3 partes: primeira unidade, unidades intermediárias, última unidade. De maneira geral todas as partes têm como base matemática do circuito intermediário. Porém, em cada uma delas são impostas as restrições e condições específicas.

¹caio.vinicius@unesp.br

²aghattamoreira@gmail.com

³ju_menzinger@hotmail.com

⁴joao_menicuci@hotmail.com

⁵carol.ronchini@gmail.com

⁶afonso.prado@unesp.br

$$X_{k+1} = X_K + \frac{\Delta t}{2} [\dot{X}_{k+1} + \dot{X}_k], \quad (1)$$

As unidades intermediárias podem ser descrita pela equação (2).

$$\begin{bmatrix} i_j(K+1) \\ v_j(K+1) \end{bmatrix} = A_{jA}^{-1} \cdot A_{jB} \cdot \begin{bmatrix} i_j(K) \\ v_j(K) \end{bmatrix} + A_{jA}^{-1} \cdot B_{jA} + A_{jA}^{-1} \cdot C_{jA} \cdot \begin{bmatrix} i_{j+1}(K) \\ v_{j+1}(K) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Na equação (2), as matrizes A_{jA} , A_{jB} , B_{jA} , C_{jA} , são:

$$A_{jA} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{R\Delta t}{2L} - \frac{\Delta t^2}{2LC} & \frac{\Delta t}{2L} \\ -\frac{\Delta t}{2C} & 1 + \frac{G\Delta t}{2C} \end{bmatrix} \quad A_{jB} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{R\Delta t}{2L} & -\frac{\Delta t}{2L} \\ \frac{\Delta t}{2C} & 1 - \frac{G\Delta t}{2C} - \frac{\Delta t^2}{2LC} \end{bmatrix}$$

$$B_{jA} = \begin{bmatrix} -\frac{\Delta t^2}{2LC} & \frac{\Delta t}{2L} \left[\frac{G\Delta t}{C} + 2 \right] \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad C_{jA} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{\Delta t}{2C} \left[\frac{R\Delta t}{L} - 2 \right] & \frac{\Delta t^2}{2LC} \end{bmatrix}$$

Ao trabalhar com manipulação de inúmeras matrizes de ordem 2, os erros impostos pelas simulações são menores, em relação à maneira convencional de trabalhar com uma única matriz de ordem $2n$, em que n representa o número de circuitos π em cascata. A manipulação de matrizes de ordem menor evita elementos nulos e aumenta a precisão ao diminuir o efeito das oscilações de Gibbs. Quando comparado o Python com o software matemático, MatLab, o Python apresenta uma pequena vantagem no tempo de simulação. O Python por ser uma plataforma livre, resulta em uma redução de custos com licenças. As simulações realizadas tanto no software quanto no ambiente Python levam a resultados semelhantes.

Agradecimentos

Este trabalho tem apoio financeiro da FAPESP por meio dos processos de bolsas de iniciação científica de números 2017/05995-1, 2017/03948-6, 2017/05988-5, 2018/05305-8, 2018/04845-9.

Referências

- [1] B. Alberto, M. Luca, "Python Data Science Essentials - Second Edition", October 2016.
- [2] A. I. Chryshochos, G. P. Tsolaridis, T. A. Papadopoulos, and G. K. Papagiannis, "Damping of oscillations related to lumped-parameter transmission line modeling", in Conf. on Power Systems Transients (IPST 2015), 7 pp, 2015.
- [3] A. J. Prado, L. S. Lessa, R. C. Monzani, L. F. Bovolato and J. Pissolato Filho. "Modified routine for decreasing numeric oscillations at associations of lumped elements". Eletric Power System Research, vol. 112, pps 56-64, São Paulo, July 2014.