

TRANSITÓRIOS ELETROMAGNÉTICOS

André Luiz de Souza¹; Marcos de Araújo Paz²

1. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: a.souzaecomp071@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: marcospaz@ecom.uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: programação, transitório, eletromagnético

INTRODUÇÃO

Quantificar o comportamento transitório em sistemas de potência não é uma tarefa fácil, além de ser dispendiosa em termos de tempo computacional. É necessário conhecer o comportamento dos componentes do sistema quando submetidos a operações de chaveamento, condições de falta, etc., e assim verificar se o sistema é confiável e seguro.

Nesta questão, o modelamento dos componentes do sistema é de grande importância na avaliação de transitórios. Bickford *et al.* (1976); Greenwood (1991); Zanetta (2003)

O modelo de um componente é a representação, geralmente através de parâmetros concentrados (resistência, indutância e capacitância), do comportamento elétrico mediante determinado estímulo ou condição de interesse. Um sistema encerra componentes distintos, e, portanto a correta representação de tal sistema depende do modelo de cada elemento, considerando que há diferentes escalas de tempo para transitórios em diferentes componentes num mesmo sistema.

Este trabalho aborda o modelamento de componentes básicos a serem usados na representação de sistemas e distúrbios. Tais representações são usadas de modo a organizar e montar os algoritmos na implementação de uma ferramenta de simulação de transitórios eletromagnéticos. O objetivo geral do trabalho é desenvolver uma ferramenta que auxilie no aprendizado de conceitos básicos de circuitos elétricos, e em especial em estudos de transitórios. O foco atual da do projeto concentra-se no desenvolvimento das rotinas de cálculo para a resolução dos sistemas de equações lineares que representa um circuito matematicamente.

METODOLOGIA

O computador digital não pode dar um contínuo histórico do fenômeno transitório, mas uma sequência de capturas instantâneas em intervalos de tempo discretos Δt . Contudo, tal discretização causa erro de truncamento, que pode conduzir a instabilidade numérica. A aplicação de métodos numéricos, tais como a regra trapezoidal e o método das características, faz-se necessária a fim de minimizar os efeitos causados pelo uso não descontínuo do tempo no cálculo de transitórios. Dommel (1969); Arenales (2008)

Os elementos a serem modelados, são aqueles que aparecem como parte de circuitos equivalentes que representam, geradores, transformadores, sessões de linhas de transmissões e outros. Esses componentes são: resistência, indutância, capacitância e blocos que elementos que contém as características dos já apresentados.

Um circuito elétrico é representado matematicamente por um sistema de equações lineares, desta forma, determinar o transitório eletromagnético entre os instantes de tempo $\Delta t =$ tempo inicial e $\Delta t =$ tempo final consiste, na prática, na resolução de um sistema a cada passo de tempo. Na forma matricial, pode-se representar um circuito pela seguinte equação:

$$[G][v(t)] = [i(t)] - [I] \quad (1)$$

onde G é matriz condutância de nós, $v(t)$ é o vetor de tensões de nós e $i(t)$ é o vetor de corrente de nós. Geralmente os componentes são representados pela sua impedância associado em paralelo com uma fonte de corrente, desta forma I é o vetor de fontes de corrente próprios dos elementos do circuito. Dommell (1969)

De maneira mais geral, a simulação de transitório deve obedecer ao fluxograma apresentado na figura 1. Dommell (1969)

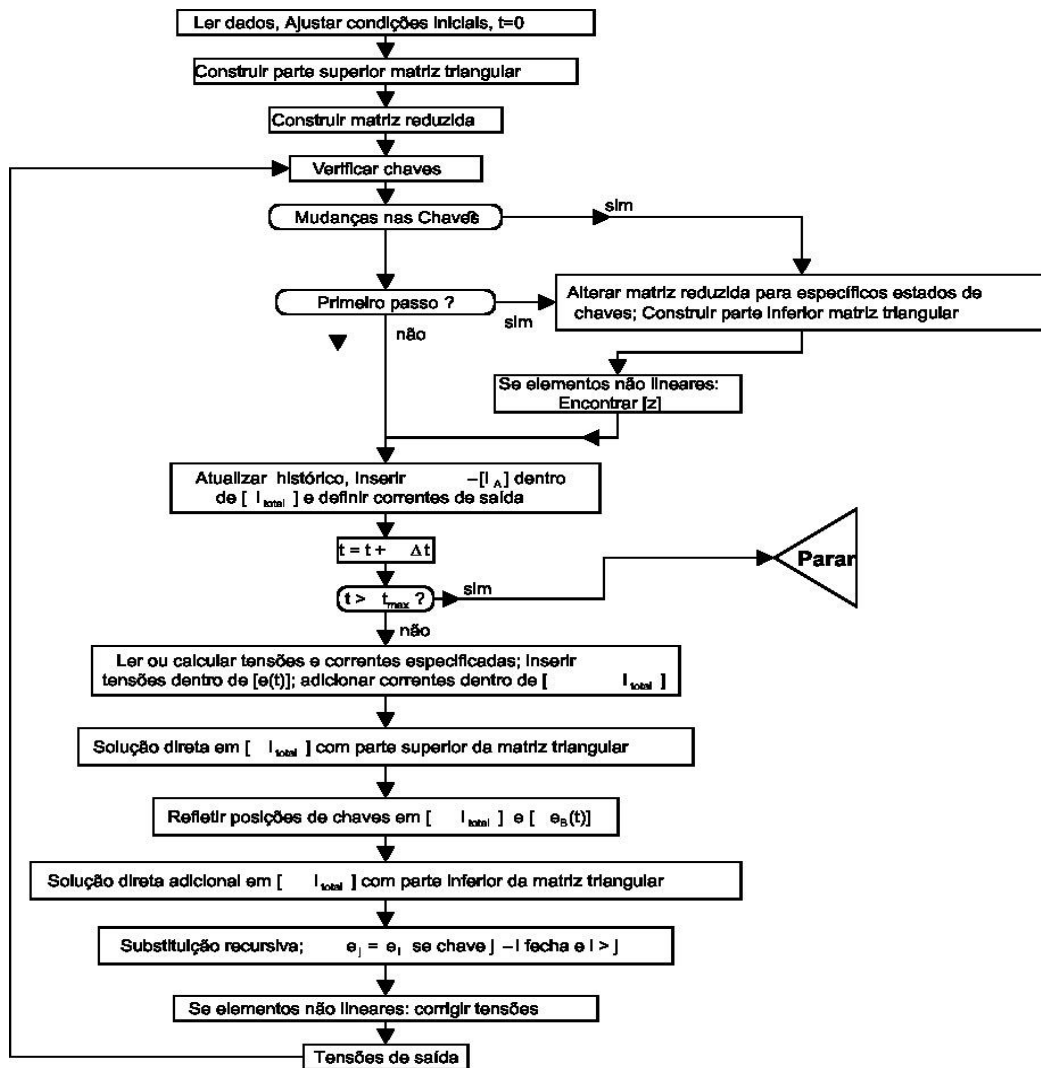


Figura 1: Fluxograma para programa de transitórios

O processo se inicia com a leitura do arquivo de dados, arquivo esse que deve conter todas as informações dos componentes presentes no caso a ser processado computacionalmente, tais como tipo e quantidade de componentes, intensidade de suas respectivas grandezas e suas posições no circuito. Além da informação detalhada dos componentes o arquivo conter também as informações de simulação, a saber, tempo inicial e final, passo de integração, sobre quais componentes deseja-se guardar a informação de processamento e o tipo de informação que precisa ser armazenada. Ao verificar os arquivos de dados de outros programas de transitórios eletromagnéticos, verificou-se que eram muito confusos e de difícil manutenção por

serem apenas em modo texto. Propõe-se aqui a utilização de outra formatação para o arquivo de dados, onde tal formação seja mais intuitiva a primeira vista, propicie melhor organização e facilite a manutenção dos dados. Visando, obter a formação e as facilidades acima descritas propõe a utilização de um arquivo de dados em formato XML (*Extensible Markup Language*). A adoção de XML deve-se ao fato dessa linguagem permitir a marcação do texto através de *tags* que podem ser livremente escolhida pelo desenvolvedor. Essa propriedade permitiu montar um arquivo organizando hierarquicamente num bloco maior a estrutura dos componentes e suas características e um outro bloco bem definido contendo todas de informações de simulação.

Após a leitura do arquivo de dados é necessário montar a equação matricial que representa a matematicamente o circuito. A partir da análise das posições iniciais e finais e quantidade de componentes existente é montada a matriz de incidência (MA) e a matriz de admitância de bipolos (Yb). A matriz MA além de informar quais componentes estão ligados entre si, informa também qual é sentido do fluxo de corrente entre dois nós quaisquer. Por sua vez, a matriz Yb é diagonal informa ao programa quais elementos são fontes ou, no geral, componentes resistivos. Através de operações matriciais envolvendo a matriz de incidência, a matriz de admitância de bipolos chega-se um sistema tal qual o da equação 1. Burian (2006)

Obtida a equação que descreve o sistema, pode-se então executar o laço de processamento (ver figura 1) resolvendo a cada passo de integração o sistema e atualizado as informações dos vetores de tensão e corrente.

ANALISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Tomar-se-á como elemento comparativo os resultados obtidos com o também simulador de transitórios eletromagnéticos QUCS (Quite Universal Circuit Simulator) para o circuito apresentado na figura 2.

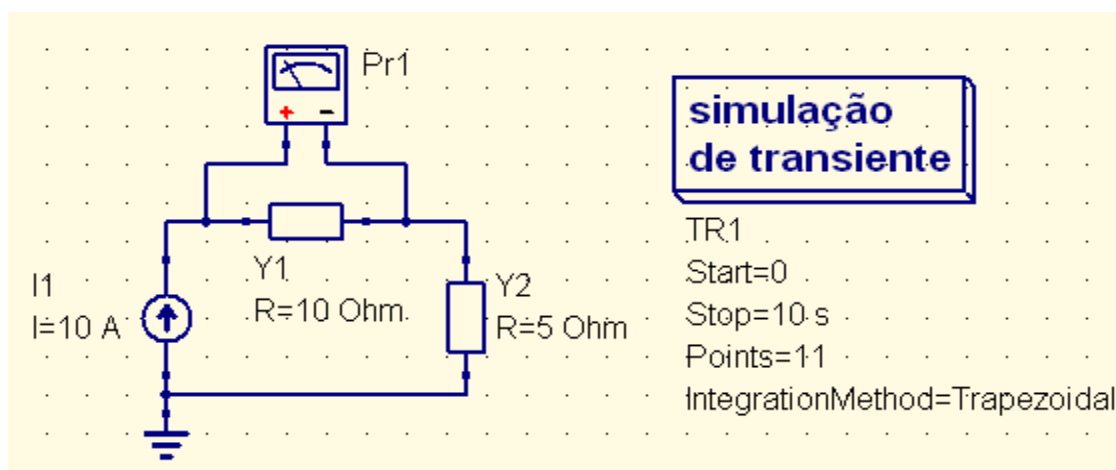


Figura 2: Circuito Base

Queremos verificar a intensidade da tensão sobre o componente Y1, que representa uma carga resistiva de 10 Ohms para o sistema. A seguir, figura 3, temos (à esquerda) a resposta do QUCS e (à direita) a resposta simulador proposto por este projeto.

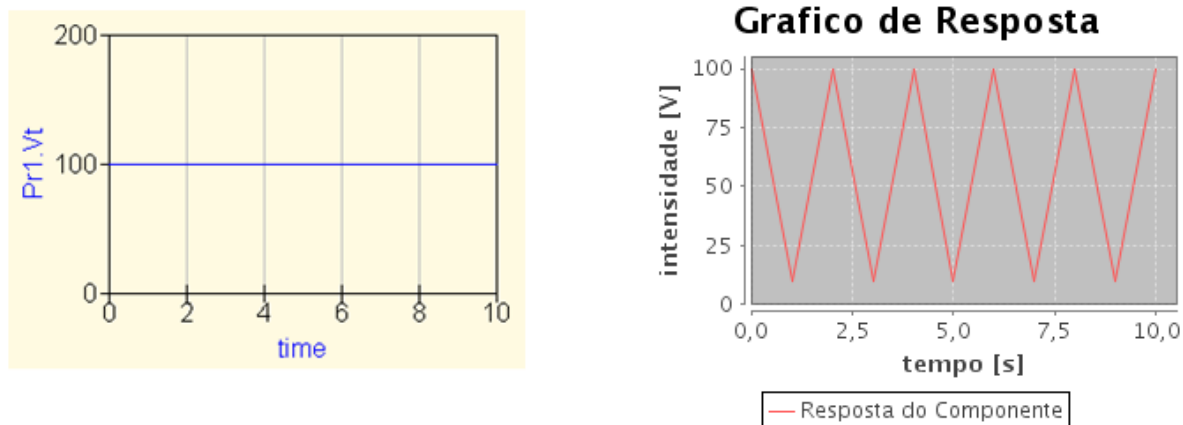


Figura 3: Comparação dos resultados obtidos

Para este exemplo, como os componentes que representam este caso de estudo são apenas resistência, não deveria haver variações na resposta do componente tal qual mostra a resposta do simulador QUCS.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pode ser visto na comparação feita entre as respostas dos simuladores a para um mesmo circuito, observando as mesmas condições é que o modelo proposto por este projeto ainda não oferece a resposta desejada. Um exame mais profundo nas rotinas do programa revelou que os erros estão na rotina de resolução do sistema de equações lineares. O desenvolvimento do projeto continuará, visando tornar este simulador tão eficiente quanto os que atualmente existem.

REFERÊNCIAS

- BICKFORD, J. P; MULLINEUX, N., and Reed, J. R. 1976. Computation of Power System Transients. Peter Peregrinus Ltd., London, England.
- GREENWOOD, A. 1991. Electrical Transients in Power Systems. JohnWiley & Sons, Inc.,New York, 2th edition.
- ZANETTA, L. C. J. 2003. Transitórios Eletromagnéticos em Sistemas de Potência. Edusp, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DOMMEL, H. W. 1969. Digital computer solution of electromagnetic transients in single and multiphase networks. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-88:pp. 388–399.
- ARENALES, S. 2008. Cálculo Numérico: aprendizagem com apoio de software. Thomson Learning, São Paulo.
- BURIAN, Y.J; LYRA, A.C.C. 2006. Circuitos Elétricos. Pearson Prentice Hall. São Paulo.