



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO -GAT

GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA -GAT

ELABORAÇÃO DE MODELOS DEFINIDOS PELO USUÁRIO NO ATP

**Alécio B. Fernandes (*)
CARPE VIE**

**Antonio C. S. Lima
UFRJ**

RESUMO

A utilização e criação de modelos definidos pelo usuário no ATP não é simples. Esse informe técnico visa apresentar os principais detalhes de como criar uma rede companheira (equivalente de Norton) para a realização de uma função de transferência ou uma matriz de admitância nodal equivalente, Y , de ordem elevada e multi-entrada e multi-saída e variante na frequência. Primeiramente apresentamos o caso mais simples da síntese da matriz de admitância nodal equivalente utilizando elementos pré-definidos pelo ATP, bem como suas limitações. Alguns casos são considerados, envolvendo desde a representação de equipamentos ao emprego de equivalentes de rede. Independente dos casos considerados foi usado apenas o método conhecido como Ajuste Vetorial (Vector Fitting no original) para a identificação no domínio da frequência. O artigo apresenta os principais pontos a serem analisados de forma a garantir um conjunto coerente de dados.

PALAVRAS-CHAVE

Transitórios Eletromagnéticos, Transformadores, Linhas de Transmissão, ATP, Modelo definido pelo usuário.

1.0 - INTRODUÇÃO

A capacidade de estender as funcionalidades de um programa de análise de transitórios é fundamental para a criação de uma base de dados concisa e ao mesmo tempo precisa. Em programas de estabilidade eletromecânica é relativamente simples a criação de modelos definidos pelo usuário, já no caso dos programas de transitórios eletromagnéticos, o cenário é um pouco distinto. Por exemplo, em programas comerciais como o PSCAD/EMTDC e o EMTP-RV, a criação de modelos definidos pelo usuário é bastante direta, uma vez que é possível que o usuário crie uma rede companheira descrevendo o novo modelo e a mesma seja compilada e adicionada ao programa. Já no caso do ATP, que é o programa de transatório mais amplamente utilizado, o processo só é possível com a utilização da MODELS ou de alterações das estruturas de modelos ditos *built-in* no ATP. Nesse Informe Técnico, o nosso foco é apresentar os procedimentos para criar modelos definidos pelo usuário no ATP. São apresentadas análises das duas possibilidades, alterar os modelos *built-in* ou criar uma rede companheira (equivalente de Norton) para a representação de um modelo definido pelo usuário. Para exemplificar o procedimento, um equivalente de rede é considerado.

2.0 - BREVE DESCRIÇÃO DA MODELS

O programa ATP disponibiliza ao usuário uma gama de modelos e ferramentas voltados para a simulação digital de transitórios eletromagnéticos. Mesmo em meio a esta diversidade, não são raras as ocasiões em que o usuário necessita de um componente específico, calcular expressões com variáveis de simulação ou obter valores que não são disponibilizados diretamente ao usuário. Nestes casos, a ferramenta MODELS (ou linguagem MODELS), disponibilizada pelo programa ATP, apresenta-se como uma excelente opção, tanto pela praticidade quanto pela flexibilidade.

(*) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Caixa Postal 68504, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21945-970,
Tel: (+55 21) 2562-8597, Email: acsl@dee.ufrj.br

De fato, a linguagem MODELS (adicionada ao ATP inicialmente em 1989) foi desenvolvida visando:

- Disponibilizar uma ferramenta para o desenvolvimento de modelos para componentes de circuito e de controle que não podem ser implementados facilmente com os elementos disponíveis no programa ATP e com a ferramenta TACS;
- Prover flexibilidade e interação com o programa ATP, através de uma linguagem de programação de alto nível, sem ter de alterar ou incorporar comandos ou códigos ao programa fonte do ATP;
- Possibilitar ao usuário não apenas descrever como um dado componente opera, mas também ditar seu estado inicial (valores iniciais e históricos);
- Disponibilizar uma interface para o programa ATP, que permita acessar diretamente variáveis de simulação, a exemplo de tensões, correntes e sinais de controle, tornando possível conectar programas externos ao programa ATP, para modelagem de componentes e acesso à medições, ou mesmo interagir com equipamentos. Tudo isso sem requerer um conhecimento avançado sobre aspectos intrínsecos de programação e operação do programa ATP, e assim, sem que seja necessária qualquer modificação no seu código fonte.

A ferramenta MODELS/ATP é uma linguagem de programação de alto nível, e como tal guarda semelhanças e possui particularidades em relação a outras ferramentas de programação, a exemplo da linguagem FORTRAN e do programa MATLAB. A ferramenta MODELS faz uso de uma linguagem própria, de formato livre, e possui uma sintaxe bem definida e composta por comandos, declarações, diretrizes e funções implementadas intrinsecamente. Como uma ferramenta de programação, a MODELS pode ser usada para processar resultados de simulações, tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência.

Diante das capacidades da ferramenta MODELS e de posse de uma função de imitância (admitância ou impedância, escrita na forma de polinômio racional) que represente um sistema ou circuito, vislumbra-se a possibilidade de implementar o modelo sintetizado de um equivalente de rede para simulações no domínio do tempo.

3.0 - ALTERAÇÃO DE MODELOS BUILT-IN

No caso da utilização de modelos *built-in* o equivalente de rede deve ser construindo considerando-se a resposta em frequência do elemento a ser representado (1)–(3). De fato, um dos maiores desafios na simulação de transitórios eletromagnéticos em sistema de potência é a representação (ou modelagem) de imitâncias (impedâncias ou admitâncias) considerando a dependência destas com a frequência, visando a sua inclusão no ambiente de simulação no domínio do tempo.

Modelos com alta precisão podem ser obtidos através de aproximações (ou ajustes) via funções racionais, a exemplo das sínteses obtidas com a já conhecida rotina de Ajuste Vetorial – *Vector Fitting* – (4). Ao se implementar estas funções aproximadas para simulações no tempo, tem-se como desafio manter a precisão desta representação, uma vez que pode-se fazer necessária uma nova etapa de cálculo ou de truncamento na tradução para um modelo computacional específico.

No caso do programa ATP são possíveis as seguintes opções para a representação de funções variantes na frequência:

- Circuito elétrico equivalente composto por elementos concentrados: Dispostos em blocos RLC (resistência, indutância, capacitância e condutância) paralelos conectados em série, ou em blocos RLC série conectados em paralelo. Para tanto, faz-se necessário uma etapa de cálculo dos elementos R, L e C após o processo de ajuste da resposta em frequência. No cálculo dos elementos concentrados, tem-se mais uma fonte de imprecisão: o arredondamento matemático e o truncamento na representação de números reais inerentes ao processo de cálculo.
- Elemento *Kizilcay F-Dependent Branch* (KFDB): O programa ATP disponibiliza ao usuário uma representação direta para uma função racional aproximada na sua forma expandida, definida tanto no plano *s* quanto no plano *z*. Tal representação elimina a necessidade de uma etapa posterior ao ajuste, para cálculo dos elementos R, L, e C, pois faz uso de um elemento intrínseco ao programa ATP, no qual se informam os coeficientes do numerador e do denominador do polinômio racional aproximado. O uso do elemento KFDB, no entanto, tem como limitação uma ordem máxima de 25 pólos para representação de funções racionais aproximadas.

No caso do item 1 acima, o pacote *Matrix Fitting Toolbox* elaborado no programa MATLAB e distribuído gratuitamente em (4) disponibiliza uma rotina chamada NETGEN. A NETGEN permite a criação dos ramos do RLC para o ATP de forma a representar a resposta em frequência a ser sintetizada. O procedimento para obter o circuito equivalente elétrico foi originalmente apresentado em (5), sendo aqui apenas brevemente revisto.

Consideremos, a princípio, uma matriz de admitância $Y(s)$, sintetizada com a rotina *Vector Fitting*, gerando uma matriz aproximada, $Y_{fit}(s)$ cujos elementos (i, j) são dados por:

$$Y_{fit}(s)_{ij} = \sum_{m=1}^N \frac{R_{mij}}{s + a_m} + d_{ij} + sh_{ij} \quad (\text{eq.1})$$

O circuito possui ramos entre todos os nós e a referência (terra) que são dados por (quando $i = j$):

$$y_{ii} = \sum_{j=1}^K Y_{fit}(s)_{ij} \quad (\text{eq.2})$$

onde K é o número de nós ligados ao nó i que define também a dimensão da matriz de admitância. Já os ramos que conectam os nós i e j são:

$$y_{ij} = -Y_{fit}(s)_{ij} \quad (\text{eq.3})$$

A título de exemplo, considere um elemento simples (escalar) sintetizado por uma função imprópria (ordem do numerador é superior a ordem do denominador) com 3 pólos, sendo um real e um par de pólos complexo conjugados. Assim,

$$y(s) = \frac{c_1}{s - a_1} + \frac{c' - jc''}{s - (a' - ja'')} + \frac{c' - jc''}{s - (a' + ja'')} + d + sh \quad (\text{eq.2})$$

Para programar a função racional acima no ATP é necessário calcular um circuito RLC equivalente, conforme ilustrado na Figura 1 abaixo. O polo real é representado pelo ramo RL, e o par complexo pelo ramo RL em série com um ramo CG. Por vezes na literatura esse tipo de ramo é chamado de RLCG visto que demanda a conexão em série de dois tipos de ramos RL e RC do ATP. De acordo com a Figura 1, o polo real é representado por um ramo RL série

$$L_1 = \frac{1}{c_1} \quad R_1 = -\frac{a_1}{c_1} \quad (\text{eq.3})$$

e o par de polos complexos é dado por

$$L = \frac{1}{2c'} \quad R = 2L(L(r'a' + r''a'') - a') \quad C = \left(L(a'^2 + a''^2 + 2R(r'a' + r''a'')) \right)^{-1} \quad G = -2LC(r'a' + r''a'') \quad (\text{eq.4})$$

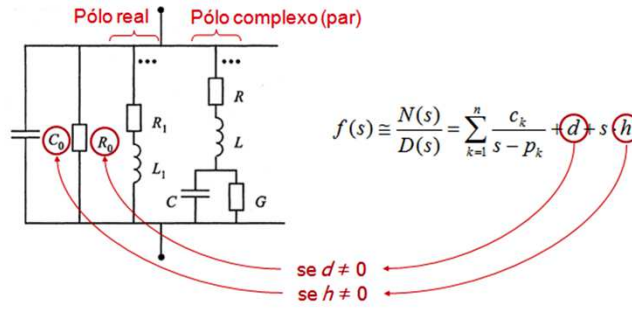


FIGURA 1 – Estrutura básica de um circuito elétrico equivalente composto por elementos R, L, C.

Os valores de quaisquer elementos nos ramos RL ou RLCG, podem ser negativos mesmo quando a estabilidade numérica do sistema é assegurada ao se forçar a passividade do circuito elétrico equivalente. Não há nenhuma relação entre os valores identificados com qualquer possível comportamento do sistema, são elementos de circuito puramente numéricos.

O uso do elemento KFDB como atualmente implementado no ATP, limita-se a representação de funções com ordens relativamente baixas, conforme mencionado acima. O KFDB tem como limitação uma ordem máxima de 25 pólos para representação de funções racionais aproximadas. Ao informar os coeficientes do polinômio (numerador e denominador), tem-se também uma limitação de formato. Neste caso, tem-se até 25 caracteres (dígitos, ponto e potência de 10), não tendo uma limitação quanto ao espaço reservado para os dígitos decimais (formato E25.0 na linguagem FORTRAN), embora menos expressivos também resulta em arredondamentos e truncamentos.

2.1 Imprecisões na representação das funções

Uma das maiores dificuldades que ambos procedimentos encontram se refere a representação de elementos muito pequenos. A Figura 2 é mostrada a admitância própria, vista de um dos terminais de um transformador de potência medida em larga faixa de frequência. É possível notar que o procedimento de ajuste vetorial consegue reproduzir alguns pontos onde há claramente erros nas medições. A Figura 3 apresenta o resultado da varredura em frequência no ATP do circuito RLC equivalente obtido com o NETGEN e da implementação da resposta em frequência usando KFDB. Da referida Figura pode-se notar que há uma dificuldade das duas rotinas de representar os pontos de menor valor da admitância. Muito embora possa se argumentar que as rotinas falham em representar valores muito próximos de zero, também chamados de vales da função no domínio da frequência, deve-se lembrar contudo que no caso de estudos de circuito aberto os vales de admitância tornam-se os picos de impedância e uma perda desses valores pode acarretar em resultados errôneos principalmente quando houver ressonâncias em frequências próximas a esses vales.

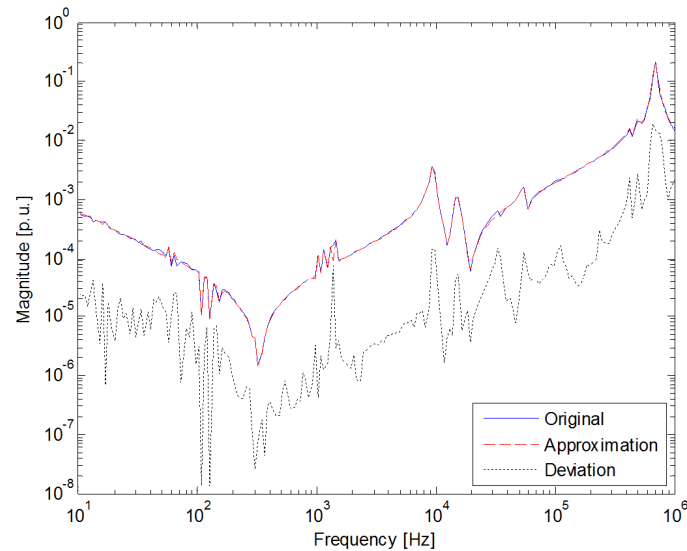


FIGURA 2 – Amplitude da Admitância de um Transformador de Potência medida e sintetizada com o Vector Fitting.

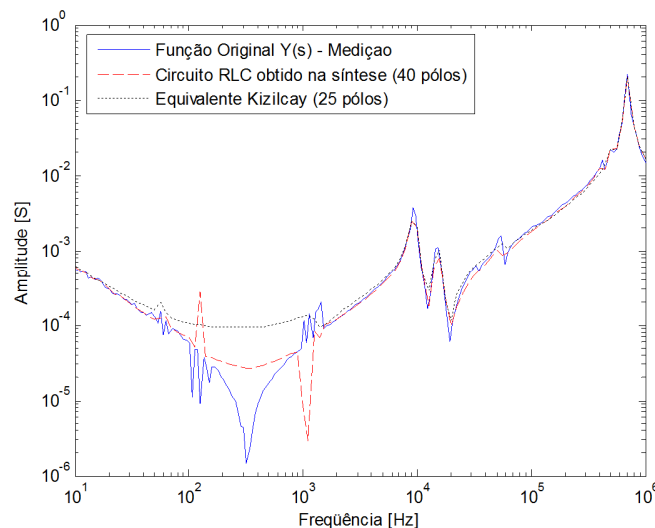


FIGURA 3 – Resposta do Frequency Scan para a representação no ATP da resposta em frequência sintetizada.

Uma investigação das causas dessas imprecisões mostrou que durante o processo de ajuste a rotina acaba identificando polos com uma pequena parte imaginária, são polos muito próximos do eixo real e com parte real elevada. Esses polos devem ser representados pelos ditos ramos RLCG, sendo que os valores R e G devem ser recíprocos, ou seja, $R=1/G$, como se tratam de valores elevados, há um truncamento entre esses valores ocasionando que haja uma circulação de corrente pelo ramo quando não deveria. Esse fato acaba aumentando a admitância de uma forma puramente numérica.

Com o intuito de minimizar esse erro foi feita uma investigação de possíveis soluções mitigatórias. Um aspecto que merece destaque na rotina NETGEN, diz respeito ao formato numérico utilizado para os elementos concentrados. Por convenção (default), a NETGEN, na sua primeira versão, escrevia no arquivo de saída os elementos com a representação em ponto flutuante para números reais, reservando 14 caracteres (dígitos, ponto e potência de 10), sendo 6 caracteres reservados para a os dígitos decimais (formato 14.6e no programa MATLAB). Atualmente, hoje é possível utilizar o formato 16.8e, contudo mesmo nesse caso, conforme mostra o exemplo acima há um erro de arredondamento e truncamento na representação numérica dos elementos RLC no arquivo de saída da rotina NETGEN, inserindo-se assim imprecisões ao modelo computacional. O formato 16.8e coincide com o limite apresentado pelo \$VINTAGE, 1 (E16.0 na linguagem FORTRAN) para a representação com maior precisão no ATP.

Um segundo exemplo considerado foi a da representação de uma linha de transmissão não idealmente transposta. Trata-se de um equivalente de rede obtido através da representação de uma matriz de admitância de uma linha de

transmissão representando explicitamente a transposição. Em outras palavras, trata-se de um circuito composto por quatro linhas de transmissão convencionais sendo que nos terminais receptor de cada LT (com exceção do último trecho) há uma rotação entre os nós terminais. A Figura 4 ilustra o procedimento, como os trechos finais da linha possui o mesmo comprimento temos dois "tipos" de matrizes de admitância nodal, uma para 1/6 do comprimento do circuito, identificado na Fig~\ref{fig:fdne01} pelo índice **a** e outra para um terço do comprimento, identificado pelo índice **b**.

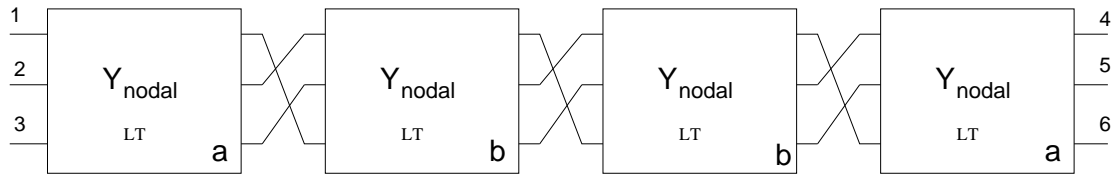


FIGURA 4 – Esquemático para a representação de uma linha de transmissão não idealmente transposta

É um exemplo interessante visto que tal modelo não é disponível em nenhuma das versões de programas de cálculo de transitórios eletromagnéticos existente no mercado. Além do mais essa configuração representa um sistema com multi-entradas e multi-saídas podendo ser considerado inclusive no caso de estudos de funções de transferência entre os terminais da linha de transmissão. Para esse caso é necessário obter a resposta em frequência da linha de transmissão em função dos seis terminais (três de entrada e três de saída). Consideramos um circuito de 230 kV, 200 km. Cada trecho da linha de transmissão foi calculado diretamente no domínio da frequência, i.e., sem as restrições da Rotina LINE CONSTANTS existente no ATP. Para a redução do circuito em apenas os terminais explícitos da linha de transmissão foi realizado o procedimento conhecido como cascata de quadripolos. Após a obtenção das matrizes de quadripolo é possível obter a matriz de admitância nodal relacionando os nós de entrada com os nós de saída. As referências (6) e (7) apresentam maiores detalhes sobre esse procedimento. A Figura 5 apresenta o resultado do ajuste vetorial. Pode-se notar que os dados calculados são bastante próximos daqueles obtidos com o ajuste. Foram considerados 36 polos para o ajuste e a função foi considerada própria, contudo o termo direto D que responde pela resposta no caso da frequência tender ao infinito não foi calculado pelo ajuste e sim considerado igual a parte real da admitância característica calculado a uma elevada frequência. Esse procedimento é fundamental para garantir que a aproximação racional é estável para qualquer tipo de excitação.

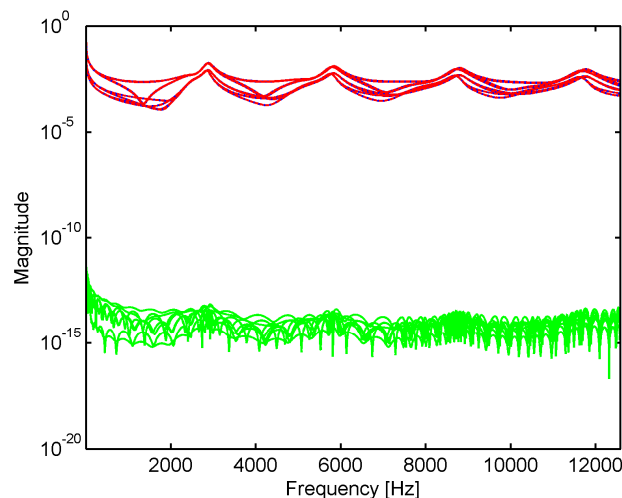


FIGURA 5 – Ajustes da Ybarra de uma LT de 230 kV para a representação de uma linha de transmissão não idealmente transposta, (vermelho – valores calculados, azul tracejado – valores obtidos com a aproximação racional, verde – erro)

Similar ao caso do transformadores, os elementos que apresentam valores muito pequenos não são ajustados corretamente. Para avaliar o impacto na resposta temporal foi considerado um caso relativamente simples. Considerando a estrutura apresentada na Figura 4, o terminal é excitado com um degrau unitário enquanto os terminais 2 e 3 permanecem aterrados, os terminais 4 a 6 permanecem abertos. Para a representação da função racional foram consideradas duas possibilidades, a primeira utilizando o circuito equivalente conforme descrito nesse item e o segundo foi considerando uma rede companheira conforme descrito no próximo item.

Outro ponto a ser considerado é que não necessariamente irá ocorrer o problema de truncamento e da não representação dos pontos de mínimo da admitância. A Figura 7 apresenta a comparação da admitância terminal de um transformador de potência monofásico. Conforme pode ser observado há uma grande concordância entre os resultados medidos e aqueles obtidos com o circuito equivalente.

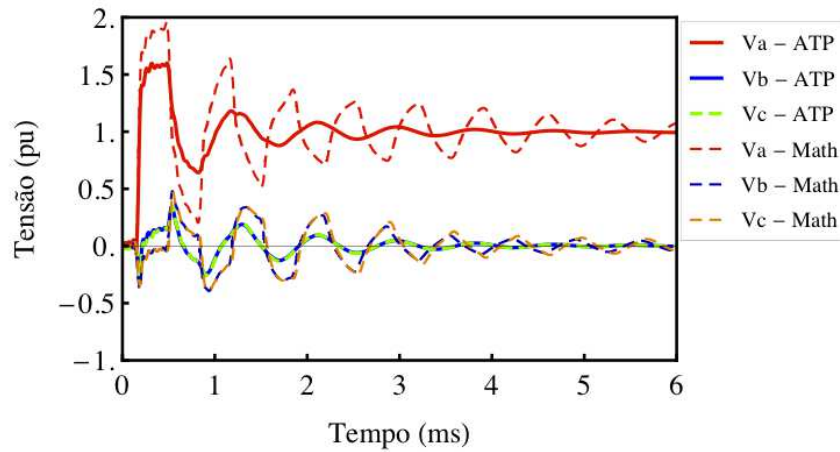


FIGURA 6 – Comparação das respostas obtidas com a rede de RLCs e através de convolução recursiva utilizando o programa Mathematica, os resultados do Mathematica apresentam a legenda (Math).

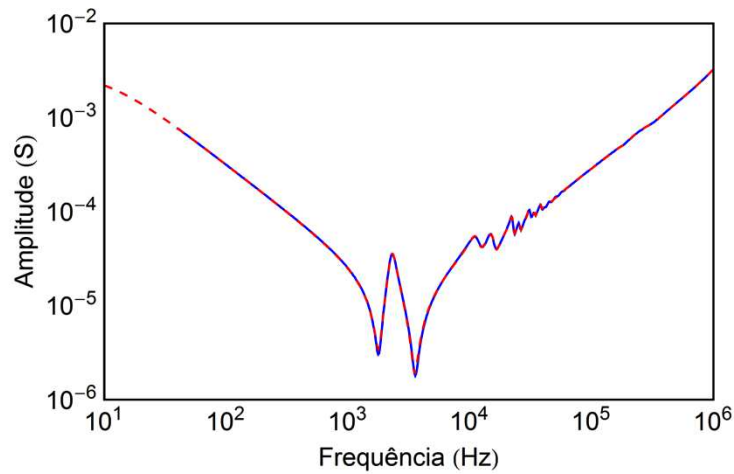


FIGURA 7 – Comparação da amplitude da admitância do transformador -- obtida com o *FREQUENCY SCAN* do ATP (tracejado vermelho) e dados de medição(azul).

4.0 - UTILIZAÇÃO DA REDE COMPANHEIRA

Uma forma de se evitar os problemas de precisão apresentados acima é a utilização da convolução recursiva ou da integração trapezoidal da equação de estado. A admitância sintetizada pelo Vector Fitting por ser uma função racional pode ser representada pela equação de estado conforme mostrado abaixo

$$Y(s) = C(sI - A)^{-1}B + D + sE \quad \text{eq.(5)}$$

onde C é uma matriz de ordem $n \cdot N$ (N é a ordem da função racional, n o número de condutores, dimensão da matriz de admitância considerada), A é uma matriz diagonal complexa contendo os n polos, B é uma matriz seletora de ordem $N \cdot n$ contendo apenas '1' e '0', tanto D quanto E são matrizes reais $n \cdot n$. A representação no ATP de tal sistema é possível utilizando a representação em espaços de estados com para uma entrada em tensão $u(t)$ e uma saída em corrente $i(t)$. A eq. (5) pode ser representada no domínio do tempo pela integração numérica considerando um passo de cálculo Δt , conforme mostrado abaixo.

$$\begin{aligned} x(t) &= \alpha \cdot x(t - \Delta t) + b \cdot u(t - \Delta t) \\ i(t) &= c \cdot x(t) + g \cdot u(t) \end{aligned} \quad \text{eq.(6)}$$

O modelo descrito em eq.(6) representa uma fonte de corrente controlada por tensão em paralelo com uma condutância g . As variáveis de estado podem ser consideradas apenas como um estágio intermediário que define como a fonte de corrente é controlada pela tensão nos terminais do elemento a ser representado. As expressões de α , b , c e g dependem da regra de integração utilizada. Usualmente se considera a integração trapezoidal ou a convolução recursiva. A referência (8) apresenta alguns resultados onde mostra que há casos onde a escolha do método de integração afeta a qualidade do resultado da simulação.

No ATP esse procedimento pode ser implementado utilizando diretamente a MODELS, contudo tal procedimento esbarra nas limitações das listas associadas a MODELS e o próprio desempenho computacional da MODELS.

Comparações utilizando a síntese de diferentes funções mostraram que a MODELS chega ser de vinte a cinquenta vezes mais lento quando comparado com o modelo sintetizado usando RLCs. A opção, portanto, passa a ser o uso da *foreign function* da MODELS, nesse caso uma rotina escrita em C ou FORTRAN é necessária. Ela deve conter o procedimento para a atualização da fonte de corrente. Dessa forma o modelo se torna bem mais eficiente e até mesmo numericamente robusto, uma vez que precisão dupla é utilizada em todos os elementos da função. O ato de "linkar" um programa ao ATP implica na criação de um executável além do 'tpbig.exe' usualmente criado como 'mytpbig.exe'. Para esse procedimento é necessário lançar mão de um compilador C ou FORTRAN. Escolhemos o GCC, (GNU C Compiler) primeiro porque consiste numa implementação ANSI-C e segundo pois é um programa distribuído gratuitamente sob a licença GPL (GNU Public License), portanto não possuindo limitações de uso. De fato algumas ferramentas do GCC são distribuídas nos sites de acesso restrito do ATP. A referência (9) apresenta maiores detalhes sobre todo o procedimento.

Para avaliar a resposta dos modelos a excitação de mais ampla gama de frequência foi considerado a aplicação de um impulso cortado a um autotransformador de potência com enrolamento terciário. O impulso consiste numa onda típica 1,2x50 μ s cortada em 2 μ s. A Figura 8 apresenta a resposta no domínio do tempo para o secundário quando o primário do autotransformador é excitado por um impulso cortado de tensão. Para esse ensaio foi necessário o uso da convolução recursiva, a integração trapezoidal apresentou oscilações numéricas, similares às encontradas em (9).

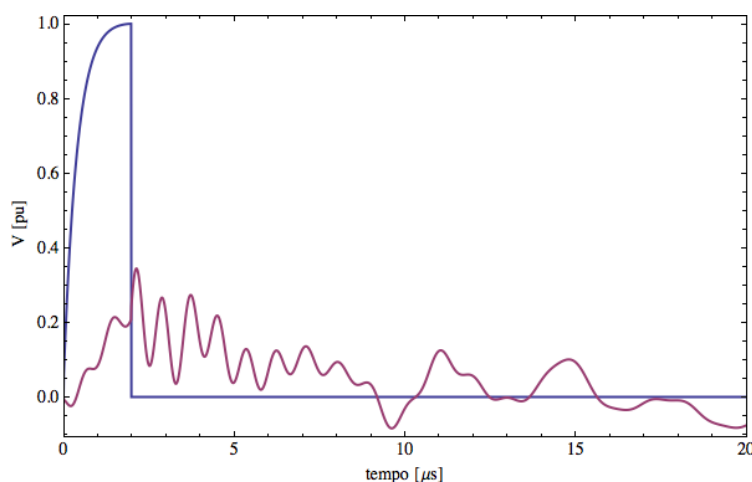


FIGURA 8 – Resposta de tensão para o ensaio de impulso cortado realizado utilizando a convolução recursiva.

5.0 - CONCLUSÃO

Nesse Informe Técnico apresentamos alguns dos aspectos para a representação de redes variantes na frequência no programa ATP. Atualmente, o ATP dispõe da MODELS e da TACS para a representação de funções de transferência, contudo nenhuma das duas rotinas se adéqua à utilização de funções em ordem elevada. Tipicamente, a MODELS e a TACS podem representar funções próprias e estritamente próprias de ordem dez ou inferior. Uma forma de superar as limitações do ATP é a utilização de uma rede companheira (fonte de corrente controlada em paralelo com admitância). Este tipo de formulação permite tanto a representação de equivalentes monofásicos ou de circuitos acoplados. Muito embora não discutido no presente documento, a partir do ajuste da admitância terminal, i.e. síntese da admitância terminal utilizando frações parciais é necessário um processo de pós-processamento para garantir que a função sintetizada é passível. Em todos os casos aqui considerados foram aplicadas rotinas que forçam a passividade da rede sintetizada.

O emprego de equivalentes baseados nos elementos RLC deve ser empregado com cuidado visto que erros numéricos devido a limitação de precisão (truncamentos e arredondamentos em operações de ponto flutuante) dos ramos do ATP. Programas comerciais permitem de forma mais direta a inclusão de elementos definidos pelo usuário. Seria interessante se no futuro o grupo de usuários do ATP desenvolvesse ferramentas com possibilidades semelhantes. A metodologia apresentada aqui permite que os usuários que utilizam o ATP não fiquem limitados à utilização de componentes já existentes no programa para a modelagem detalhada de diversos equipamentos como transformadores de potência, linhas de transmissão e equivalentes de rede que demandam larga faixa de frequência.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) J. A. Martinez-Velasco, (ed.), "Power System Transients: Parameter Determination", CRC Press, 2007

- (2) T. Henriksen, "Including high order rational functions in EMTP: a comparison between alternative methods with emphasis on accuracy," *IEEE Trans. on Power Delivery*, vol. 12, no. 1, pp. 372-379, 1997
- (3) J. A. Martinez-Velasco, "Power quality using electromagnetic transients programs, In: Proceedings of the ICHQP'98 – International Conference on Harmonics and Quality of Power, Athens, Greece, 1998
- (4) B. Gustavsen, "Vector Fitting Web Site," disponível em: <http://www.energy.sintef.no/Produkt/VECTFIT/index.asp>
- (5) B. Gustavsen, "Computer code for rational approximation of frequency dependent admittance matrices," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 17, no. 4, pp. 1093-1098, 2002.
- (6) L. A. A. Souza, "Estudos de Linhas de Transmissão Não-Uniformes no Domínio da Frequência," Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Mar. 2009
- (7) L. A. A. Souza, A. Lima, S. Carneiro Jr., "Modelling Overhead Transmission Lines with Large Asymmetrical Spans," In Proc: *International Power System Conference*, IPST 2011, Delft, Netherlands, 2011
- (8) A. Rocha, A. Lima, A. Pena, S. Moreira, "Impact of Transformer Modeling in Assessing Dielectric Failure Analysis", In Proc: *International Power System Conference*, IPST 2011, Delft, Netherlands, 2011
- (9) O. Hevia, "Compilacion del ATP al alcance del usuário," *Revista Iberoamericana del ATP*, vol. 2, 2002, CAUE

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Antonio C. S. Lima

acsl@dee.ufrj.br

Recebeu os títulos de Engenheiro (Fev. 1995), Mestre (Fev. 1997) e Doutor (Dez. 1999) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Em 1998 atuou como Visiting Scholar no Department of Electrical Engineering, The University of British Columbia, de Planejamento Elétrico, de 2000 a 2002 atuou no Operador Nacional do Sistema Elétrico, atualmente é Professor da COPPE/UFRJ e da Escola Politécnica Poli/ UFRJ.

Alécio B. Fernandes

alecio.b.fernandes@gmail.com

Graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em 1994. Recebeu os títulos de mestrado (M. Sc.) e doutorado (D. Sc.) em engenharia elétrica pela mesma universidade em 1996 e 2001, respectivamente. No ano de 1996, trabalhou como professor do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPB, em Campina Grande, PB, Brasil. De 1996 à 1998 trabalhou como engenheiro do Consórcio de Alumínio do Maranhão (ALUMAR) em São Luis, MA, Brasil. De 2001 à 2003 trabalhou como Diretor de Pesquisas do NEPEN (Núcleo de Estudos e Pesquisas do Nordeste), em Aracaju, SE, Brasil. De 2003 à 2005 trabalhou como consultor do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, em Recife, PE. Desde 2005 trabalha como engenheiro especialista do ONS.