



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

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

GRUPO -10

GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GDS

**ESTUDOS DE TRANSITÓRIOS ELETROMECÂNICOS NO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DA CHESF
UTILIZANDO MODELOS DE CARGA DINÂMICA BASEADOS EM MEDIÇÕES.**

Janaina M. de S. C. Costa*
CHESF

Nóbyle R. B. Sobrinho

Igor F. Visconti

Luiz F. W. de Souza
CEPEL

RESUMO

O modelo de carga atualmente adotado nos estudos de transitórios eletromecânicos é o ZIP. No entanto, a CHESF tem verificado que este modelo não representa adequadamente a dinâmica da carga atendida pelo seu sistema de transmissão, principalmente na recuperação da tensão pós-afundamento. Diante disto, a CHESF e o CEPEL vêm investindo no desenvolvimento de modelos dinâmicos de carga, baseados em medição, a serem implementados no ANATEM.

Este trabalho apresenta a metodologia utilizada e alguns resultados alcançados, mostrando que o modelo proposto gera uma resposta mais satisfatória do que aquela obtida com o modelo ZIP, quando comparada com registros de medição.

PALAVRAS-CHAVE

Modelagem de Carga, Transitórios Eletromecânicos, Simulações Dinâmicas, Registros de Perturbação, Operação de Sistemas.

1.0 - INTRODUÇÃO

No problema de análise de estabilidade eletromecânica de sistemas elétricos, em geral há modelos matemáticos satisfatórios para a representação de geradores, linhas de transmissão, transformadores e demais elementos da rede que influenciam o comportamento dinâmico dos sistemas. Entretanto, a adequada modelagem da carga sempre foi um desafio. A carga vista pela rede de transmissão pode ser tanto um grande consumidor industrial quanto um conjunto de consumidores e redes elétricas das concessionárias de distribuição, com toda a sua diversidade e comportamento estocástico, o que torna sua modelagem complexa.

Atualmente, para os estudos de transitórios eletromecânicos, os agentes do Sistema Interligado Nacional (SIN) adotam a representação simplificada e tradicional do comportamento das cargas através do modelo ZIP. Este modelo, no entanto, representa apenas de forma aproximada o comportamento dinâmico da carga, podendo por vezes, levar a erros nas tomadas de decisões, uma vez que tendem a produzir resultados diferentes daqueles observados na prática. Essas diferenças são especialmente notáveis no comportamento de tensões após eliminação de defeitos e na potência reativa. No âmbito da Operação, algumas vezes, não se consegue reproduzir ocorrências através de simulações por não se dispor de um modelo que represente fielmente o comportamento da carga de um ou mais barramentos nas condições observadas durante o evento sob análise.

Diante disto, a CHESF e o CEPEL vêm trabalhando no desenvolvimento de modelos matemáticos de cargas dinâmicas, baseados em medições, para simulações de transitórios eletromecânicos no ANATEM. Os modelos propostos, frutos dessa cooperação, são lineares, representados por uma função de transferência de segunda ordem cuja variável de entrada é a tensão no barramento e a variável de saída é a potência ativa ou reativa da

(*) Rua Delmiro Gouveia, 333, Sala A312, CEP 50761-901, Recife-PE, Brasil -
Tel: (+55 81) 3229-4177 – Fax: (+55 81) 3229-4174 – Email: jmirses@chesf.gov.br

carga. Os parâmetros do modelo são obtidos por algoritmos baseados em técnicas de inteligência artificial. Uma característica importante do modelo, que garante sua abrangência, é o fato deste ter um ganho auto-ajustável ao ponto de operação pré-distúrbio, de maneira a representar satisfatoriamente, com um mesmo conjunto de parâmetros, qualquer patamar de carga. As informações sobre o comportamento das cargas são retiradas de registros de afundamentos de tensão armazenados continuamente nos bancos de dados do Sistema de Medição de Qualidade de Energia Elétrica da CHESF.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar as etapas para obtenção de um modelo dinâmico de carga baseado em medições e os resultados alcançados na aplicação dos modelos desenvolvidos em estudos de caso no ANATEM. A título de validação, os resultados de simulação serão comparados com registros de campo. Os resultados obtidos mostram que o modelo de carga proposto gera uma resposta dinâmica mais satisfatória do que aqueles obtidos com o modelo ZIP. Este trabalho foi feito no âmbito do Projeto Qualicarga, que faz parte da carteira de Projetos Institucionais do CEPEL para as empresas do Sistema Eletrobrás.

MODELO ESTÁTICO ZIP

Devido à falta de informação sobre o comportamento das cargas diante das variações de tensão e/ou frequência, o modelo mais largamente empregado atualmente nos estudos de transientes eletromecânicos é o modelo ZIP. Este modelo é uma combinação linear dos modelos impedância constante (Z), corrente constante (I) e potência constante (P). Os percentuais desta combinação - α_1 , α_2 e α_3 para $P(t)$, e α_4 , α_5 e α_6 para $Q(t)$ - são parâmetros definidos de acordo com a natureza da carga a ser modelada.

Neste modelo, a potência ativa $P_{ZIP}(t)$ e a potência reativa $Q_{ZIP}(t)$ são funções polinomiais de grau 2 da tensão no instante t e da condição inicial definida (P_0 , Q_0 e V_0). Assim, temos :

$$P_{ZIP}(t) = P_0 \left[\alpha_1 \cdot \left(\frac{V(t)}{V_0} \right)^2 + \alpha_2 \cdot \left(\frac{V(t)}{V_0} \right) + \alpha_3 \right]$$

$$Q_{ZIP}(t) = Q_0 \left[\alpha_4 \cdot \left(\frac{V(t)}{V_0} \right)^2 + \alpha_5 \cdot \left(\frac{V(t)}{V_0} \right) + \alpha_6 \right]$$

onde: $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ e $\alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 = 1$.

O modelo ZIP tem tido sucesso em aproximar de forma simples o comportamento da carga nos estudos sistemáticos de estabilidade eletromecânica da rede. Contudo, no modelo ZIP, o valor das potências ativa e reativa, num determinado instante, dependem apenas dos valores de tensão no mesmo instante, o que o caracteriza como um modelo estático, que deconsidera o efeito dos valores de tensão e potência amostrados imediatamente antes do instante em questão (4)(8).

2.0 - MODELO DINÂMICO PROPOSTO

A CHESF possui consumidores de energia elétrica conectados a seus barramentos de 230kV (11), 138kV e 69kV (2)(3). Seu sistema de transmissão conta com uma rede de monitoração de grande porte, formada por registradores digitais de perturbação (RDP) e “qualímetros” que constituem o Sistema de Medição de Qualidade de Energia (SMQEE) da CHESF, sendo possível monitorar nos seus barramentos de fronteira (BF) grandezas elétricas que descrevem o comportamento dinâmico do bloco de carga conectada a estes (ver FIGURA 1).

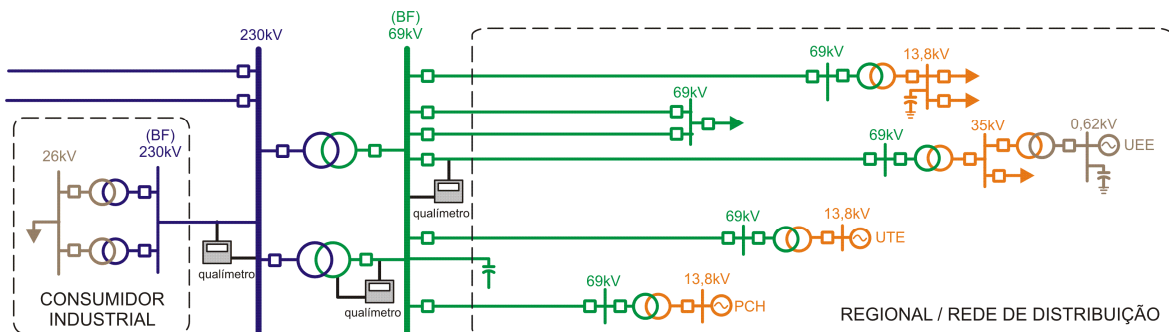


FIGURA 1 - Diagrama esquemático da rede básica da Chesf e de seus consumidores

O modelo proposto é um Modelo Dinâmico Autorregressivo (5), cujos parâmetros são estimados a partir do banco de dados do SMQEE. A estimação de modelos de carga baseada em medições (1)(3)(8) é uma abordagem sistemática que busca modelos de cargas equivalentes para representar a composição de várias cargas de naturezas distintas das redes de distribuição que, em alguns casos, contêm, interligadas ao seu sistema, plantas de geração eólica, térmica e PCH; como também busca modelar consumidores industriais. (ver FIGURA 1).

A estrutura matemática do modelo autorregressivo proposto é apresentada em :

$$P_{ARX}(t) = P_O \left[\sum_{m=1}^n \omega_{mp} \frac{P_{ARX}(t-m)}{P_O} + \sum_{m=0}^n \omega_{mvp} \frac{V(t-m)}{V_O} \right]$$

$$Q_{ARX}(t) = Q_O \left[\sum_{m=1}^n \omega_{mq} \frac{Q_{ARX}(t-m)}{Q_O} + \sum_{m=0}^n \omega_{mvq} \frac{V(t-m)}{V_O} \right]$$

Onde:

- $P_{ARX}(t)$, $Q_{ARX}(t)$ e $V(t)$ – são, respectivamente, os valores de potência ativa (MW), reativa (Mvar) e tensão (kV) para os diversos instantes de amostragem t .
- P_O , Q_O e V_O – são os valores da potência ativa, reativa e de tensão em regime permanente – nas simulações do ANATEM, são oriundos do fluxo de potência convergido no ANAREDE.
- ω_{1p} , ω_{2p} , ω_{0vp} , ω_{1vp} , ω_{2vp} – são os parâmetros do modelo da potência ativa, que para satisfazer as condições iniciais $P(t=0)=P_O$ estão sujeitos à restrição $\omega_{1p} + \omega_{2p} + \omega_{0vp} + \omega_{1vp} + \omega_{2vp} = 1$
- Analogamente $\omega_{1q} + \omega_{2q} + \omega_{0vq} + \omega_{1vq} + \omega_{2vq} = 1$ para os parâmetros do modelo da potência reativas.
- $P_{ARX}(t-m)$, $Q_{ARX}(t-m)$ e $V(t-m)$ – são respectivamente os valores de potência ativa, reativa e tensão nos instantes de amostragem $t-m$, onde $m=1,2$ e por isso, o modelo é classificado como de segunda ordem.

2.1 Metodologia de Obtenção dos Modelos Baseado em Medições

Podemos resumir a metodologia utilizada para a obtenção do modelo proposto, em quatro etapas:

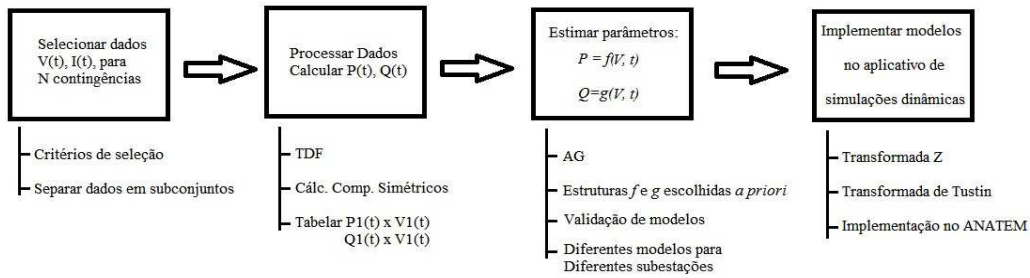


FIGURA 2 - Resumo da metodologia utilizada para a modelagem de carga

Etapa 1- Seleção de Dados

Medidores de qualidade de energia do SMQEE (conhecidos como “qualímetros”) são programados para registrar dados quando ocorrem Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD). A FIGURA 3 apresenta registros de tensões (a) e correntes (b) de uma VTCD registrada num barramento de 69 kV.

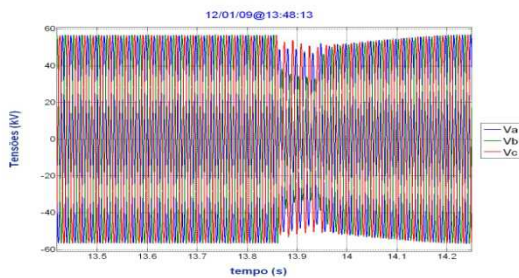


FIGURA 3(a) - Tensões de Fase-Neutro

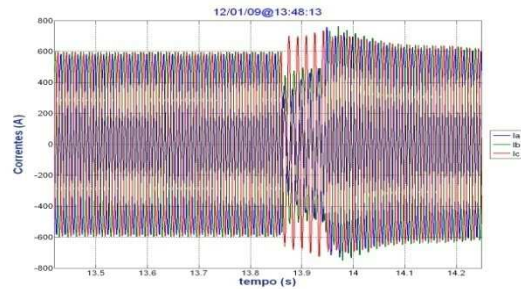


FIGURA 3(b) – Correntes de fase

Etapa 2 - Processamento de Dados

Como o objetivo é a obtenção de modelos de sequência positiva, para uso no Anatem, aplica-se a Transformada Discreta de Fourier (TDF) (10) e uma transformação abc-012 (8) às formas de onda de tensão e corrente selecionadas. Assim, são obtidos fasores de tensões e correntes de sequência positiva. Com estas tensões e correntes, são calculadas as potências ativa e reativa de sequência positiva (FIGURA 4), conforme descrito em (6)(7).

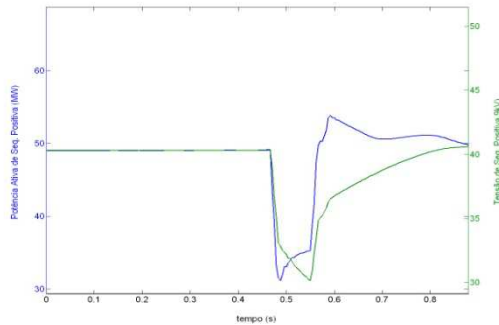


FIGURA 4(a) - Pot. Ativa de Seq. Pos. x Tensão de Seq. Pos.

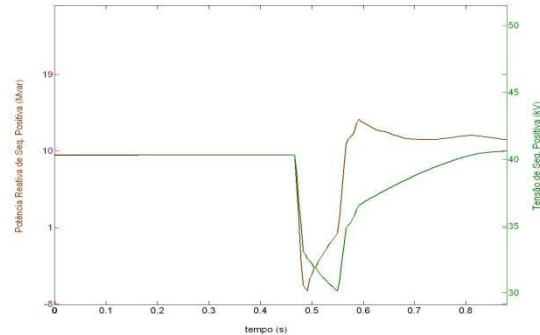


FIGURA 4(b) - Pot. Reativa de Seq. Pos. x Tensão de Seq. Pos.

Etapa 3 - Estimação dos Parâmetros

A modelagem de carga baseada em medição consiste essencialmente numa tarefa de identificação de sistemas, que permite construir modelos matemáticos de sistemas dinâmicos, a partir de conjuntos de dados reais de entrada e saída dos sistemas de interesse, que descrevem o comportamento padrão de um fenômeno (5). Assim, adotando o modelo descrito em (3) e (4), seus parâmetros serão definidos com base nos dados de medição da rede de qualimetria, através de uma rotina de cálculo baseada em um Algoritmo Genético (AG).

AG é uma técnica de otimização, desenvolvida para achar soluções exatas ou aproximadas (*quasi-ótimas*) de uma função-objetivo, sujeita (ou não) a restrições lineares e/ou não-lineares (5). A função-objetivo a ser minimizada é o somatório do erro médio quadrático entre curvas de potência medidas pelo SMQEE e calculadas pelo modelo autorregressivo, para cada um dos pontos de tensão e potências registrados durante o distúrbio (2)(3)(7). O algoritmo foi implementado no Matlab.

Há uma etapa de pré-processamento, na qual o banco de dados do SMQEE é analisado para seleção dos eventos a serem usados no algoritmo. Os dados dos eventos – data, hora, local, características de tensão e formas de onda de tensão e corrente – são importados pelo Matlab. O algoritmo genético é executado, tendo como entrada o conjunto de eventos selecionados para treinamento. Os parâmetros estimados são utilizados para calcular o comportamento da carga perturbada por VTCD. As curvas de potência obtidas são comparadas com as curvas registradas pelo SMQEE, separadas em um conjunto de dados de validação.

A figura abaixo mostra um exemplo do processo de validação para a carga conectada a barra de 69kV da SE Bongi da CHESF. São comparadas as curvas medidas (vermelho) com as calculadas (azul). No alto de cada uma das FIGURAS, aparece o modelo que representa todas as curvas Pcalc (FIGURA 5a) e Qcalc (FIGURA 5b), com o mesmo conjunto de parâmetros representando as 4 ocorrências registradas em dias diferentes, para tipos de distúrbios distintos, mostrando a boa abrangência obtida com a metodologia.

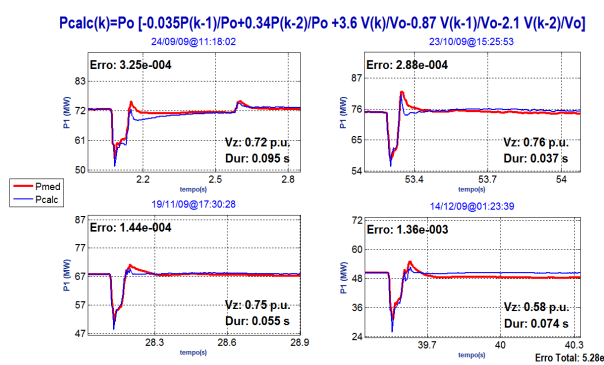


FIGURA 5(a) - Estimação dos parâmetros de P

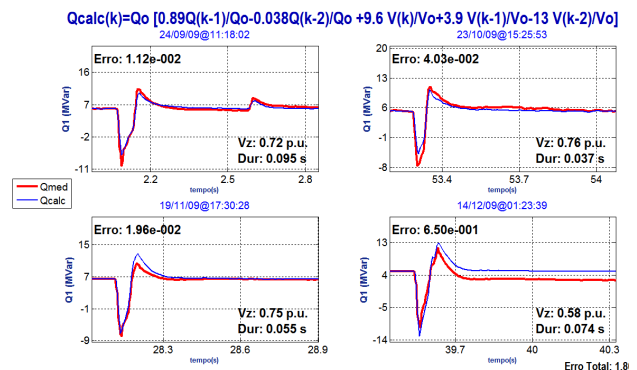


FIGURA 5(b) - Estimação dos parâmetros de Q

Etapa 4 - Implementação do Modelo Autorregressivo no ANATEM

O ANATEM é a ferramenta computacional, desenvolvida pelo CEPEL, utilizada pelo setor elétrico brasileiro para simulação de transitórios eletromecânicos no domínio do tempo. Este programa faz a “simulação de estabilidade eletromecânica de sistemas multimáquinas de grande porte, usando o esquema de solução alternado implícito com método trapezoidal” (9). Uma vez que o programa resolve equações algébrico-diferenciais usando um passo de integração fixo, é difícil a implementação de um modelo discreto, baseado em equações a diferenças. Assim sendo, foi obtido um modelo equivalente contínuo, implementável no ANATEM via controlador definido pelo usuário (CDU).

Para os modelos autorregressivos de segunda ordem descritos em (3) e (4), é possível obter uma função de transferência discreta entre potência e tensão, aplicando a Transformada Z (10). A partir da função de transferência discreta, utilizando a transformação de Tustin ou bilinear (10), chega-se a uma função de transferência contínua equivalente, conforme a seguir:

$$H_p(s) = \frac{P(s)}{V(s)} = \frac{P_o}{V_o} \left[\frac{\alpha_{0vp}s^2 + \alpha_{1vp}s + \alpha_{2vp}}{s^2 + \alpha_{1p}s + \alpha_{2p}} \right]$$

$$H_q(s) = \frac{Q(s)}{V(s)} = \frac{Q_o}{V_o} \left[\frac{\alpha_{0vq}s^2 + \alpha_{1vq}s + \alpha_{2vq}}{s^2 + \alpha_{1q}s + \alpha_{2q}} \right]$$

Na implementação destes modelos de cargas no ANATEM, foi necessário impor uma restrição para as soluções viáveis baseada na teoria de controle (10). Assim, a rotina baseada em AG só seleciona parâmetros tais que os pólos das funções de transferência tenham módulo menor que um e consequentemente os pólos das funções de transferência $H_p(s)$ e $H_q(s)$ tenham parte real menor que zero.

O modelo possui uma importante diferença em relação a outros modelos autorregressivos de carga baseados em equações a diferenças. Um único conjunto de parâmetros (ω_*) pode representar a carga para diferentes condições de carregamento da rede (e.g., leve, média e pesada). Isso é possível porque, inspirando-se no modelo ZIP, o modelo dinâmico proposto é ajustado em função do ponto de operação do sistema em regime permanente, de forma a incorporar o carregamento pré-distúrbio (P_0 e Q_0) do barramento de carga (3) como um ganho auto-ajustável ao ponto de operação em regime permanente, conforme mostrado na figura a seguir.

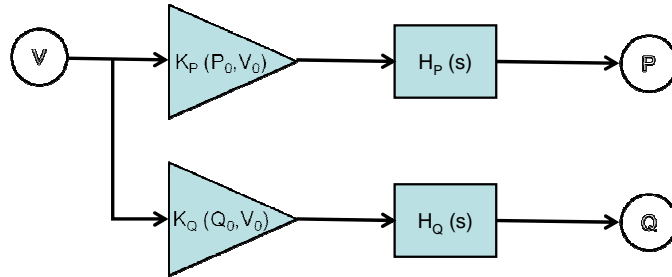


FIGURA 6 - Representação esquemática dos modelos de potência ativa e reativa através de funções de transferência no domínio de tempo contínuo

3.0 - RESULTADOS DE SIMULAÇÃO NO ANATEM

Como exemplo de aplicação dos modelos propostos, foram realizadas simulações no ANATEM para reproduzir o comportamento dinâmico da tensão e das potências ativa e reativa em diversas subestações, durante uma ocorrência na área Leste do sistema CHESF.

3.1 Descrição do Evento

Com o sistema em operação normal, estando fora de operação a LT 04M8 (AGL-MSI), houve um curto-circuito bifásico na LT 04M7 (AGL-MSI), seguido da perda dessa linha de transmissão. A saída desse circuito provocou afundamentos de tensão de variadas magnitudes nas barras de 230kV e 69kV da área Leste da Chesf, com uma lenta recuperação da tensão. Posteriormente, as duas linhas AGL-MSI foram religadas. A FIGURA 7 mostra um diagrama simplificado da área Leste do sistema CHESF.

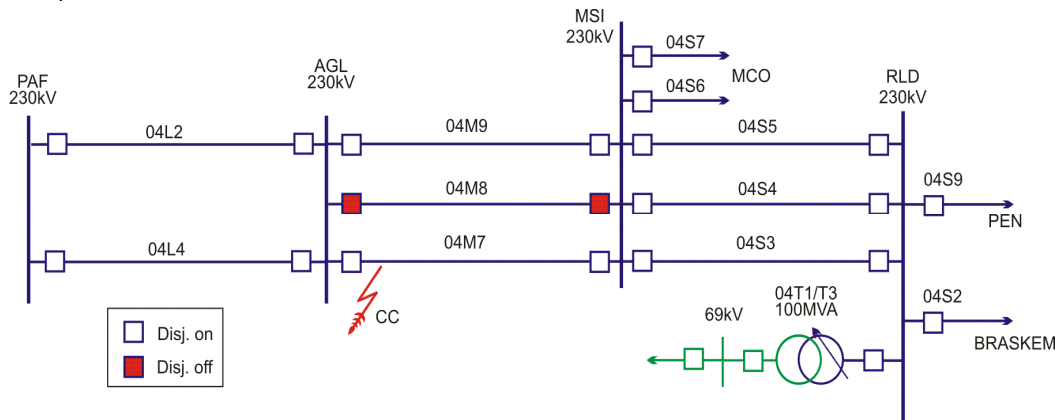


FIGURA 7 - Diagrama simplificado de um trecho da área Leste do sistema CHESF

3.2 Simulações

As simulações foram realizadas no ANATEM considerando o sistema com a configuração e carregamento o mais próximo possível daquela observada no momento do evento. Apesar da FIGURA 7 mostrar apenas a região próxima das barras monitoradas, as simulações incluem todo o SIN.

Buscando reproduzir com maior fidelidade as tensões e potências medidas, realizou-se uma simulação em que cerca de 80% da carga da área Leste do sistema Chesf foram representados pelo modelo dinâmico proposto (7). Os parâmetros dos modelos foram obtidos a partir de registros de variados eventos de afundamento em cada um dos barramentos de carga, usando a metodologia descrita na seção 2.1. As demais cargas foram mantidas com modelo ZIP, com os parâmetros atualmente adotados.

O evento selecionado mostra um caso severo de recuperação de tensão (cerca de 450 ms) após a eliminação do defeito. As FIGURAS 8(a) e 8(b) mostram exemplos de tensões medidas e simuladas (tanto com o modelo ZIP quanto com o modelo ARX proposto), para as SE Rio Largo 69 kV e Pirapama 69 kV. Percebe-se que o modelo ZIP superestima os afundamentos durante o defeito, enquanto não representam a recuperação da tensão após sua eliminação. Com a modelagem proposta, reproduziu-se precisamente o comportamento da tensão em Rio Largo. Já em Pirapama, o modelo apresenta resultado superior ao modelo ZIP, mas não representa com a mesma precisão a recuperação da tensão. Deve-se ressaltar que os resultados mostrados foram obtidos com modelos “abrangentes”, cujos parâmetros foram obtidos para um conjunto de registros cuja maior parte dos dados não possui recuperação tão lenta da tensão. Para reprodução de uma ocorrência específica, pode-se sempre obter um modelo ajustado para os registros de campo daquela ocorrência.

As FIGURAS 9(a) e (b) mostram resultados de potência reativa para as Subestações Bongi 69 kV e Campina

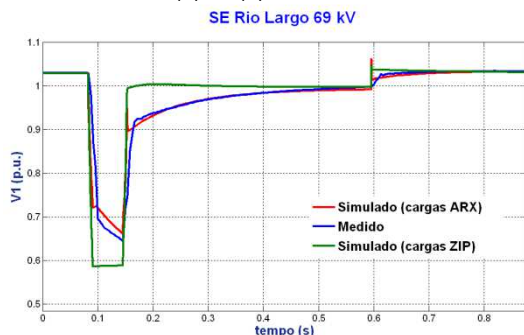


FIGURA 8(a) - Análise das curvas de Tensão em Rio Largo 69 kV - AL

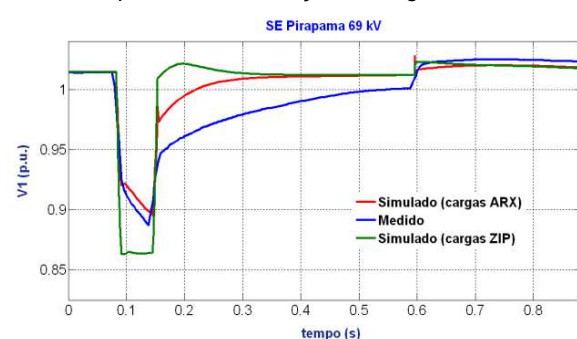


FIGURA 8(b) - Análise das curvas de Tensão em Pirapama 69 kV – PE

Grande 69 kV, enquanto as FIGURAS 10(a) e (b) mostram resultados de potência ativa para as subestações de

Mussurê 69 kV e Angelim 69 kV. O resultado de potência reativa de Bongi mostra que o modelo proposto consegue reproduzir o comportamento de inversão do sinal de Q ao longo de um afundamento de tensão. Também mostrou um comportamento superior ao ZIP após a eliminação do defeito. Já em Campina Grande, embora represente corretamente o comportamento da potência reativa durante o afundamento, o modelo dinâmico apresentou um aumento após a eliminação do defeito inexistente, superior ao apresentado pelo modelo ZIP. Os resultados de potência ativa simulados pelos modelos ZIP e ARX são parecidos em ambos os casos, embora em Angelim o modelo ZIP não mostre a queda da potência no início do defeito, nem a alevação da mesma logo após sua eliminação.

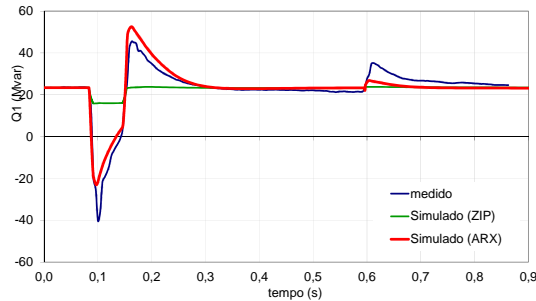


FIGURA 9(a) - Análise das curvas de Pot. Reativa em Bongi 69 kV - PE

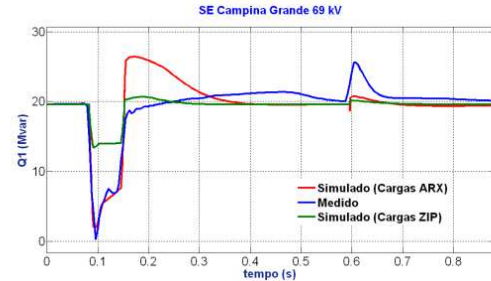


FIGURA 9(b) - Análise das curvas de Pot. Reativa em Campina Grande 69 kV - PB

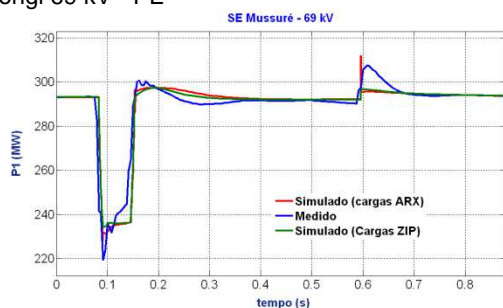


FIGURA 10 (a) - Análise das curvas de Pot. Ativa em Mussurê 69 kV - PB

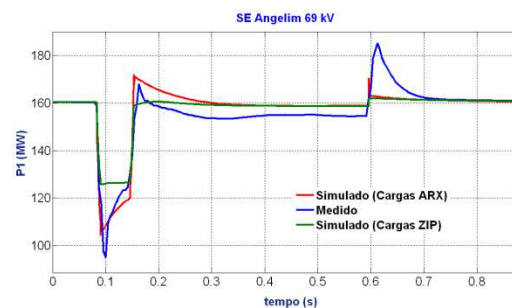


FIGURA 9(b) - Análise das curvas de Pot. Ativa em Angelim 69 kV - PE

4.0 - CONCLUSÃO

O artigo apresentou uma metodologia para obtenção de modelos de carga para consumidores conectados à rede básica da CHESF, a partir de registros de medição. A metodologia proposta foi comparada com registros de campo e constatou-se que:

- A metodologia foi capaz de estimar os parâmetros do modelo com sucesso. Além disso, é possível obter um modelo equivalente implementável no ANATEM. A característica de um ganho auto-ajustável torna o modelo abrangente e utilizável para diferentes eventos e carregamentos do sistema.
- Os resultados obtidos demonstram a eficácia conseguida na representação das cargas através de um modelo cujos parâmetros são obtidos de forma sistemática e eficaz a partir de medições já disponíveis atualmente na CHESF. Uma vez definido o objetivo final do estudo, os dados para estimação de parâmetros podem ser separados em subconjuntos que representem uma ocorrência de interesse ou várias condições de um sistema de potência, obtendo um modelo mais geral.
- Pela definição da estrutura do modelo ZIP, cujos parâmetros são sempre positivos, constatou-se que o mesmo não é capaz de representar a potência reativa quando o fator de potência daquele barramento for capacitivo. Já o modelo autorregressivo consegue representar cargas com fator capacitivo.

As comparações entre os modelos ZIP e o modelo proposto para as subestações de 69 kV e consumidores industriais em 230kV (11) já investigadas, mostram que:

- A resposta da tensão depende da quantidade de subestações com cargas modeladas dinamicamente. Em áreas com poucas cargas modeladas, as diferenças entre tensões dos modelos ZIP e dinâmico são pequenas. Quando há muitas cargas modeladas, os resultados obtidos com o modelo dinâmico mostram uma recuperação bem mais lenta da tensão após a eliminação do defeito do que o modelo ZIP, reproduzindo comportamentos observados na prática.

- A potência ativa obtida pelo modelo dinâmico e pelo modelo ZIP são equivalentes, embora o modelo dinâmico represente melhor o comportamento pós-defeito, principalmente quando há elevações de potência significativas, fenômeno usualmente associado à reaceleração de motores.
- As maiores diferenças entre os modelos acontecem na potência reativa. O modelo proposto precisa ser melhorado para se tornar mais abrangente para a potência reativa, especialmente em subestações onde o fator de potência é ora capacitivo, ora indutivo. Ainda assim, os resultados obtidos pelo modelo dinâmico em geral são superiores ao modelo ZIP. O modelo dinâmico foi capaz de, durante o afundamento de tensão, inverter o sinal da potência reativa para alguns casos, tornando-se capacitivo, reproduzindo um fenômeno visto inúmeras vezes nos registros do SMQEE.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) E. Vaahedi H. M. Z. El-Din. W. W. Price. "Dynamic Load Modeling in Large Scale Stability Studies". *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 3, No. 3, August 1988, 1039-1045.
- (2) Visconti, I. F.; Souza, L. F. W.; Costa, J.M.S.C.; Sobrinho, N.R.B. . "Estimação de Parâmetros de Modelos de Carga Dinâmicos usando Algoritmos Genéticos". *Anais do III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos*, Belém, 2010.
- (3) Visconti, I. F.; Souza, L. F. W.; Costa, J.M.S.C.; Sobrinho, N.R.B. "Modelagem de Carga para Estudos Dinâmicos com uma Abordagem de Identificação de Sistemas". *Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Automática*, Bonito-MS, 2010.
- (4) IEEE Committee Report, "Load Representation for Dynamic Performance Studies", *IEEE Transactions on Power systems*, Vol. 8, No 2, pp.472-482, May 1993.
- (5) L. Ljung, *System Identification, Theory for the user*, New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1987.
- (6) Visconti, I. F.. "Modelos de Cargas Baseados em Medições para Simulações Dinâmicas nos Sistemas Elétricos de Potência". Dissertação de Mestrado, PUC - Rio de Janeiro, 2010.
- (7) Visconti, I. F., Souza, L. F. W., Ross, R. P. D., Costa, J. M. S. C., Sobrinho, N. R. B. "Modelagem de Carga baseada em Monitoração de Qualidade de Energia: um Problema de Identificação de Sistemas", *VIII CBQEE*, Blumenau, 2 a 5 de agosto de 2009.
- (8) Kundur, P., *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill, 1994.
- (9) Cepel, *Manual do Anatem*.
- (10) Oppenheim, A. V., et al., *Discrete-Time Signal Processing*, Prentice Hall, N.J, 2nd ed, 1999.
- (11) Costa, J. M. S. C, V..., Sobrinho, N. R. B, Visconti, I. F., Souza, L. F. W. " Representação de Consumidores Industriais em Estudos de Transitórios Eletromecânicos, XIV ERIAC, Paraguai, maio 2011.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Janaina Mirses de Sousa Cruz Costa, nascida em Recife-PE, 1972, é engenheira eletricitista formada em 2002, pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Em 2009, obteve especialização em sistemas elétricos, com ênfase em transmissão, pela UNIFEI. Trabalha na Chesf desde 2002, onde atualmente realiza estudos elétricos da Operação. Sua principal área de interesse é transitórios eletromagnéticos. Leciona no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), desde 1994.



Nóbyle Rabello de Barros Correia Sobrinho, nascido em Recife-PE, 1972, graduou-se em Engenharia Elétrica, modalidade: Eletrotécnica, na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (UPE) em 1998. Em 2010, obteve especialização em sistemas elétricos, com ênfase em transmissão, pela UNIFEI. Trabalha na Chesf desde 2000 e, no momento, está lotado na Divisão de Estudos da Operação Elétrica. Suas principais áreas de interesse são Análise de Sistemas de Potência e Estabilidade e Dinâmica de Sistemas Elétricos de Potência.



Igor Ferreira Visconti, nascido no Rio de Janeiro, em 1975, e se graduou em engenharia elétrica, com ênfase em sistemas de potência, na PUC-Rio em 2002. No mesmo ano, começou a trabalhar como Pesquisador no CEPEL, atuando em desenvolvimento de aplicativos computacionais para processamento de dados de qualidade de energia. Em 2005, terminou um curso de pós-graduação latu-sensu em engenharia de software na PUC-Rio e em 2010 concluiu seu mestrado na mesma universidade. Seu foco de atuação é implementação de métodos de inteligência computacional aplicados a problemas do setor elétrico, especialmente reconhecimento de padrões, mineração de dados e técnicas de otimização global.



Luiz Felipe Willcox de Souza, nascido em Niterói-RJ, 1972, é engenheiro eletricitista formado em 1994 pela Universidade Federal Fluminense. Obteve seu mestrado em 1998 e seu doutorado em 2007, ambos em engenharia elétrica, com ênfase em eletrônica de potência, na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Trabalha no CEPEL desde 1996, onde atualmente é gerente de projetos. Suas principais áreas de interesse são qualidade de energia, aplicações de eletrônica de potência e dinâmica de sistemas elétricos de potência.