



**GRUPO IV
GRUPO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - GAT**

**SISTEMA COMPUTACIONAL PARA A SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE OPERAÇÃO EM TEMPO REAL
SIMOPER**

Wilson L. Feijó Júnior*
PUCRS-GSEE

Flavio A. B. Lemos
PUCRS-GSEE

Alessandro Manzoni
PUCRS-GSEE

Antonio V. Zampieri
PUCRS-GSEE

Luis C. Werberich
CEEE/RS

Rodrigo Bertani
RGE/RS

RESUMO

Em centros de operações modernos, o operador tem a necessidade de simular ações de controle ou manobras antes de efetuá-las no sistema, objetivando avaliar se o estado do sistema após esta ação não violará certos limites operacionais. Estes estudos usualmente são realizados *off-line*, em um ambiente denominado Ambiente de Estudos. Neste sentido, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema computacional que tem como objetivo realizar simulações de cenários de operação em tempo real e de eventos passados, a fim de propiciar ao operador uma ferramenta de suporte as suas decisões. Além disso, pode ser utilizado como simulador de treinamento.

PALAVRAS-CHAVE

Operação de sistemas, sistema de tempo real, simulação de cenários de operação.

1.0 - INTRODUÇÃO

Os sistemas de energia elétrica estão tornando-se cada vez maiores e mais complexos, apresentando uma mudança significativa em suas características, tal como a incorporação de novas tecnologias de automação e controle, introdução de novas formas de produção de energia operando de forma distribuída, exigência de padrões de operação e índices de desempenho baseados em aspectos regulatórios rígidos, aumento da relevância dos aspectos relacionados a qualidade de energia, entre outros. Este conjunto de fatores incrementa a complexidade dos procedimentos de operação em condições normais e de emergência e torna cada vez mais crítica a tomada de decisão por parte de engenheiros e operadores de centros de controle, o que pode colocar em risco a segurança do sistema ou causar a adoção de medidas corretivas e preventivas que prejudiquem economicamente a empresa ou que lesem o consumidor. Além disso, o trabalho de recomposição do sistema após contingências severas e de larga escala torna-se uma tarefa penosa e complicada, dependendo na maioria das vezes da experiência de operadores e de procedimentos heurísticos.

Dessa forma, a utilização de sistemas computacionais para treinamento de operadores e despachantes e para suporte a tomada de decisão em centros de operação, nas fases de planejamento, programação da operação e operação, está se tornando cada vez mais necessário e indispensável. Os seguintes fatores contribuem para a adoção deste tipo de solução [1]:

- *Automação e inserção de novos controladores* – as redes de transmissão e distribuição estão cada vez mais complexas em termos de equipamentos (FACTS, TCSC, chaves telecomandadas, usinas sem operador, etc.) e controles associados a sua operação e proteção;
- *Geração distribuída* – a inserção de novas fontes de energia, principalmente as relacionadas com energia alternativas (eólica, solar, célula combustível), traz um desafio a operação dos sistemas, uma vez que a característica deste tipo de geração é a sua dispersão no sistema, e em alguns casos possuem

comportamento estocástico de produção, o que traz a necessidade de um constante monitoramento e adoção de medidas de correção na operação;

- *Aspectos de segurança* – este aspecto relaciona tanto situações de segurança operativa quanto de segurança pessoal das equipes de manutenção. Situações em que são necessárias manobras de chaveamento para isolamento de equipamento defeituoso tem de ser executadas com a certeza que a parte energizada não afetará a segurança do pessoal da manutenção. Do ponto de vista da adoção de chaveamento para transferência ou alívio de carga, deve-se ter a certeza de não sobrecarregar equipamentos e circuitos bem como não aumentar as perdas ou exceder as faixas de tensão de operação;
- *Aspectos econômicos* – cada vez mais é dada ênfase aos aspectos econômicos da operação dos sistemas elétricos. Espera-se que os operadores consigam manter perfis adequados de tensão e baixo nível de perdas, sem comprometer a confiabilidade e a segurança do sistema. Além disso, os aspectos relacionados a compra de energia e a previsão de carga devem ser constantemente avaliados;
- *Aspectos regulatórios* – as agências regulatórias, no caso brasileiro a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, estabelecem procedimentos operativos que devem ser seguidos pelas empresas, sob pena de pagamento de elevadas multas por descumprimento de metas de operação. Pode-se citar como exemplo os índices de desempenho (DEC, FEC, DIC, FIC), os quais possuem metas de continuidade (tempo e frequência) estabelecidas para cada empresa e conjunto de consumidores;
- *Aspectos de comercialização de energia* – a criação de programas de incentivo a fontes renováveis de energia, a geração distribuída e o gerenciamento da demanda criam situações onde é necessário avaliar as condições horárias de compra de energia e custos de operação de rede. Este aspecto gera uma demanda por estudos de simulação de cenários tanto em nível de planejamento quanto em nível da programação da operação.

O cenário composto pelos fatores acima, individual ou coletivamente, afeta diretamente as questões de qualidade, economia e segurança da operação. A eficiência da operação está intimamente relacionada como operadores e despachantes executam os procedimentos de operação, sejam eles rotineiros ou de emergência. Entretanto, como descrito, o aumento da complexidade, incertezas e exigência de padrões de operação mais rígidos comprometem a eficiência e o desempenho dos operadores e despachantes. Dessa forma, a utilização de sistemas computacionais capazes de auxiliar a tomada de decisão em centros de operação é cada vez mais necessário. Na operação em tempo real, mais do que em qualquer outra, é extremamente importante que estas ferramentas computacionais reproduzam o real cenário operativo bem como mantenham as interfaces o mais próximo possível das interfaces usadas pelos operadores dos centros de operação. Outra função destes sistemas computacionais é auxiliar na formação e treinamento de operadores e despachantes, reproduzindo ações passadas gravadas em históricos de operação ou simulando ações futuras e seus efeitos. Sistemas com estas características são conhecidos como Sistemas de Treinamentos de Operadores (conhecidos pela sigla inglesa OTS – Operator Training Simulator) ou Sistemas de Treinamentos de Despachantes (DTS – Dispatcher Training Simulator). A literatura apresenta várias referências da utilização de OTS e DTS para treinamento e operação [2, 3, 4, 5, 6]. Dentre as estruturas orientadas a objetos propostas para representar SEE, sem dúvida alguma, a mais sofisticada é a proposta pelo EPRI (*Electric Power Research Institute*) para integração de *softwares* em centros de operação e controle de SEE [7]. O CIM (*Common Information Model*) é um *framework* de classes proposto para padronizar o fluxo de informações em um centro de controle. Uma proposta de estrutura, a qual é utilizada como base computacional para este trabalho, é proposta em [8]. As referências [1, 3, 4, 9, 10] apresentam experiências na utilização de OTS. Projetos e Estruturas de OTS são encontrados em [7, 11, 12, 13]. Utilização de um OTS para validar sistemas especialistas é apresentado em [14].

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema computacional que tem como objetivo realizar simulações estáticas de cenários de operação em tempo real e de eventos passados, a fim de propiciar ao operador uma ferramenta de suporte as suas decisões.

2.0 - SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE ENERGIA - GSE

Devido as suas característica de tamanho e complexidade, a área de sistemas de energia necessita de sistemas computacionais de grande porte para apoio as suas atividade de planejamento, manutenção e operação. Embora os equipamentos e dispositivos de um sistema elétrico sejam únicos neste sistema, e os diversos estudos necessitem de suas características para simulação e controle, as informações usualmente são armazenadas em diferentes bases de dados. Com o aumento do número de equipamentos nos sistemas elétricos e do número de sistemas computacionais que utilizam a mesma informação para as mais variadas tarefas, torna-se cada dia mais evidente que as informações devem ser concentradas em uma base de dados centralizada, tal que os diversos sistemas acessem a mesma informação, a semelhança de sistemas de ERP (Enterprise Resource Planning) utilizados na indústria.

Tradicionalmente, não existe um nível de integração entre os diversos sistemas computacionais utilizados na área de sistemas de energia, os quais são, em geral, utilizados isoladamente. Um exemplo disto é o caso de ocorrer uma troca de um transformador pela manutenção e o mesmo não ser atualizado na base de dados dos estudos de análise. Este problema causa uma baixa produtividade nos estudos e pode levar a erros de interpretação de

resultados por incorreta entrada de dados. No ambiente dos Centros de Operação e Controle em Tempo Real é fundamental que os operadores possam contar com um conjunto amplo, amigável e, principalmente, integrado de ferramentas para simulação e análise de sistemas elétricos com o objetivo de subsidiar suas decisões no menor tempo possível e com a confiabilidade necessária. Nos últimos anos, este requisito vem merecendo grande atenção por parte dos desenvolvedores de software, sendo que os modernos EMS e DMS apresentam atualmente um elevado grau de integração entre base de dados e funções. Isto é particularmente importante e necessário para suprir sistemas com alto grau de confiabilidade, robustez e estabilidade. Além disso, a falta de integração e funcionalidade agrupada causa problemas para a manutenção e atualização destes sistemas.

Neste contexto, sistemas computacionais gráficos para monitoração, simulação e análise que trabalhem sobre um ambiente que possua uma base de dados única, e onde os modelos de rede são atualizados a partir do processamento dos estados digitais e analógicos em tempo real, ou a partir de dados armazenados em históricos da operação do sistema, com fácil acesso as diferentes funções e aplicativos, é fator fundamental no aumento da segurança, confiabilidade, desempenho e produtividade das empresas de energia elétrica.

Sendo assim, as novas e modernas aplicações computacionais para planejamento, manutenção e operação devem apresentar as seguintes principais características:

- Base de dados única para as aplicações de EMS e DMS, planejamento e manutenção;
- Estrutura de dados flexível de fácil atualização e manutenção;
- Interface gráfica do usuário padrão, clara e funcional;
- Transferência flexível de dados entre o ambiente gráfico e os aplicativos;
- Interface com o sistema SCADA e com sistemas de histórico da operação;
- Alto nível de integração entre diferentes aplicações, comerciais e financeiras inclusive;
- Permitir o desenvolvimento e integração por diferentes equipes;
- Fácil customização e implantação.

Para suportar as características descritas anteriormente, o Grupo de Sistemas de Energia Elétrica da PUCRS vem desenvolvendo um ambiente computacional integrado para gerenciamento, simulação e análise de sistema elétricos, cujo nome é GSE (Gerenciamento de Sistemas de Energia) [15]. Este sistema serve de base a todos os aplicativos desenvolvidos, sendo composto de quatro módulos principais, como mostrado na Figura 1.

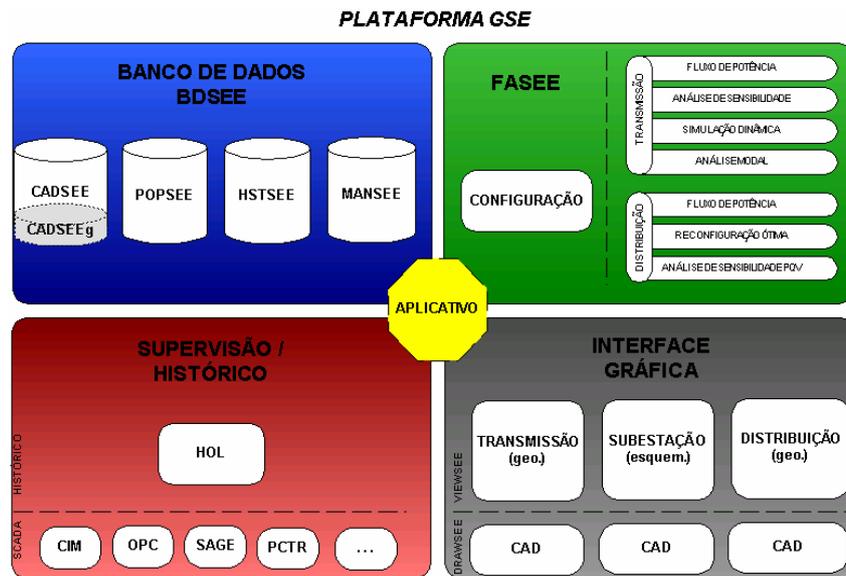


FIGURA 1 – Módulos principais do sistema GSE

onde

- *BDSEE* – Base de dados do sistema elétrico;
- *FASEE* – Framework para análise de sistemas elétricos;
- *GUI* – Interface Gráfica;
- *HOL_SCADA* – Base de dados histórica e suporte ao SCADA.

Este sistema possui uma aplicação principal, chamada de PowerSysLab que suporta os desenvolvimentos, testes e validações dos algoritmos e funções desenvolvidas para serem integradas ao ambiente GSE.

A arquitetura deste sistema está sendo desenvolvido utilizando Modelagem e Programação Orientada a Objetos em linguagem de programação C++. O ambiente é portátil para sistema operacional Windows, com banco de Dados Oracle e LINUX com banco de dados PostgreSQL.

A próxima seção apresenta o módulo desenvolvido para simular cenários de operação de sistemas de transmissão e sub-transmissão de energia elétrica. Este sistema será incorporado ao EMS da Empresa RGE Rio Grande Energia S.A., e foi desenvolvido através de um Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D da ANEEL.

3.0 - O SIMULADOR DA OPERAÇÃO – SIMOPER

O Sistema Computacional para a Simulação de Cenários de Operação em Tempo Real ou SIMOPER, é um sistema gráfico composto por um conjunto integrado de ferramentas de análise estática que permite, a partir de dados obtidos da supervisão em tempo real ou do histórico da operação, simular condições reais de operação, avaliar ações tomadas ou prever efeitos de futuras ações de controle. Dessa forma, além de ser utilizado como simulador de cenários para suporte a operação pode ser utilizado para treinamento de operadores e despachantes.

Dessa forma, o SIMOPER incorpora funcionalidades da plataforma GSE e apresenta as seguintes características básicas:

- *Projetado e construído utilizando modelagem e programação orientada a objetos (MOO e POO) sob ambiente Windows e linguagem C++;*
- *Suportado por uma base de dados Oracle;*
- *Ambiente totalmente gráfico para visualização e controle do cenário de simulação. A interface permite acesso a todas as informações, funções de operação em tempo real e controles que estiverem disponíveis no centro de controle da operação e integrado as bases de dados da RGE;*
- *Possibilidade de simular o comportamento da área observável eletricamente do Sistema de Energia Elétrica (SEE) da RGE frente a vários eventos e cenários de operação, reproduzindo exatamente o comportamento do SEE em todas as situações de operação simuladas e respondendo às ações de controle tomadas pelo operador durante a simulação;*
- *Permite a aquisição de informações do sistema de supervisão, em condições de tempo real, utilizando o Histórico On-Line – HOL do Sistema de Supervisão da RGE (SCADA) e a base de dados cadastrais, mantendo assim o cenário de simulação sempre ajustado à situação operativa real do sistema, e com a capacidade de simular estados de operação passados gravados na base de dados HOL;*
- *Através da monitoração e simulação, verificar as possibilidades de atendimento sob condições normais e de emergência em regime permanente, levando em conta os limites de nível de tensão, o carregamento dos transformadores e das linhas de transmissão;*
- *Integrar o Simulador ao Sistema de Controle Secundário Coordenado de Tensão, implantado no centro de operação da RGE.*

3.1 Estrutura e Construção de Cenários

A qualidade dos resultados esperados em qualquer ambiente de simulação, dependente diretamente da capacidade do modelo em representar o real estado de operação do sistema para o ponto de operação desejado. No contexto do SIMOPER a construção deste modelo passa por duas etapas bem definidas

- *Obtenção da topologia da rede a partir do processamento dos estados das chaves e disjuntores e suas conexões com os equipamentos de cada subestação, tendo como ponto de partida a descrição física da mesma obtida no banco de dados CADSEE;*
- *Determinação do modelo de carga a partir dos valores das grandezas analógicas.*

O projeto SIMOPER, na atual fase, ainda não implementa a função estimação de estados do ambiente GSE, responsável pela filtragem de possíveis erros de telemetria. Este módulo será desenvolvido e implantado na próxima fase do projeto.

O resultado desta modelagem é um cenário operativo do sistema elétrico de potência para um determinado instante, podendo ser para as condições atuais (tempo real) ou para qualquer ponto de operação a partir do processamento destas mesmas informações obtidas no Histórico On-Line (HOL). Neste caso é importante ressaltar que o CADSEE permite o armazenamento das diversas descrições físicas do sistema de potência ao longo do tempo, de modo que os dados obtidos no HOL seja coerente com a representação física da época.

A Figura 2 mostra os diversos dados e processos envolvidos na obtenção do modelo da rede.

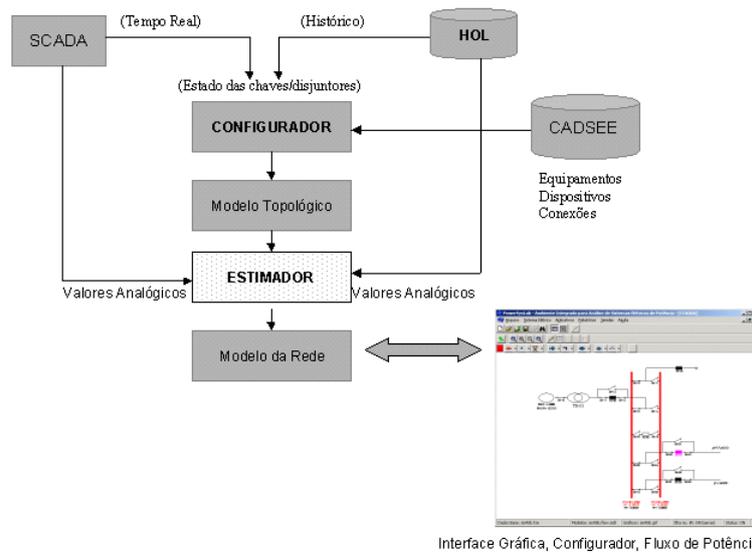


FIGURA 2 - Ambiente de construção de cenários

3.2 INTERFACE GRÁFICA

A interface gráfica da plataforma GSE permite visualizar o sistema elétrico, a sua topologia e os resultados dos estudos da execução dos diversos aplicativos associados ao ambiente de simulação e análise. A interface gráfica foi concebida de modo a permitir uma rápida visualização e análise dos resultados das diversas aplicações, disponibilizando as informações em níveis de detalhe que seguem a própria hierarquia do sistema elétrico. Adicionalmente recursos de representação dos resultados através de componentes gráficos e representação em 3D permitem uma avaliação simultânea das diversas grandezas.

A Figura 3 exemplifica a visualização do sistema elétrico em níveis. Num primeiro nível o sistema de transmissão geo referenciado é mostrado onde as LTs e SEs são representadas esquematicamente através de linhas e nós. A seleção de uma SE no nível geo referenciado permite a visualização detalhada da SE e a representação da mesma através de diagramas unifilares de operação. É permitido a visualização de diagramas unifilares de mais de uma SE, bem como recursos gráficos, tais como zoom e visualização 3D, são permitidos em todos os níveis.

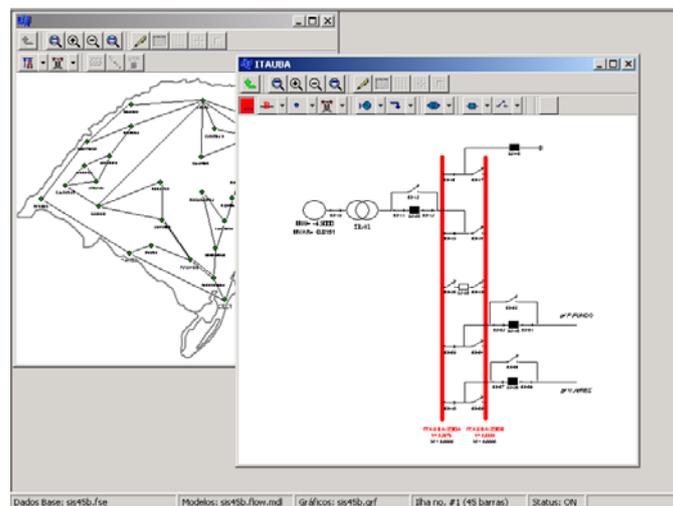


FIGURA 3 - Recurso da Interface Gráfica

3.3 O Estrutura de Dados - BDSee

A base de dados chamada de BDSee foi utilizada para suportar a integração do SIMOPER com o ambiente GSE. Esta base de dados está projetada para integrar todas as fases da operação, através de três base de dados lógicas, conforme apresentado na Figura 4.

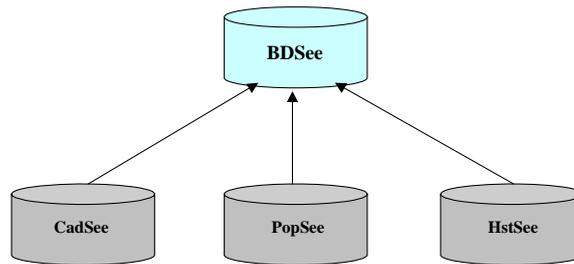


FIGURA 4 – Estrutura principal da base de dados

Abaixo é descrita sucintamente a unção de cada base de dados :

CadSee – é uma base de dados lógica onde são armazenadas as características e parâmetros dos equipamentos, conexões, blocos de redes, etc, a fim de prover informações que permitam descrever as interconexões do sistema, isto é, processar a topologia do sistema, criar o modelo de simulação e criar a representação gráfica geoposicionada e esquemática sob a interface gráfica.

PopSee - é uma base de dados lógica que contém os dados gerados pela escala diária de manutenção dos equipamentos e o despacho diário de geração (documentos, ordem de operação de chaveamento, hora de religamento, nível de reservatórios, previsão de afluência e demanda, etc). Esta base de dados incorpora as informações eletro-energéticas do sistema.

HstSee – é uma base de dados lógica onde são armazenadas as seguintes informações:

- *Analógicas (demanda de alimentadores, níveis de tensão, etc.);*
- *Digitais (estado de disjuntores, estado de banco de capacitores, etc.);*
- *Seqüência de eventos.*

Esta base de dados é suporte para os estudos off-line que necessitam dados históricos.

4.0 - EXEMPLO

Apresenta-se a seguir um exemplo de utilização do sistema SIMOPER, onde são descritas algumas funcionalidades do mesmo. Esta aplicação computacional permite a visualização e a manipulação dos dados do sistema organizando-os em níveis de profundidade, chamados de nível sistema e nível subestação. No nível sistema são mostradas as subestações e linhas de transmissão de uma ou mais áreas geográficas da empresa, sendo que neste nível os dados são georeferenciados e descrevem a disposição topológica real destes elementos. No nível subestação são mostrados graficamente os equipamentos e dispositivos de cada subestação do sistema. Neste nível de visualização os dados são mostrados esquematicamente e apresentam os equipamentos que compõem uma determinada subestação do sistema, de forma simplificada ou de forma detalhada conforme o arranjo em que estão dispostos. O aplicativo consiste de uma janela principal, denominada ambiente de trabalho, onde um conjunto de menus e barra de ferramentas controlam o acesso a todas as funcionalidades do programa, conforme mostram as Figuras 5a e 5b.

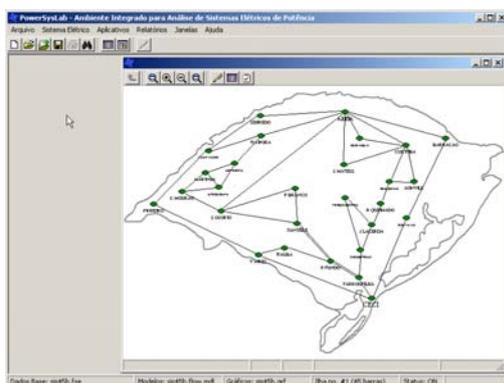


FIGURA 5 (a) – Área de trabalho e janela de visualização

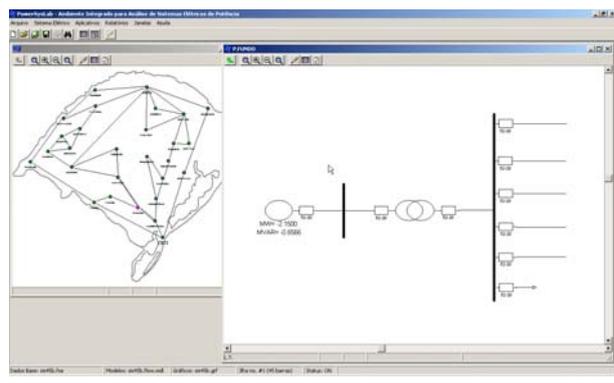


FIGURA 5 (b) – Visualização da subestação selecionada

As janelas de visualização dos dados ficam contidas no ambiente de trabalho e mostram graficamente tanto as subestações e linhas de transmissão que compõem o sistema (visualização em nível de sistema) quanto os equipamentos e dispositivos que compõem uma subestação em particular (visualização em nível de subestação). No exemplo da Figura 5a a janela de visualização de dados esta mostrando o mapa esquemático de um sistema elétrico exemplo onde observa-se todas as subestações e linhas de transmissão deste sistema. Selecionando uma subestação qualquer do sistema diretamente na janela gráfica é possível abrir janelas de visualização dos dados para cada subestação deste sistema. Na Figura 5b tem-se um exemplo onde é mostrada uma subestação

selecionada e a sua correspondente janela de visualização dos equipamentos desta subestação, de forma simplificada.

O nível de visualização de subestação, apresentado na Figura 5b, mostra o diagrama unifilar simplificado das subestações do sistema, seus respectivos barramentos, transformadores, linhas de transmissão e disjuntores, os quais podem ser selecionados diretamente na janela gráfica e terem seus parâmetros consultados através das suas respectivas janelas de propriedades, conforme mostrado nas Figuras 6a e 6b, correspondente as propriedades de um transformador e de um disjuntor do sistema, respectivamente.

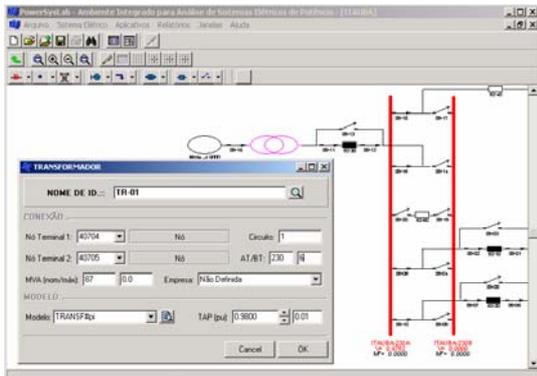


FIGURA 6 (a) – Janela de propriedades de um trafo

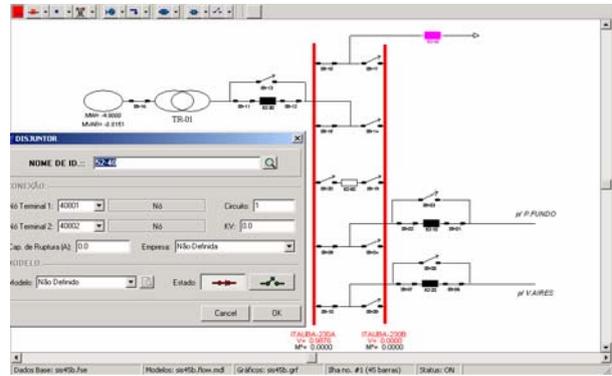


FIGURA 6 (b) - Janela de propriedades de um disjuntor

Outra opção de visualização é a descrição completa dos arranjos dos equipamentos nas subestações, conforme é mostrado nas Figuras 6a e 6b. Neste caso, pode-se selecionar um equipamento alvo e ativar a janela de propriedades deste equipamento. Esta funcionalidade permite, por exemplo, que determinados dispositivos lógicos possam ser manobrados ligando e/ou desligando equipamentos no sistema. A figura 7a mostra um disjuntor sendo manobrado na subestação para entrada (ou saída) de operação de uma unidade de geração.

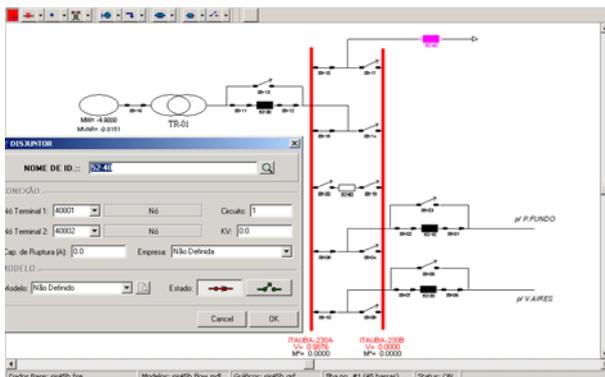


FIGURA 7 (a) – Manobra de um disjuntor da subestação

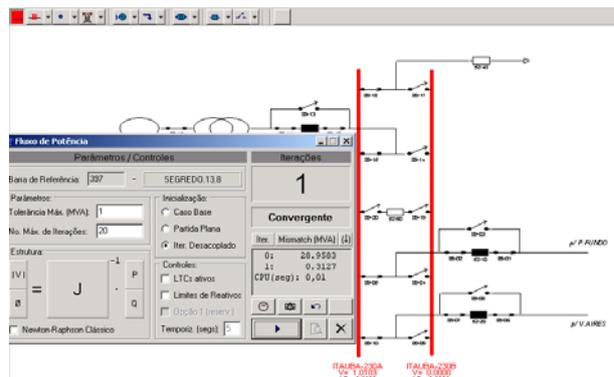


FIGURA 7 (b) – Fluxo de potência para o evento

Manobras em dispositivos lógicos, conforme é mostrado na Figura 7a, ativam automaticamente o configurador de redes que gera o modelo que será utilizado pelos aplicativos de análise de redes, como o fluxo de potência, por exemplo. Relatórios de desempenho e avaliação do estado do sistema são então gerados pelo programa de forma automática e exibidos na interface gráfica, como mostrado na figura 7b. Pode-se visualizar nesta figura os valores de tensão nas barras após a abertura do disjuntor.

5.0 - CONCLUSÕES

A evolução dos sistemas de energia elétrica em tamanho, complexidade de operação e controle, aspectos regulatórios e forte ênfase nos aspectos econômico financeiros do negócio e produto energia exige cada vez mais de operadores e despachantes a tomada de decisões sob forte pressão. As práticas de operação baseadas em estudos off-line e ordens de operação pré concebidas não satisfazem mais os padrões e operação exigidos, e ao mesmo tempo, a quantidade de informações que devem ser processadas nos centros de controle é cada vez maior, exigindo que sistemas automatizados de monitoração, simulação e análise sejam utilizados como aplicações de suporte a decisão da operação. Além disso, os operadores e despachantes devem ser submetidos a treinamentos utilizando a mesma interface de operação, onde seja possível avaliar se as decisões passadas foram tomadas acertadamente e simular ações futuras que permitam operar o sistema com segurança sob condições normais e de emergência.

Neste sentido, o Sistema Computacional para a Simulação de Cenários de Operação em Tempo Real – SIMOPER, construído sob a plataforma GSE e integrado ao EMS da RGE Rio Grande Energia S.A., aparece

como uma ferramenta capaz de auxiliar na operação e treinamentos dos profissionais envolvidos com a operação do sistema elétrico de sub-transmissão da empresa.

O sistema desenvolvido está alicerçado fortemente sob o ambiente integrado GSE, com destaque para a interface gráfica - GUI, a base de dados integrada - BDSEE e o Framework para análise de sistemas elétricos – FASEE. A concepção e construção desta arquitetura computacional sob o paradigma da modelagem orientada a objeto torna mais rápida e fácil as tarefas de manutenção e a atualização dos diversos módulos e componentes do sistema. Esta ferramenta pode, ainda, ser utilizada como um sistema para estudos de programação da operação e manutenção, uma vez que permite simular condições de operação (passadas, presentes e futuras) e analisar seus efeitos em termos de carregamento, sobrecarga e perfis de tensão do sistema. Em futuros artigos pretende-se apresentar os resultados comparativos e definitivos após a implantação plena deste sistema, avaliando a sua performance computacional e os ganhos de produtividade e segurança na operação do sistema elétrico da RGE Rio Grande Energia S.A.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) S. V. Vadari, D. Lubash, L. W. Morris, et. al “Training Session Evaluation – A System Level Perspective Using a Dispatcher Training Simulator”, Power Industry Computer Application Conference, pp. 107-114, May 1995.
- (2) G. R. Schwatka, “Bibliography of Power Systems Operator Training Resources”, IEEE Committee Report for the PES Working Group on Operator Training, pp. 1685-1690, November 1988.
- (3) G. Miller, A. Storey, S. V. Vadari, et al. “Experiences Using the Dispatcher Training Simulator as a Training Tool”, IEEE Transactions on Power System, pp. 1126-1132, August 1993.
- (4) D. L. Fletcher, J. G. Coleman Jr., “The Dispatcher Training Simulator at PECO Energy Company”, IEEE Transactions on Power System, pp. 1150-1155, August 1998.
- (5) J. Bartak, P. Chaumès, S. Gissingner, et al., “Operator Training Tools for the Competitive Market”, IEEE Computer Applications in Power, pp. 25-31, July 2000.
- (6) S. V. Vadari, M. J. Montstream, H. B. Ross Jr, “An Online Dispatcher Training Function for Real-Time Analysis and training”, IEEE Transactions on Power System, pp. 1798-1804, November 1995.
- (7) D. Becker, H. Falk, J. Gillerman, S. Mauser, R. Podmore, L. Schneberger, “Standards-Based Approach Integrates Utility Applications”, IEEE Computer Applications in Power, pp. 13-20, October 2000.
- (8) A. Manzoni, “Desenvolvimento de um Sistema Computacional Orientado a Objeto para Sistemas Elétricos de Potência: Aplicação a Simulação Rápida e Análise de Estabilidade de Tensão”, Tese de Doutorado, COPPE-UFRJ, 2005.
- (9) B. M. Zhang, H. B. Sun, W. C. Wu, “Recent Requirements and Future Development of Integrated EMS/DTS System in China”, Proceedings of Power System Technology, pp. 519-523, 2000.
- (10) R. F. Chu, E. J. Dobrowolski, E. J. Barr, et. al, “Restoration Simulator Prepares Operators for major Blackouts”, IEEE Computer Applications in Power, pp. 46-52, October 1991.
- (11) N. B. P. Phillips, J. O. Gann, M. R. Irving, “The Simian Architecture – An Object – Orientated Framework for Integrated Power System Modelling, Analysis and Control”, Power System Control and management, pp. 148-153, April 1996.
- (12) M. Prais, C. Johnson, A. Bose, D. Curtice, “Operator training Simulator: Component Models”, IEEE Transactions on Power System, pp. 1160-1166, August 1989.
- (13) M. Prais, G. Zhang, Y. Chen, A. Bose, D. Curtice, “Operator training Simulator: Algorithms and Test Results”, IEEE Transactions on Power System, pp. 1154-1159, August 1989.
- (14) J. G. Rolim, J. E. Giacomelli, L. J. B. Machado, “Simulator Helps Validte a Voltage Control Expert System”, Computer Applications in Power, pp. 59-63, January 1998.
- (15) A. V. Zampieri, A. Manzoni, W. L. Feijó Jr., et. al “An Integrated Computational Environment for Management and Analysis of Electrical Energy Systems”, Transmission and Distribution Conference and Exposition Latin America, November 2004.