



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

Desarrollo de un simulador de entrenamiento para el Sistema de Control Computadorizado de la Subestación de la Margen Derecha de Itaipu

Ricardo Yassuo Shimizu, Henrique Gomes Ribeiro, Carlos Henrique Farias dos Santos

Itaipu Binacional

Brasil e Paraguay

RESUMO

Este trabalho apresenta os detalhes do desenvolvimento de um protótipo de simulador para treinamento dos Operadores do Sistema de Controle Computadorizado (SCC), da Subestação da Margem Direita (SEMD) da Itaipu Binacional. O software foi desenvolvido em linguagem Java com o IDE Netbeans, o que permite grande flexibilidade e economia, já que podem ser utilizados em diferentes plataformas, assim como um menor investimento para a produção do software. O mesmo contempla as telas com a configuração geral da SEMD e dos pátios de manobra de 500kV, 220kV, 66kV e os dispositivos associados aos Serviços Auxiliares (SSAA). Os dispositivos (objetos) visualizados simulam o acesso direto aos pontos que recebem dados dos dispositivos primários – estado, posição, as medições das variáveis e parâmetros do sistema elétrico, assim como permitirá visualizar os alarmes e eventos. O software inclui em seu desenvolvimento os Cenários, em que são simuladas as anomalias do sistema elétrico, de modo que o Operador possa realizar os procedimentos apropriados de acordo com as Instruções de Operação de Itaipu (IOPI), de maneira off-line e sem interferir diretamente os equipamentos que se encontram em serviço, não comprometendo os equipamentos que se encontram em operação de tempo real.

O software cumpre um papel fundamental para a capacitação – pelos cenários de manobra, os Operadores da Hidrelétrica devem realizar procedimentos padronizados para a normalização do sistema elétrico da SEMD em casos de anomalias ou perturbações, ou mante-las dentro de limites considerados normais.

Ricardo Yassuo Shimizu. E-mail: ricardo_shimizu@yahoo.com.br



PALAVRAS CHAVES

Simulador, Treinamento, Sistema de Controle Computadorizado, Instrução de Operação da Itaipu

1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Controle Computadorizado (SCC) é um software de controle e supervisão da Subestação da Margem Direita de Itaipu (SEMD). Uma dificuldade associada ao SCC está em realizar treinamentos aos novos operadores deste sistema, uma vez que não é possível interromper a execução para treinamento, pois ele controla em tempo real a subestação. Além disso, é desejável que o operador fosse treinado periodicamente em um sistema idêntico ao SCC, sem interferir nos equipamentos.

Segundo Leite et al. (2007), normalmente o treinamento de um novo operador para o sistema elétrico é feito com aulas teóricas e a prática é obtida operando o sistema real. Este processo é incompleto pois o operador pode passar trabalhando durante muitos anos sem nunca antes deparar com uma situação grave de emergência. Utilizando simuladores para o treinamento de operadores, garante a eficácia em um curto prazo e sem comprometimento do sistema.

O treinamento de novos operadores utilizando simuladores é muito importante pois permite rápida assimilação de conceitos e procedimentos de operação, bem como permite o acúmulo de experiências em um curto espaço de tempo.

Para os operadores experientes, o simulador pode ser empregado para a revisão de treinamento, permitindo a revitalização de procedimentos menos frequentes, incluindo o treinamento de novos procedimentos operativos devido a alterações no sistema elétrico.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Lutterodt et al. (1997), os sistemas elétricos de potência em todo mundo estão crescendo em tamanho e complexidade, ao mesmo tempo em que enfrentam um aumento de competição e mudanças no ambiente de regulação do setor elétrico. Neste contexto, o papel dos centros de operação de sistema, de monitorar e controlar o sistema elétrico de potência torna-se crítico e cada vez mais dependente do desempenho dos operadores de sistema em tempo real.

Neste novo contexto, considerando o aumento das restrições operativas do sistema, o maior grau de exigência da sociedade e ainda mais as penalidades a que estão sujeitos os agentes do



setor elétrico, torna-se imprescindível que estes operadores de sistema tenham um maior domínio e habilidade para a operação do sistema elétrico de potência.

(Lutterodt et al., 1997, Krost et al., 2000) indica que um sistema elétrico de potência é supervisionado por diversos centros de controle os quais atuam sobre diferentes regiões deste sistema, possuindo níveis diferentes de hierarquia e complexidade. O desenvolvimento deste sistema, sua progressiva interligação e automatização dos centros de controle, têm elevado o trabalho de seus operadores a um grau de complexidade e responsabilidade consideravelmente maior do que o vigente há alguns anos atrás. Conseqüentemente a operação do sistema elétrico de potência atual tem requerido crescentes e complexas tomadas de decisões visando encontrar o compromisso certo entre segurança e economia. Com o sistema sendo operado perto de seus limites físicos, seu funcionamento está cada vez mais sujeito aos fenômenos elétricos, tais como: perda de sincronismo; queda de frequência; colapso de tensão; corte de geradores e cargas e etc. Neste contexto os operadores devem estar sempre prontos para responder rápida e corretamente sob estas condições.

Para o desenvolvimento do simulador, o seguinte trabalho foi dividido em 5 etapas:

- 1) Estudo da SEMD;
- 2) Estudo do SCC;
- 3) Estudo da Instrução de Operação da Itaipu;
- 4) Escolha da linguagem de programação;
- 5) Implementação do simulador e dos cenários.

2.1 SEMD

A SEMD localiza-se na UHE de Itaipu e é responsável pela transmissão de aproximadamente 90% da energia consumida pelo Paraguai.

A SEMD possui três sistemas: O sistema de 500 kV, 220 kV e 66kV. A energia gerada pelas unidades do setor de 50 Hz da Itaipu Binacional é transmitida da Central Hidrelétrica por quatro linhas de 500 kV, sendo duas linhas de interligação, que alimentam à Subestação Conversora CA/CC de Foz do Iguaçu e duas linhas de transmissão, que alimentam à Subestação da Margem Direita da Itaipu Binacional.

Na SEMD a energia solicitada pelo sistema paraguaio (ANDE), é rebaixada para 220 kV , através de quatro conjuntos Autotransformador-regulador e transmitida através de quatro linhas de 220 kV. O excedente da energia recebida, é enviada à Subestação Conversora CA/CC de Foz do Iguaçu através de duas linhas de interligação em 500 kV. No pátio de 220 kV existem dois transformadores de três enrolamentos, e um dos enrolamentos de cada transformador alimenta o pátio de 66 kV, onde possui uma linha de transmissão que vai para Furnas, outra linha de transmissão que alimenta os serviços auxiliares da Central Hidrelétrica de Acaray, e outra linha que alimenta os serviços auxiliares da UHE de Itaipu. A SEMD possui um sistema de software, em tempo real, de controle e supervisão, denominado Sistema de Controle Computadorizado(SCC).



2.2 Estudio do SCC

Segundo Franzak et al. (2000), o “Sistema de Controle Computadorizado – SCC” é um conjunto de hardware e software da empresa SIEMENS e implantado na Subestação da Margem Direita de Itaipu. As principais funções são descritas a seguir:

- Supervisão e controle de disjuntores e seccionadoras;
- Intertravamentos;
- Controle automático de seqüência de eventos;
- Aquisição e verificação de medidas;
- Alarmes;
- Registro de dados históricos;
- Interface com o SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) da casa de máquinas.

2.3 Estudio da Instrução de Operação de Itaipu Binacional

As Instruções de Operação da Itaipu (IOPI) são documentos que descrevem os procedimentos operativos a serem seguidos pelos operadores da UHE de Itaipu. A IOPI é constituída de 28 documentos. Para o desenvolvimento do simulador, foi necessário estudar 3 destes documentos, pois são referentes à SEMD. Estas IOPI são descritos a seguir:

IOPI nº18 – Restabelecimento da Subestação Margem Direita: Estabelece os procedimentos operativos a serem seguidos pelos operadores e despachantes para o restabelecimento das condições operativas da Subestação Margem Direita (SEMD) e das interligações com Furnas 50Hz e Ande após perturbação.

IOPI nº21 – Restabelecimento da Usina de Itaipu 50 Hz: Estabelece os procedimentos operativos a serem seguidos pelos Despachantes e Operadores para o restabelecimento das condições operativas da UHE – Itaipu 50 Hz após perturbação e a condição de energização de equipamento da SEMD a partir da SE-IPU (Subestação Elevadora de Itaipu).

IOPI nº23 – Operação da Subestação Margem Direita 66 kV: Estabelece os procedimentos operativos a serem seguidos pelos Despachantes e Operadores para a operação da SEMD 66 kV.

2.4 Escolha da Linguagem de Programação

Para o desenvolvimento do simulador SCC, foi utilizado a Linguagem Java devido à 3 fatores:



- 1) **Confiabilidad:** O Java possui mecanismos de tratamento de erros ou exceções, garantindo que exceções geradas por uma operação qualquer, sejam tratadas em alguma outra parte do código do sistema. Não permite a manipulação explícita de ponteiros para a área de memória, evitando erros que são facilmente cometidos por programadores que trabalham com este recurso. Além disso, possui recursos que identificam erros durante a compilação, evitando ocorrer durante a execução do sistema [Borba 2002].

- 2) **Portabilidade e Independência de Plataforma:** Possui suporte tanto para a portabilidade quanto a independência de plataforma. Este suporte é fornecido através da compilação de código fonte Java para bytecodes da JVM (Java Virtual Machine), a máquina virtual Java, que interpreta estas instruções e conseqüentemente executa o programa. Como a JVM é relativamente simples, ela pode ser facilmente portada para diferentes plataformas, garantindo indiretamente a portabilidade e independência de plataforma de Java.

- 3) **Facilidade de Reutilização e Manutenção:** Pelo fato do Java implementar fielmente vários conceitos de orientação a objetos, como classes, herança e polimorfismo de subtipo, naturalmente oferece um bom suporte para reutilização e manutenção. O conceito de classes abstratas de Java possibilita a construção de frameworks, ou seja, permite o reutilização de um código comum e a identificação clara de onde colocar o código.

2.5 Implementação do Simulador e dos Cenários

Todas as ações que ocorrem no simulador SCC, como por exemplo a mudança de cor do disjuntor com a abertura dele, foram desenvolvidos na linguagem Java. Foram implementados as mesmas funções do SCC no simulador. Foi solicitado aos operadores do SCC as figuras no formato jpg de todas as telas de comando. A partir delas efetuou-se a montagem da lógica de intertravamento de dispositivo de cada tela. Como cada tela faz referência a parte de um sistema, foi necessário considerar a influência de uma tela sobre as demais. A figura 1 representa a tela inicial do simulador.

O simulador atualmente está disponível exclusivamente em duas estações de trabalho. O desenvolvimento do simulador faz parte de um processo a longo prazo, sendo desenvolvido em etapas anuais com equipes diferentes. Um dos próximos objetivos na implementação do simulador é a disponibilidade de acesso ao simulador, através da rede corporativa. Nesta fase, os operadores poderão acessar o simulador e fazer sua sessão de treinamento no seu horário mais favorável.

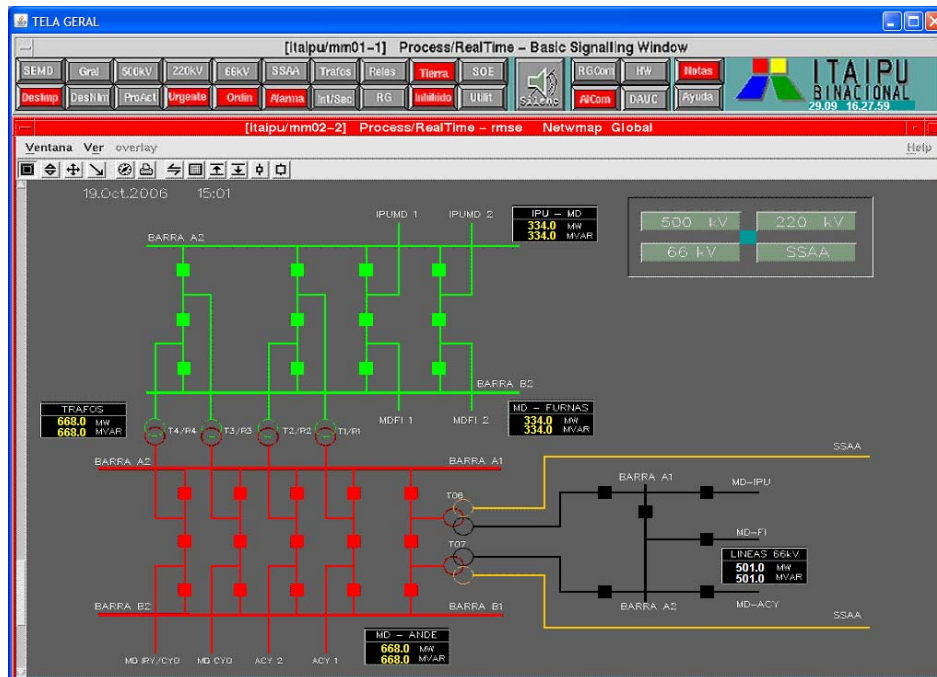


Figura 1 - Tela Geral do Simulador SCC

No simulador SCC também foi desenvolvido três telas de Cenários. Os cenários são situações anormais da subestação em que o operador é submetido a resolver de acordo com a IOPI.

2.5.1 Exemplo de um caso

Considere a Tela de Cenários 1. Se o usuário pressionar o botão “8.2.1 desc linhas cv”, será ativado a anomalia referente ao item 8.2.1 da IOPI nº18 conforme a Figura 2.

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

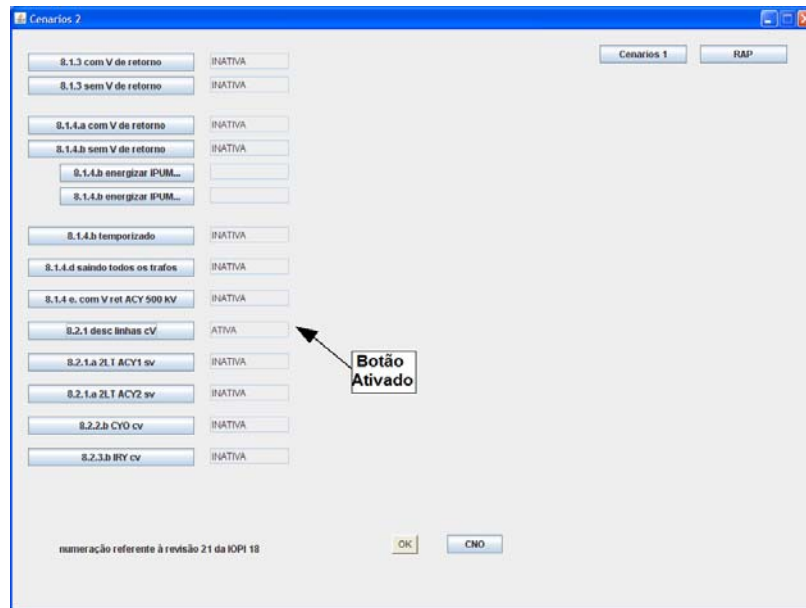


Figura 2 - Ativação do botão 8.2.5 com Tensão na barra B1

O item 8.2.2 da IOPI nº18 refere-se ao “Desligamento da LI 220 kV MD-ACY1 e/ou da LI 220 kV MD-ACY2”. A Figura 3 ilustra a situação neste caso.

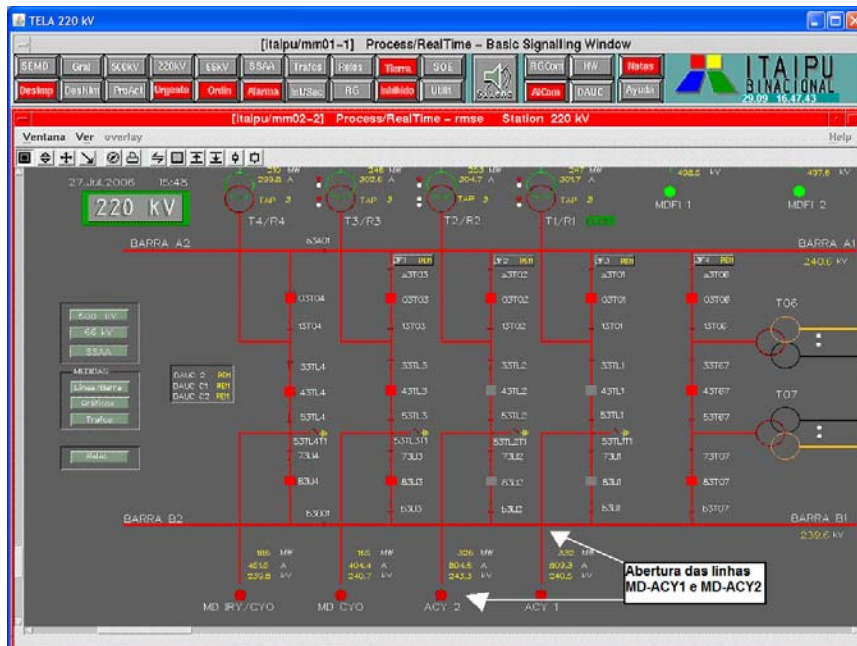


Figura 3 - Tela de 220 kV com desligamento da LI 220 kV MD-ACY1 e da LI 220 kV MD-ACY2



Para o restabelecimento destas linhas, a IOPI n°18 diz que tendo permanecido ou não tensão na(s) linha(s) o operador deve fechar os seus disjuntores e informar o despachante. A Figura 5 ilustra o pátio de 220 kV após o operador realizar este procedimento.

2.6 Conclusão

O simulador permitirá um recurso a mais para ser usado nas sessões de treinamento dos operadores, pois o simulador equipara-se ao próprio SCC, incluindo perturbações do sistema, onde o operador é submetido a perturbações que já ocorreram na operação em tempo real do SCC. Desta maneira, os Operadores de turno que estavam no dia da perturbação podem passar suas experiências neste restabelecimento para os Operadores dos outros turnos.

A utilização da linguagem Java com IDE Netbeans, mostrou-se adequada para o desenvolvimento de simuladores, pois permite total liberdade no tratamento de interfaces gráficas, além de ser um software livre.

3 BIBLIOGRAFIA

- [1] Borba, Paulo. “Qualidade com Java - Como Java dá suporte a software de qualidade”. (Java Magazine, ed. 1, Ano 2002, p.45-47.)
- [2] Druzian, Rafael Rodrigo. “Desenvolvimento de Simulador para o Sistema de Controle Computadorizado da Subestação da Margem Direita da Itaipu Binacional”. (Relatório de Estágio em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, Brasil, Ano 2007)
- [3] Franzak, Sergio Mauricio. “Sistema Supervisório Local da L4”.(Monografia de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Ano 2000).
- [4] Krost,G.; Allamby,S.; Lehtonen, P. “Organization and Justification of Power System Operators Training” (WG 39.03; CIGRE SC 39, Sessão Bienal, Paris, Ano 2000).
- [5] Leite, Carlos Roberto; R. Oliveira. “O uso de Simuladores de Treinamento de Operadores da Chesf” (II Seminário Internacional – Reestruturação e Regulação do Setor de Energia Elétrica e Gás Natural, Rio de Janeiro, v. 2, p. 1-27, Ano 2007).
- [6] Lutterodt,S. “Improving Human Performance in the Control Center”; (CIGRE WG 39.03; ELECTRA No.174 p.90-105, Ano 1997).