



GOP/003

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO IX GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

TREINAMENTO DE DESPACHANTES UTILIZANDO SIMULADOR NOS CENTROS DE OPERAÇÃO DA LIGHT

Antonio Lisboa Salles Neto (*)

Humberto Duarte de Andrade

Light Serviços de Eletricidade

RESUMO

O presente trabalho objetiva apresentar a experiência da Light na utilização do aplicativo de Simulação para Treinamento de Despachantes (DTS), como ferramenta de plena capacitação dos seus despachantes e auxílio para seu pessoal de apoio ao despacho.

Através do DTS podem ser realizados treinamentos que envolvam os novos despachantes e os novos engenheiros de apoio, como ferramenta para as funcionalidades do Sistema de Supervisão e Controle, permitindo a emissão de comandos e a visualização dos efeitos no sistema elétrico.

Já para os despachantes experientes, o DTS permite reproduzir eventos ocorridos, proporcionando a todos os despachantes, sobretudo aqueles que não participaram da ocorrência, exercitar sua própria experiência para recompor o sistema.

Para o pessoal de apoio, o DTS proporciona ambiente onde é possível simular novas contingências, previstas em estudos de operação, alterando o carregamento e a configuração do sistema rapidamente, objetivando verificar o comportamento do sistema para carregamentos e configurações mais próximo da realidade.

PALAVRAS-CHAVE

Treinamento de Despachantes; Simuladores Integrados; Aplicações em Tempo Real.

INTRODUÇÃO

A operação do sistema elétrico brasileiro apresenta-se em alto grau de complexidade, onde se requer dos despachantes de todas as empresas interligadas, a condução do sistema muito próximo dos limites operativos.

As equipes de apoio à operação de todas as empresas estudam condições extremas e, através da elaboração de Instruções de Operação (IOs), a repassam para os despachantes, visando prepara-los para tais eventos.

Neste quadro, a capacitação dos despachantes assume extrema importância.

Alternativa mais eficiente de capacitação é a utilização de aplicações específicas de treinamento, sobretudo simuladores integrados, onde os despachantes interagem com o modelo do sistema elétrico, colocando em prática as recomendações das Instruções de Operação preparadas pelos órgãos de apoio.

O Sistema de Gerenciamento de Energia (EMS) implantado na Light, objetivando a plena capacitação dos seus despachantes, possui uma poderosa ferramenta de simulação de treinamento, que reproduz o seu sistema eletro-energético e o sistema de suprimento à sua área, de modo que os despachantes, e a equipe de apoio ao despacho, possa exercitar-se nos cenários previstos para a elaboração das IOs.

O presente trabalho objetiva apresentar a experiência da Light na utilização do aplicativo de Simulação para Treinamento de Despachantes (DTS), como ferramenta

de plena capacitação dos seus despachantes e auxílio para seu pessoal de apoio ao despacho.

Através do DTS podem ser realizados treinamentos que envolvam os despachantes e os engenheiros de apoio, como ferramenta para as funcionalidades do Sistema de Supervisão e Controle, permitindo a emissão de comandos e a visualização dos efeitos no sistema elétrico.

O DTS é executado em servidor específico, distinto dos servidores de supervisão e controle em tempo real. Para realização das seções de treinamento, foi concebido ambiente físico próprio, com consoles idênticas às consoles de operação e visão direta para a sala de comando, com facilidades de acompanhamento por um instrutor.

O DTS foi modelado de forma a representar o sistema de suprimento à Light em Alta Tensão (500 / 345 kV), descendo até aos barramentos de Média Tensão (25 / 13.8 kV), possibilitando a reprodução de eventos que capacitem todos os despachantes dos seus Centros de Operação.

1. VISÃO GERAL DO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DA LIGHT

1.1 O Sistema Eletro-Energético da Light

A Light é responsável pela distribuição de quase 24 mil GWh de energia elétrica, abastecendo 84% do Estado do Rio. São 9 milhões de pessoas em toda a região metropolitana do Rio de Janeiro e mais 29 municípios. Para gerenciar seu sistema, a Light possui uma estrutura hierárquica em três níveis: o Centro de Operação do Sistema (COS), os dois Centros de Operação Regional (CORs) e os dois Centros de Operação da Distribuição (CODs).

No topo da hierarquia está o Centro de Operação do Sistema, que centraliza toda a operação, sendo

Tabela 1. Informações do Sistema Elétrico da Light (dezembro/2000)

Capacidade de Geração Instalada (MW)	851,0
Carga Própria Máxima (MWh/h - fevereiro/2001)	4.553,0
Energia Consumida (GWh últimos 12 meses)	23,8
Número de Clientes (milhões)	3,4
DEC (últimos 12 meses)	6,84

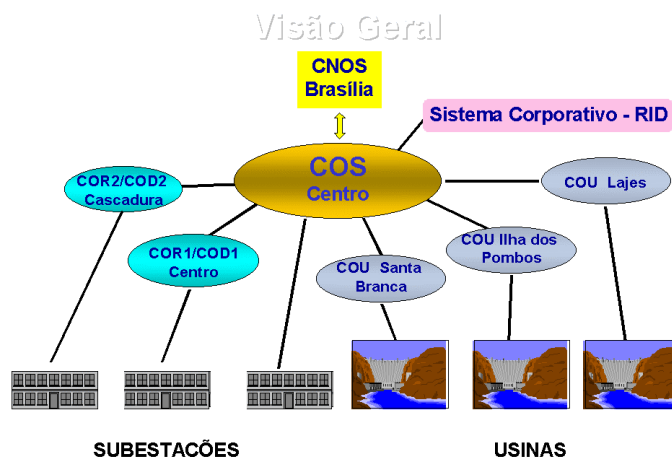


Figura 1. O Sistema de Supervisão e Controle

responsável pela supervisão e o controle das 7 usinas, das 10 subestações da malha principal e da supervisão das 9 subestações de interligação com outras empresas. O COS está interligado ao Centro Nacional de Operação do Sistema (CNOS), em Brasília [figura 1].

O segundo nível da hierarquia corresponde aos Centros de Operação Regionais, que têm por responsabilidade a supervisão e controle das subestações de distribuição, dentro das suas respectivas áreas geográficas.

O COR1, atua em cerca de 50 subestações, localizadas nas regiões Centro e Sul do Rio de Janeiro.

Já o COR2, atua nas demais 46 subestações localizadas ao longo da área de concessão da Light.

Cada Centro de Operação da Distribuição atua junto ao COR associado no planejamento e comando das manobras na rede primária de distribuição.

1.2 Sistema de Supervisão e Controle

Os Centros de Operação possuem configuração distribuída e redundante, conforme apresentada na Figura 2 e na Tabela 2.

O sistema de Gerenciamento de Energia (EMS), permite as seguintes funcionalidades:

- Supervisão e Controle em Tempo Real (SCADA). Já integrado com aplicações de Estimativa de Estado, permitindo a substituição automática dos valores obtidos pelas Unidades Terminais Remotas (UTRs), pelos valores calculados pelo aplicativo de estimativa de estado.
- Funções de Estudos em Tempo Real. Executa estudos de Estimativa de Estado e Análise de Contingências.

- Funções de Estudo. Realiza estudos de Fluxo de Potência, Análise de Contingência, Sensibilidade de Tensão, podendo utilizar cenários de tempo real ou cenários de casos de estudo. Esta funcionalidade é suportada ainda, por aplicativo de Previsão de Cargas, que através de perfis de carga, estima os valores para casos futuros.
- Simulador para Treinamento (DTS) (Dispatcher Training Simulator). Ferramenta que simula o sistema elétrico, permitindo ao usuário realizar as funções de supervisão e controle sem interferir diretamente no sistema elétrico.
- Aplicações de Geração. Destinadas a realizar a programação de intercâmbios, a programação da geração própria, a monitoração da reserva operativa e controle da geração nas unidades.
- Comunicação com Sistemas Externos, com o CNOS e o Sistema Corporativo da LIGHT.

2. MODELIZAÇÃO DO SISTEMA SUPERVISIONADO

A modelagem do sistema elétrico que compõe o DTS é idêntica àquele modelado para o tempo real, de forma que o treinando possa visualizar exatamente as mesmas características do seu dia a dia.

Tabela 2. Descrição do Hardware do SSC da Light

Os Servidores de Dados	2 servidores de dados, principal e reserva, que processam as informações provenientes das subestações; executam as funções de supervisão e controle /estudos; analisam e executam os telecomandos. Um terceiro servidor de dados, idêntico aos acima descritos, realiza as funções de desenvolvimento e de simulação.
Consoles de Operação	compostas por workstations, dois monitores de vídeo (21"), teclado e mouse, que são a interface do operador com o sistema computacional.
Front-Ends de Comunicação	Workstations, responsáveis pela comunicação com as subestações, com o CNOS e com a Rede Corporativa da Light (RID).
Servidor de Periféricos	Que gerencia os equipamentos periféricos do SSC, como as impressoras, painel mímico, registradores, etc.

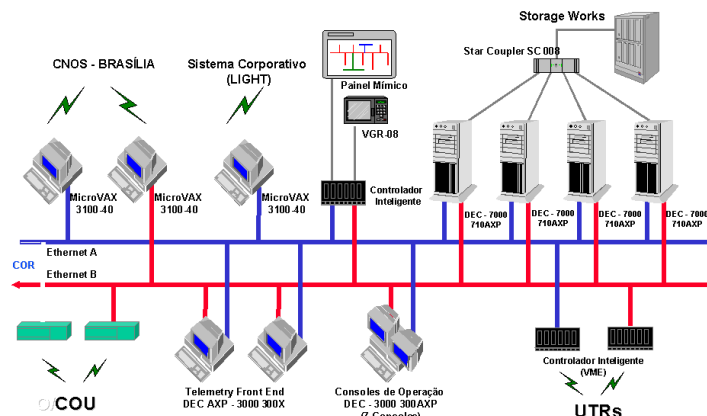


Figura 2. Arquitetura do Centro de Operação do Sistema

Acrescidos aos dados necessários para supervisão e controle, informações sobre a dinâmica do sistema são acrescidas:

- reguladores de velocidade e tensão das unidades geradoras;
- curvas de capacidade das unidades geradoras;
- comutadores de tapes dos transformadores;
- relés de proteção;
- esquemas de emergência.

A figura 3 apresenta esquematicamente o sistema modelado.

2.1 Modelagem do Sistema Interno da Light

O sistema interno da Light foi modelado de forma a representar todo o seu sistema de 138 kV:

- todas as linhas de transmissão aéreas e subterrâneas, incluindo as derivações e ramais de alimentação;
- todas as subestações da malha principal;
- todas as suas usinas;
- todas as subestações de distribuição e de manobras telecontroladas;
- todas as subestações de distribuição não telecontroladas, que são representadas de forma simplificada;
- todas as subestações de consumidores industriais supridos em 138 kV, também de forma simplificada.

A modelização da cargas foi individualizada nas subestações por níveis de tensão (13,8 e 25 kV), permitindo a variação em cada transformador existente.

2.2 Modelagem do Sistema Externo à Light

O sistema externo à Light tem início nas subestações de interligação com seu sistema:

- com Furnas – as subestações Grajaú e São José (500/138 kV), Jacarepaguá (345/138 kV), as usinas de Funil e Santa Cruz (138 kV);
- com a CERJ – as subestações de Retiro Saudoso e Rio da Cidade (138 kV);
- com CFLCL – a subestação de Além Paraíba (138 kV).

A representação do sistema externo à Light levou ainda em consideração os pontos de recebimento de energia para as regiões Rio/Espírito Santo, que compõem o chamado “Fluxo do Rio de Janeiro – FRJ”.

Também foram consideradas parte do sistema da CERJ e ESCELSA, que influenciam, tanto o recebimento da área RJ/ES quanto a operação própria da Light, notadamente na região de influência da subestação São José.

Desta forma, o sistema modelado inclui as subestações de Cachoeira Paulista (500 e 138 kV), Adrianópolis (500 e 345 kV), a usina de Angra dos Reis (500 kV) e a subestação de Campos (345 kV).

2.3 Modelagem do Suprimento à Light

Para representar o suprimento à área da Light, foram modelados usinas fictícias correspondentes aos fluxos das linhas Taubaté-Cach. Paulista, Tijuco Preto-Cach. Paulista, Campinas-Cach. Paulista, Poços de Caldas-Cach. Paulista e Itutinga-Adrianópolis.

Todas estas usinas fictícias, que em tempo real recebem as informações através do Centro Nacional de Operação do Sistema (CNOS), trabalham sob controle do Controlador Automático de Geração (CAG), absorvendo as variações de carga e frequência do sistema.

2.4 Modelagem dos Esquemas de Proteção

Do mesmo modo que as características elétricas do sistema são modeladas, também as características dos sistemas de proteção são representadas, de modo que as violações em limites estabelecidos provoquem as reações esperadas no sistema real, como desarmes de equipamentos ou acionamento de esquemas de emergência.

Para tanto, o DTS permite representar a ação de relés:

- de sobrecorrente;
- de tensão (sub e sobre);

- de subfrequência;
- de sincronismo.

Com a combinação dos relés é possível representar todos os esquemas de conservação de carga hoje implantados na Light

3. DESENVOLVIMENTO DO TREINAMENTO

O processo de simulação é realizado utilizando-se o processador de desenvolvimento, totalmente isolado dos servidores de tempo real, envolvendo simultaneamente todas as bases de dados existentes no sistema de supervisão e controle:

- Base de Dados SCADA, onde são modeladas as informações de tempo real: medições digitais; telecontroles; medidas analógicas, seus limites e suas curvas de engenharia.
- Base de dados REDE, onde são modeladas as informações da topologia: como os equipamentos são interligados; os parâmetros elétricos dos equipamentos; as cargas existentes no sistema.
- Base de Dados GERAÇÃO, onde são modeladas informações sobre geração e intercâmbios: tipo de usina; os pontos e os tipos de intercâmbio de energia; as programações de geração e de intercâmbio.

Aliado a estas bases, temos a modelagem própria do DTS, que são modelados as informações sobre a dinâmica do sistema: os tipos de reguladores de velocidade e de tensão; os tipos de relés utilizados (sobrecorrente, tensão, frequência, de sincronismo); esquemas especiais de controle.

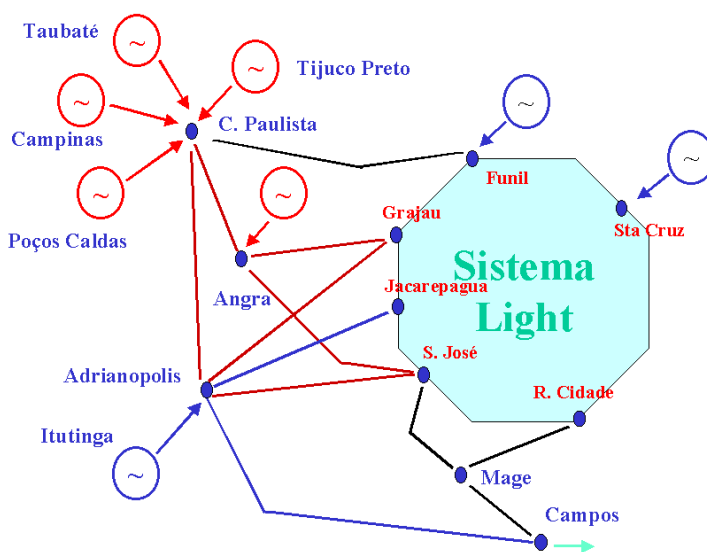


Figura 3. O Sistema Elétrico Representado

Para simular as variações de carga e frequência, o DTS executa uma solução de *Fluxo de Potência* a cada 4 segundos (o mesmo tempo de varredura das medidas analógicas em tempo real), observando as curvas de variação das cargas modeladas; das programações de geração e intercâmbio.

Como no sistema real, o módulo de Controle Automático de Geração analisa a variação da carga e da geração, calculando o desvio da frequência resultante, fazendo o caminho inverso e mandando sinais para alteração dos pontos bases nas unidades sob CAG.

Desta forma, mesmo considerando diversos instantes em regime permanente, é possível simular a variação de frequência que acionará os relés de frequência e, conseqüentemente, os esquemas de emergência.

3.1 Os Cenários de Simulação

A ação contínua do DTS, permite o treinamento das funcionalidades do sistema de tempo real, e é utilizado pelos novos despachantes e pessoal de apoio na ambientação inicial ao sistema de supervisão e controle.

Além desta função, o DTS permite a elaboração de cenários, onde eventos são programados:

- em função do tempo (determinísticos), onde são definidos eventos que ocorrerão obrigatoriamente no período desejado, como desligamentos de equipamentos, variação de carga, perda de geração, etc;
- em função da ocorrência de outro evento (condicionais), ou seja, caso determinado evento ocorra (um desligamento, uma perda de geração, etc), outros eventos são disparados, similarmemente a uma ocorrência em cascata;
- em função de probabilidades aleatórias (probabilísticos), isto é, pode-se criar um evento e ele poderá ou não ocorrer, em função de taxas de probabilidades, permitindo variações na utilização do mesmo cenário.

3.2 Elaboração dos Cenários

Na elaboração dos cenários podem ser utilizados quaisquer equipamentos manobráveis modelizados na base de dados SCADA, como também qualquer medição existente.

O primeiro ponto a ser definido no cenário é a data de início da simulação, a partir daí, os eventos vão sendo encadeados de acordo com o treinamento que se deseja elaborar.

No encadeamento, podem ser mesclados eventos determinísticos, condicionais e probabilísticos, na ordem que se desejar, de forma a simular qualquer condição possível no sistema elétrico.

Uma vez concluído o cenário, ele poderá ser utilizado sempre que se pretender, apenas alterando o horário de início e, se desejado, inibindo algum evento.

3.3 Realização e Acompanhamento da Simulação

Uma vez elaborado o cenário, a sessão de treinamento é iniciada executando o DTS, a partir do momento desejado e, ativando o cenário.

O treinando perceberá os eventos através dos alarmes gerados pelo sistema, como se fosse a operação em tempo real, realizando as ações ditadas pelas instruções de operação existentes ou pela sua experiência pessoal.

O treinamento pode ser realizado em qualquer posto de trabalho existente, bastando para isso a ligação do posto com o servidor de desenvolvimento. Entretanto, a Light preparou um ambiente específico, fora da sala de comando.

Durante uma sessão de simulação, qualquer console ligada ao servidor de desenvolvimento observará o mesmo caso que o treinando. Desta forma, o supervisor do treinamento poderá observar o desenvolvimento da sessão e, interferir diretamente sobre ela, inclusive criando eventos simultâneos aos previamente programados, ou realizando ações fora da competência dos despachantes, como manobras em equipamentos não manobráveis (seccionadoras, por exemplo) ou executando ações de despachantes de outras empresas (manobras nas subestações de interligação, por exemplo).

Também é possível ao supervisor, paralisar a sessão e retornar a um ponto específico desta, de modo a apresentar ao treinando os pontos importantes na sua ação que podem ser aperfeiçoados ou, ainda, novidades que podem ser tentadas, no sentido de aprimorar a operação do sistema.

CONCLUSÃO

O Sistema de Supervisão e Controle da Light está promovendo a implantação de nova cultura na operação do sistema.

Permitindo facilidades de realização de estudos e simulações, proporciona a utilização otimizada da capacidade instalada.

Atualmente, o DTS está sendo utilizado apenas no treinamento dos despachantes nas funcionalidades SCADA.

Entretanto, sua base de dados já permite a simulação de eventos envolvendo manobras de equipamentos e atuação de esquemas de emergência, onde podem ser verificadas as conseqüências de dado evento.

Estamos entrando na fase da capacitação do pessoal de apoio ao despacho na elaboração de cenários e no controle da sessão de treinamento, explorando juntos, Operação e Automação, os limites das facilidades que os aplicativos proporcionam à operação e tempo real.

BIBLIOGRAFIA

No presente artigo foram utilizados como fontes de consulta os seguintes manuais dos produtos instalados na Light:

ALSTOM-ESCA CORP.. *Network Model User's Guide*. Versão 1.5[0]. Bellevue, WA, USA. jun/1995.

ALSTOM-ESCA CORP.. *Generation Model User's Guide*. Versão 1.5[0]. Bellevue, WA, USA. jun/1995.

ALSTOM-ESCA CORP.. *Dispatch Training Simulator User's Guide*. Versão 1.5[0]. Bellevue, WA, USA. jun/1995.

ALSTOM-ESCA CORP.. *Alarm User's Guide*. Versão 1.5[0]. Bellevue, WA, USA. jun/1995.

ALSTOM-ESCA CORP.. *Network Operator's Guide*. Versão 1.5[0]. Bellevue, WA, USA. jun/1995.

ALSTOM-ESCA CORP.. *Contingency Analysis Operator's Guide*. Versão 1.5[0]. Bellevue, WA, USA. jun/1995.

ALSTOM-ESCA CORP.. *Dispatch Training Simulator Instructor's Guide*. Versão 1.5[0]. Bellevue, WA, USA. jun/1995.