



GRUPO V

GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E COMUNICAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA (GPC)

A EXPERIÊNCIA DE FURNAS/ ELETRONORTE NA ESPECIFICAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS DIGITAIS DE SUPERVISÃO E CONTROLE DAS SUBESTAÇÕES QUE COMPÕEM A INTERLIGAÇÃO NORTE-SUL.

Hamilton Pinto das Chagas Jorge Manuel Viegas Viana Jorge Kotlarewski
Ronaldo Nahar Neder * Rogério Antônio Silva

FURNAS / ELETRONORTE

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se a experiência de FURNAS/ELETRONORTE na elaboração das especificações bem como no comissionamento dos Sistemas Digitais de Supervisão e Controle das Subestações que compõem a INTERLIGAÇÃO NORTE-SUL

Federal, possui rebaixamento para 345kV, com capacidade de transformação 2x 500/345 kV- 1050 MVA (Figura1).

O desafio do empreendimento além de tecnológico foi também temporal, pois foi realizado em tempo recorde. No que se refere a proteção e controle, desde o início da elaboração das especificações até a energização decorreram 18 meses.

PALAVRAS-CHAVE

NORTE-SUL, SDSC, Controle, Supervisão , Proteção .

1.0 - INTRODUÇÃO

A INTERLIGAÇÃO NORTE-SUL é um empreendimento constituído por 1276 km de linhas de transmissão, em 500kV e 6 subestações, interligando Brasília no Distrito Federal à Imperatriz no Maranhão.

Esta interligação propicia um ganho energético de cerca de 600 MW médios anuais, devido a diversidade hidrológica entre as regiões Norte-Nordeste e Sul-Sudeste.

No Norte a interligação é feita através da SE Imperatriz, onde também foram instaladas compensações série fixa e variável, totalizando 268 MVar. Da SE Imperatriz para o Sul foram construídas as subestações de Colinas, Miracema e Gurupi, se ligando na SE Serra da Mesa a qual foi equipada com um banco de capacitores serie controlada a tiristores (TCSC) de 108MVar. Nesta subestação também está conectada a Usina de Serra da Mesa de 1200 MVA em 500kV, havendo rebaixamento para 230 e 138Kv. Finalmente a SE Samambaia, localizada no Distrito

2.0 – ESPECIFICAÇÃO CONJUNTA FURNAS / ELETRONORTE

Como o empreendimento em questão envolvia as duas empresas e devido aos prazos reduzidos, FURNAS/ELETRONORTE optaram por elaborar uma única especificação para todas as subestações envolvidas, necessitando para isto equalizar os critérios existentes. Pontos específicos de cada empresa foram mantidos, a exemplo do projeto executivo elétrico, que no caso de FURNAS foi contratado à parte enquanto que para a ELETRONORTE foi adquirido junto com o equipamento.

2.1- Sondagem de Mercado

Com a definição da melhor arquitetura do sistema de controle a ser utilizada por FURNAS e ELETRONORTE , foram realizadas reuniões com diversos fabricantes tradicionais de Sistemas Digitais de Supervisão e Controle, de forma a validar a existência de produtos que atendessem aos critérios estabelecidos, sobretudo no que se refere a arquitetura e protocolos. De forma a garantir a competitividade da licitação e baseados nestes encontros, as especificações

foram adaptadas através do relaxamento das exigências que não eram fundamentais para FURNAS e ELETRONORTE, e que por algum motivo não eram atendidos pelos maiores fabricantes.

2.2 – Critérios de Projeto

Os critérios que nortearam a elaboração das especificações técnicas tiveram como objetivo criar um Sistema de Supervisão e Controle que incorporasse equipamentos com inovação tecnológica sem no entanto perder de vista as facilidades de manutenção e expansão, para incorporação de futuras ampliações do sistema elétrico.

Pela primeira vez em FURNAS/ELETRONORTE, foram especificadas unidades de aquisição e controle (UTR) dedicadas a cada vão da subestação, constituindo assim um sistema distribuído. Estas unidades somente ainda não foram colocadas no pátio das subestações por falta de experiência em condicionamento dos equipamentos em condições ambientais tropicais.

Com a finalidade de facilitar futuras expansões do sistema, foi adotada um arquitetura em forma de estrela com protocolo padrão entre a unidade de aquisição e o concentrador (front-end), de modo que novas unidades de outros fabricantes pudessem ser conectadas à esta arquitetura.

Para facilitar e otimizar a transferência de informações do campo para a divisão de análise de ocorrências, foi implementada uma rede de proteção independente da rede de controle. Através desta rede é possível solicitar à um concentrador de informações localizado nas subestações, os dados registrados por todos os relés de proteção. Da mesma forma, é possível enviar novos ajuste para cada um dos relés.

Simultaneamente à especificação dos sistemas de controle das subestações, também estavam sendo elaboradas as especificações de outros equipamentos, tais como os bancos de capacitores séries, pelo que foram especificados protocolos de interface padrões ditados por normas aceitas “de fato” internacionalmente, como por exemplo OSI/ISO.

Foram também especificados os serviços de conversão de protocolo para todos os fornecimentos de equipamentos/sistemas que estavam sendo especificados simultaneamente.

Devido às características técnicas dos dois sistemas elétricos que foram interligados pelo Sistema de Transmissão Norte-Sul, tornou-se necessário o

desenvolvimento de um sistema de Controle de Emergência para retirar o tronco de operação na ocorrência de um conjunto de situações pré-definidas. Este controle permite a otimização do sistema de transmissão e impede rejeições indevidas de unidades geradoras, e de parte do sistema NORTE-NORDESTE, devido a sobretensões. Para garantir a efetividade deste Controle de Emergência, o mesmo foi especificado para ser totalmente independente do Sistema Digital de Supervisão e Controle, porém todas as suas informações e decisões são apresentadas para os operadores. Para facilitar a sua manutenção, foram utilizados equipamentos formados pelos mesmos componentes do sistema de Supervisão e Controle.

Para aquisição das proteções, foi elaborada uma especificação funcional, procurando-se equalizar os critérios de projeto de FURNAS/ELETRONORTE. Para proteção das linhas de transmissão de 500 kV foram especificados 2 conjuntos idênticos de proteções de distância com tecnologia digital ou numérica. Foi especificada abertura/religamento monopolar, com cada proteção ligada em um esquema permissivo de comparação direcional de desbloqueio, transferência de disparo por fase, e um tempo máximo de operação do sistema de 45 ms, além do tempo de abertura do disjuntor. Foram também utilizadas funções de falha de disjuntor, verificação de sincronismo, proteção de zona morta, “stub-bus”, sobretensão, de bloqueio e disparo por oscilação de potência e lógica da eco e terminal fraco.

Adicionalmente, foram solicitadas funções de auto-cheque, localizador de falta e rede de supervisão da proteção, com um concentrador que fizesse a varredura de todos os relés e do qual poderia se extrair remotamente os dados para análise de desempenho das proteções.

Por ser um sistema com compensação série utilizando capacitores série controlados a tiristores nos terminais de Serra da Mesa e Imperatriz, para compatibilização das oscilações de baixa frequência, próprias de cada sistema, durante o fornecimento foram feitos testes das proteções de distância, no Simulador Digital em Tempo Real de FURNAS e simulações digitais nos Laboratórios da Schweitzer, em Pullman, WA. Foram simulados mais de 600 casos, considerando configurações reais, porém extremas de sistema. Os relés de distância SEL 321 apresentaram um desempenho satisfatório, não ocorrendo qualquer operação indevida dos relés. Os capacitores série foram simulados, representando-se a proteção dos bancos por pára-raios do tipo ZNO e os TCSC foram representados por capacitâncias que variavam linearmente durante os casos de curto-circuito.

Durante a fase de comissionamento foram realizados casos de curto-circuito real e oscilações de potência provocadas por fortes rejeições de carga, mostrando-se satisfatório o desempenho de todos os sistemas de controle e proteção.

Foi implementada uma rede de oscilografia que possibilita a aquisição e análise remota de oscilogramas de sistema. A medição de faturamento também possibilita acesso remoto dos dados de energia.

Foi ainda instalado um Sistema de Controle Automático de Geração (CAG) na SE Miracema, o qual envia informações de Potência Ativa para os despachos de FURNAS/ELETRONORTE, através do sistema de telemedição.

Cabe ressaltar que cada empresa assume o Controle de sua área de atuação no sentido de manter a frequência do sistema interligado estável. Caso haja algum problema em um dos sistemas (perdas de cargas ou elevação súbita de cargas), a atuação do controle primário de regulação atuará imediatamente, cabendo em seguida aos CAG manter este equilíbrio dentro dos limites preestabelecidos. É responsabilidade da empresa onde houver a ocorrência normalizar a falha e, caso esta exija um tempo maior para ser restabelecida, uma nova programação de demanda de energia é ajustada pelas empresas.

3.0 LICITAÇÃO

Cinco empresas apresentaram proposta para o sistema em questão, foram elas: SAINCO, SIEMENS, GE, ABB E CEGELEC

Todas atenderam as especificações técnicas, tendo a SAINCO ganho por apresentar o menor preço.

Embora o projeto de controle da INTERLIGAÇÃO NORTE-SUL tenha sido o primeiro projeto elétrico de grande porte da SAINCO no Brasil, a mesma atendeu satisfatoriamente a todos os requisitos solicitados por FURNAS/ELETRONORTE.

4.0 - FORNECIMENTO

Após diversas negociações, os trabalhos técnicos entre as duas equipes de FURNAS/ELETRONORTE tiveram início em julho de 1997 com o levantamento dos requisitos existentes nas empresas.

Durante os meses de julho e agosto, as equipes se reuniram diversas vezes e houve troca maciça de informações pela Internet, entre os engenheiros de FURNAS/ELETRONORTE e os diversos fabricantes.

Uma vez que grande número destes engenheiros se encontravam nas instalações dos fabricantes, em outros países, fazendo aprovação de projetos, inspeções e testes, o uso da Internet se mostrou indispensável para a comunicação entre os mesmos.

No mês de setembro teve início a licitação que obedeceu a lei 8666 e foi baseada no critério técnica e preço. A análise, adjudicação e escoimação demandaram aproximadamente 6 meses, tendo sido os trabalhos finalizados em fevereiro de 1998.

Após a assinatura do contrato, o projeto teve início em março de 1998 e culminou com a entrega dos equipamentos nas obras em novembro do mesmo ano. Neste período foram fabricados e testados 65 painéis para FURNAS e ELETRONORTE.

Em agosto de 1998 foram iniciados os trabalhos de configuração e padronização das bases de dados nas instalações da SAINCO em Sevilha/Espanha. Dado o exíguo tempo disponível os fabricantes propuseram uma primeira versão da base de dados que foram trabalhadas em conjunto pelas equipes de FURNAS/ELETRONORTE/FABRICANTE. O mês de agosto de 1998 foi todo consumido para configuração do controle.

Novamente, com o objetivo de reduzir o tempo de fabricação e na tentativa de se manter a data de entrega acertada, no princípio do mês de setembro de 1998, tiveram início os testes de fábrica do sistema, em conjunto com os testes internos do fabricante o que requereu um grande envolvimento das equipes de FURNAS/ELETRONORTE.

Com a primeira remessa de equipamentos em novembro de 1998, iniciaram-se as montagens e testes de campo. Como era de se esperar, parte desta montagem foi feita em conjunto com o término das diversas obras de infra-estrutura das salas de controle, bem como da passagem de cabos. Dado este quadro tão adverso da situação, somente a forte determinação das equipes envolvidas possibilitaram uma primeira energização em 31/12/98 e posterior entrada em operação comercial em fevereiro de 1999.

5.0 – SISTEMA DE CONTROLE UTILIZADO

Obedecendo ao especificado, foi utilizado um sistema com arquitetura distribuída, ou seja, uma UTR para cada vão de linha, podendo no entanto concentrar mais de uma UTR em um mesmo painel (Figura 2).

Todas as UTR se comunicam com dois equipamentos redundantes denominados Front-End, através de canais redundantes, utilizando fibras óticas.

Para que seja possível futuras interligações com outros fabricantes, os protocolos adotados nessas comunicações são o IEC 870.5.101 e DNP 3.0.

Os dois front-end redundantes, são conectados à uma rede local com protocolo TCP-IP, onde também está conectado a console de operação da Sala de Controle Local (SCL) e os roteadores que são responsáveis pela comunicação com a sala de controle remota.

Através de conexões com cabos de fibra ótica instalados nas linhas de transmissão(OPGW), a SCL se conecta à rede local da Sala de Controle Remota, onde também estão conectados os dois consoles de operação.

Os dados coletados nas remotas são transferidos para os dois “front-end”, que mantém uma base de dados atualizada de todos os pontos físicos e pontos internos do sistema.

A partir dos “front-end” estes dados são transferidos independentemente para cada um dos consoles das salas de controle, local e remota, que enviam de volta a confirmação de recepção dos dados, de forma também independente para cada uma das salas.

Uma vez que existem duas bases de dados independentes, uma em cada sala de controle, é possível ao operador da sala de controle local fazer um “login” na base de dados remota, passando assim a ver o mesmo ambiente e condições vistos pelos operadores da sala de controle remota.

Através de comandos nos consoles de operação, é possível aos operadores definir por qual das duas salas de controle está sendo permitido emitir os controles de cada um dos vão da subestação.

Através de uma conexão utilizando modems especiais os “front-end” enviam informações para os despachos de carga.

5.1 – Interface com outros Equipamentos/Sistemas

Tomando-se como exemplo a SE de Gurupi, cada um dos bancos de capacitores série fixos possuem dois sistemas de proteção e controle, redundantes, e que estão interligados ao controle digital desta subestação através de uma unidade terminal remota (UTR). Esta interligação é feita usando contato seco de relés, para os casos dos sinais digitais, e transdutores, para o caso de sinais analógicos. Esta UTR é ligada ao sistema de controle da subestação através do protocolo DNP 3.0, via fibra ótica. Assim sendo, o sistema de controle da

subestação de Gurupi poderá operar, local ou remotamente estes bancos de capacitores série.

No caso do banco de capacitores série controlado a tiristores localizado na subestação de Serra da Mesa, dada a complexidade do seu sistema de proteção e controle, optou-se por não incluí-lo no controle da subestação. Este banco de capacitores possui controles de malha aberta e fechada, além de um sistema de refrigeração das válvulas tiristoras que são controladas através de um controle dedicado, feito através de IHM local e remota, e sincronizado através de sinal GPS com o controle da subestação.

Contrariamente ao desejo de FURNAS/ELETRONORTE, no que se refere a proteção das linhas, as informações provenientes dos painéis de proteção para o sistema de controle são fornecidas por contatos secos ao invés de comunicação serial. Este recurso somente tornou-se disponível em versão mais atualizada da proteção utilizada.

6.0 – COMISSIONAMENTO

Devido aos reduzidos prazos do empreendimento diversas atividades foram sobrepostas, o que dificultou a utilização das metodologias normalmente adotadas em outros projetos. Houve a sobreposição dos trabalhos civis da sala de controle, instalação dos serviços auxiliares, lançamento de cabos e comissionamento dos sistemas de supervisão e controle, o que requereu uma intensa negociação e tolerância entre as diversas equipes.

Adicionalmente, devido a extensão dos trabalhos em 6 subestações simultaneamente, envolvendo na maioria das vezes os mesmos comissionadores de um fabricante, houve a necessidade de uma forte coordenação em tempo real, para que fosse possível dispor destes especialistas em cada localidade, no momento exato de sua necessidade, bem como providenciar toda infraestrutura de locomoção, hospedagem e comunicação para os mesmos.

Ficou também comprovado que os esforços de se testar ao máximo todos os equipamentos em fábrica, inclusive no que se refere aos bancos de dados e parametrização, foi de fundamental importância para viabilizar o comissionamento nas condições adversas presentes.

7.0 - CONCLUSÕES

Dado o vulto do empreendimento e a escassez de tempo para a sua execução, por diversas vezes ocorreram situações, tanto técnicas quanto

administrativas, inéditas até então nos diversos empreendimentos já realizados.

Podemos concluir que diversas decisões contribuíram para o seu sucesso, quais sejam :

- . Cuidados tomados na elaboração da especificação de forma a garantir a participação de um maior número de fornecedores nesta licitação, evitando embargos previstos pela lei 8666.

- . Flexibilidade das equipes de FURNAS/ELETRONORTE, mantendo sempre o rumo no objetivo e tendo em vista os prazos finais.

- . Minimização da diversidade de equipamentos de controle e proteção para se otimizar o tempo e esforços das equipes de engenharia.

- . Simplificação das especificações e dos sistemas de controle/proteção, em prol do custo, da confiabilidade e das futuras ampliações e manutenções.

- . Trabalho conjunto das equipes das áreas técnica, de construção e operação em praticamente todas as fases do empreendimento.

- . Trabalho em parceria com o fabricante SAINCO que não mediu esforços para a conclusão dos objetivos nos prazos determinados.

- . Coordenador de comissionamento para FURNAS, outro para a ELETRONORTE em conjunto com um único coordenador do Fabricante.

- . Necessidade de um grande suporte para as equipes de trabalho, principalmente no que se refere a comunicação e transporte, o que somente foi possível com a utilização de transporte por avião, telefones celulares e da Internet.

A experiência adquirida na implantação deste empreendimento em tempo recorde, nos capacita reduzir os prazos de execução de novos projetos, o que vem ao encontro da tendência dos próximos empreendimentos.

8.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) Catálogos de fabricantes .
- (2) Outras especificações existentes nas empresas.

INTERLIGAÇÃO NORTE-SUL

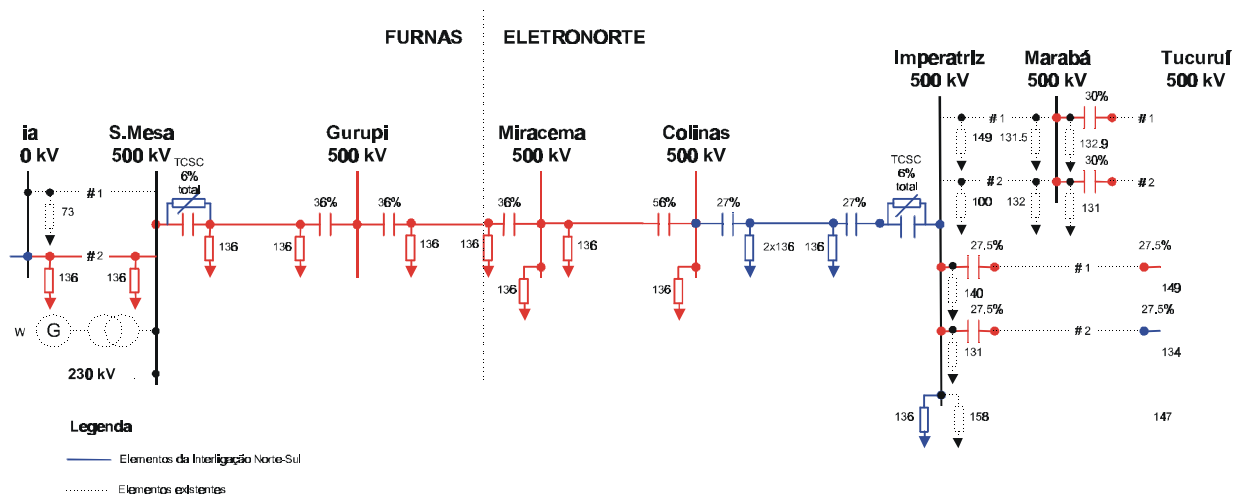


FIGURA 1

FIGURA 2

