



GRUPO V

GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO E CONTROLE EM SISTEMAS DE POTÊNCIA – GPC

IMPLANTAÇÃO DO NOVO ESQUEMA DE CONTROLE DE EMERGÊNCIA DO RIO GRANDE DO SUL ECE-RS UTILIZANDO LÓGICA DIGITAL E COMUNICAÇÃO MIRROED BITS™

Paulo Ricardo C. Oliano *

Alpheu de Bonl Jr.

Luis C. Werberich

Guilherme Cardoso Jr.

CEEE-GT

CEEE-GT

CEEE-GT

ONS

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar o planejamento e desenvolvimento das etapas para Implantação do novo ESQUEMA DE CONTROLE DE EMERGÊNCIA DO RIO GRANDE DO SUL.

A implantação do novo ECE foi uma exigência do Operador Nacional do Sistema para substituir o antigo Esquema de Controle de Emergência de Gravataí – RELÉ DE POTÊNCIA, que estava em operação desde 1985.

O sistema elétrico está sujeito a ocorrências que provocam a atuação da proteção dos seus diversos equipamentos. A saída de operação de um equipamento pode levar o sistema para um novo ponto de operação não necessariamente estável. Nestas condições é extremamente importante a atuação dos controladores de tensão e velocidade e do estabilizador de sistemas de potência para o restabelecimento de uma condição estável de operação.

Os Esquemas de Controle de Emergências são muito importantes para garantir a continuidade do atendimento aos consumidores durante a ocorrência de distúrbios de grande porte que, sem a ação daqueles, levariam o sistema ao colapso.

O ECE-RS foi implementado utilizando a tecnologia e comunicação digital de relés de proteção, agregando ao esquema robustez, segurança, flexibilidade, velocidade e facilidade de adaptação às variações de topologia do sistema elétrico.

PALAVRAS-CHAVE

Esquema de Controle de Emergência - ECE, Perda Dupla, Blocos de Carga, Comunicação Mirroed Bits™, Fluxo de Potência do Rio Grande do Sul - FRS, Processador de lógicas, Protocolo de Comunicação.

1.0 - INTRODUÇÃO

A CEEE atende seu mercado consumidor com geração própria e com o recebimento do Sistema Interligado. Este recebimento atinge valores da ordem de 70% da demanda. Cerca de 50% deste intercâmbio se dá através das duas linhas de 525 kV que chegam na SE Gravataí, em torno de 30% pela SE Caxias 525/230 kV e cerca de 10% pela transformação 525/230 kV de Santo Ângelo. A contribuição pelo sistema de 230 kV é da ordem de 8%.

A escassez de investimentos em geração, transmissão e transformação têm levado a operação do sistema próxima aos limites operativos dos seus componentes, deixando-o vulnerável a determinadas ocorrências. Em muitos casos, os mecanismos de controle que agem no sentido de manter condições mínimas de operação não são suficientes para restabelecer um novo ponto de operação estável. Nestas condições, tornam-se necessários esquemas especiais, conhecidos como Esquemas de Controle de Emergências, que completam a ação dos mecanismos de controle.

As conexões atuais em 525 kV do RS com o Sistema Interligado Nacional (SIN):

- LT 525kV Itá-Nova Santa Rita (antiga Itá-Gravataí)
- LT 525kV Itá-Caxias
- LT 525kV Itá-Santo Ângelo
- LT 525kV C.Novos-Caxias

O fluxo de energia recebido pelo estado do RS pode atingir 70% da demanda do RS. Em torno de 80% da demanda esta concentrada na região metropolitana das cidades de Porto Alegre, Caxias e Gravataí.

A carga é distribuída no estado do RS pelas seguintes empresas:

- RGE - Região Norte-Nordeste – 1476 MW
- AES - Região Centro-Oeste – 1436 MW
- CEEE-D – Região Sul-Litoral – 1415 MW

Para a segurança operativa do SIN foi definida pelos Agentes da necessidade de uso dos SEP – Sistemas Especiais de Proteção sinalizados no relatório ONS RE-3/086/2004 “Plano Complementar de Aquisição e Implantação de Sistemas Especiais de Proteção para o período janeiro de 2004 a abril de 2005”, neste documento foram definidas as características do novo ECE de Gravataí, conforme resultado do estudo elaborado pelo ONS/Agentes.

2.0 - CONFIGURAÇÃO BÁSICA DO ECE-RS

O novo esquema será composto por 03 lógicas de atuação conforme a seguir:

Lógica 1: Perda dupla de circuitos de 525 kV, associado ao FRS, para evitar perda de estabilidade de tensão e angular do sistema do Rio Grande do Sul, com possibilidade de repercussão no SIN.
Contingências a serem consideradas:

- LT 525kV Itá-Gravataí + Caxias-Gravataí
- LT 525kV Itá-Caxias + C.Novos Caxias;
- LT 525kV Itá-Gravataí + Itá-Caxias;
- LT 525kV Itá-Gravataí + C.Novos-Caxias

Lógica 2: Sub tensão – para evitar subtensão generalizada e/ou colapso de tensão no Rio Grande do Sul.

Lógica 3: Sobrecarga nas LT 230 kV entre as SE Caxias e Gravataí, quando da contingência da LT 525 kV Caxias - Gravataí.

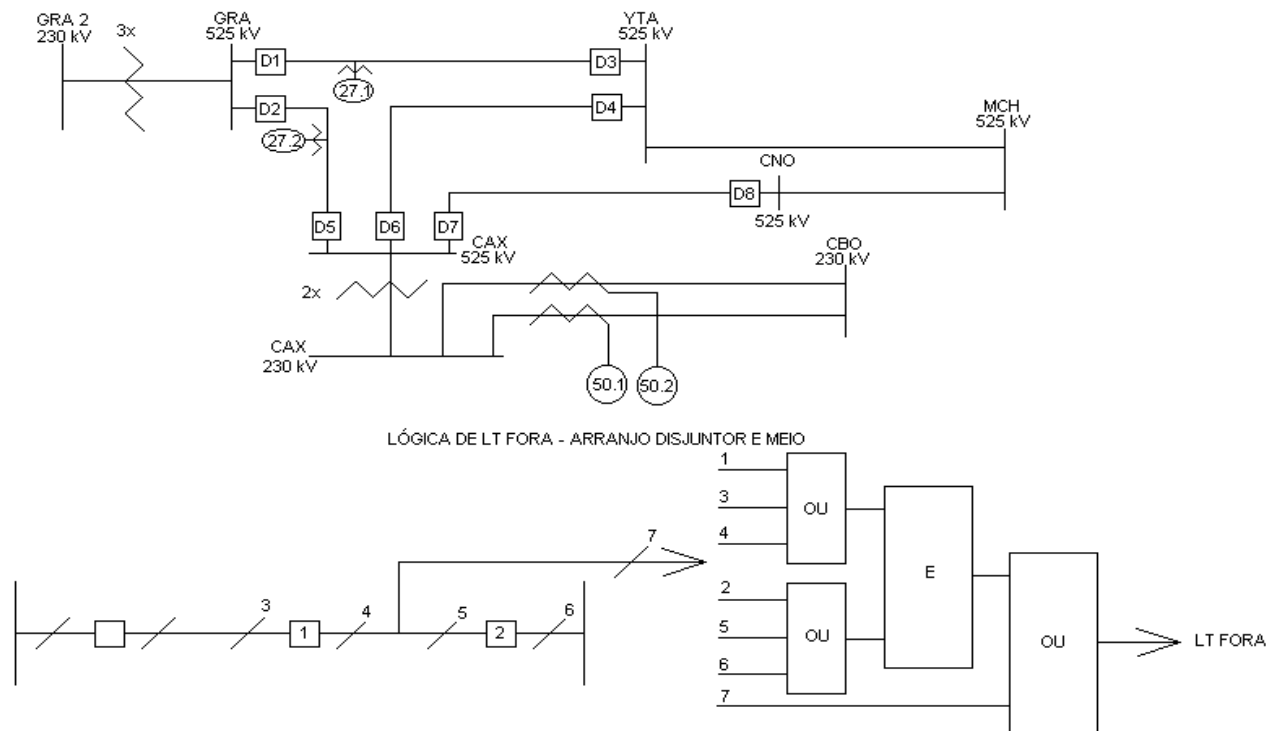


FIGURA 1 – Diagrama unifilar da área de interesse e supervisão de LT Fora

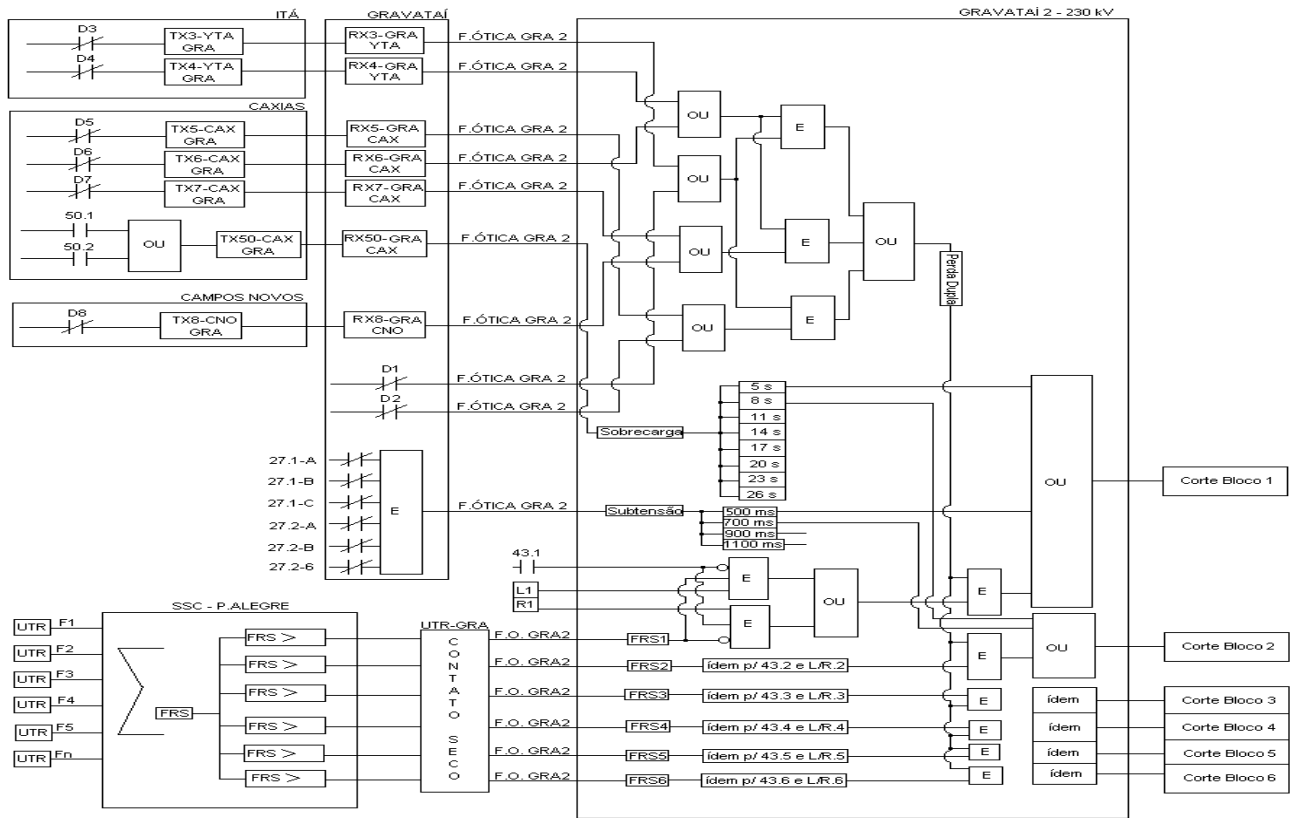


FIGURA 2 – Diagrama Lógico Simplificado

2.1 Blocos de Carga

Os cortes de carga foram definidos a partir do desligamento de 10 (dez) blocos, calculados de forma proporcional, buscando o equilíbrio do prejuízo individual de cada uma das empresas distribuidoras.

TABELA 1 - Blocos de carga nas subestações do ECE-RS

Bloco de Carga	Subestação	Carga	EMPRESA
1º	GRA 2	LT 69 kV VIA	CEEE-D
		LT 69 kV ALV (PAL 16)	CEEE-D
		LT 69 kV PAL 8 C1 e C2	CEEE-D
2º	GRA 2	LT 69 kV GRA 1 + CAC 2	RGE
3º	VAI	LT 69 kV SCR 2 + ETL 2	AES-SUL
		TR-3 69/13,8 + TR-4 69/13,8 kV	AES-SUL
		TR-5 69/13,8 kV	AES-SUL
4º	CAX 2	LT 69 kV CAX 4	RGE
	FAR ESUL	LT 230 kV GAR 1	RGE
5º	SCH	LT 138 kV EVE + SSC	AES-SUL
		TR-2 138/23 kV	AES-SUL
6º	FAR ESUL	LI 69 kV FAR CEEE C1 + C2	RGE
7º	PAL 6	LT 69 kV PAL 14 + PAL 16	CEEE-D
		TR-3 69/13,8 kV	CEEE-D
8º	GRA 2	TR-3 230/23 kV	AES-SUL
	CIN	TR-1 230/23 + TR-2 230/23 kV	AES-SUL
9º	CBO	LT 69 kV CND + SAP + NHA	AES-SUL
	CAC 1	TR-4 138/23 kV	RGE
	TAQ 1	LT 138 kV SLE	AES-SUL
		TR-2 138/13,8 kV	RGE
10º	PAL 9	LT 69 kV UPAL + BIA	CEEE-D
		LT 69 kV PAL 2 C1 + C2	CEEE-D
	PAL 6	TR-1 230/13,8 kV	CEEE-D
		LT 230 kV PAL 13	CEEE-D

2.2 Descrição das Lógicas de Atuação

2.2.1 Lógica 1 - Perda Dupla de Linhas de 525 kV

O desarme simultâneo de circuitos de 525kV que chegam ao Rio Grande do Sul, em determinadas condições de operação, podem provocar subtensões em várias subestações e sobrecarga em vários circuitos de 230kV, com possibilidade de desarme destes circuitos pelos relés de distância, acarretando desligamentos em cascata. Para impedir que tal fato ocorra é necessário que sejam efetuados cortes de carga em quantidade e rapidez compatíveis com a dinâmica descrita.

O valor de corte de carga necessário é automaticamente ajustado, com base no valor do Fluxo de Potência recebido pelo Rio Grande do Sul (FRS), conforme a tabela abaixo:

TABELA 2 - Blocos de carga ativados automaticamente em função do FRS.

Número de Blocos Ativados para Corte	Blocos de Carga Ativados para Corte pela Lógica 1	Nível de Predisposição	Ajuste (MW)
0	Nenhum	-	FRS < 1200
2	1º e 2º	1	1200 ≤ FRS < 1500
3	1º, 2º e 10º	2	1500 ≤ FRS < 1750
4	1º, 2º, 10º e 7º	3	1750 ≤ FRS < 2000
5	1º, 2º, 10º, 7º e 9º	4	2000 ≤ FRS < 2500
6	1º, 2º, 10º, 7º, 9º e 8º	5	2500 ≤ FRS < 2700
7	1º, 2º, 10º, 7º, 9º, 8º e 3º	6	2700 ≤ FRS < 2900
8	1º, 2º, 10º, 7º, 9º, 8º, 3º e 5º	7	2900 ≤ FRS < 3300
10	1º, 2º, 10º, 7º, 9º, 8º, 3º, 5º, 6º e 4º	8	FRS ≥ 3300

2.2.2 Lógica 2 - Perda Simples de uma Linha de 525 kV (Subtensão)

A perda de LT's de 525kV, que chegam a Gravataí e Caxias, poderá provocar colapso de tensão no estado, dependendo do valor de FRS. Para evitar que isto ocorra, a Lógica 2 deverá operar. Esta lógica está ajustada para operar caso a tensão nas LT's CAX e NSR de 525 kV em Gravataí atinja o valor de 441 kV (0,84 pu), independentemente do desarme de qualquer circuito de 525 kV.

A operação se dá de forma temporizada, desligando automaticamente blocos de carga, conforme a tabela abaixo:

TABELA 3 - Temporização para corte de blocos de carga da Lógica 2.

Tensão nas LT's CAX e NSR SE GRAVATAÍ 525 kV	Temporização	Nível de Corte de Carga	Bloco de Carga
≤ 441 kV	0,5 s	1	1º
	0,7 s	2	2º
	0,9 s	3	10º
	1,2 s	4	7º

2.2.3 Lógica 3 – Sobrecarga nos Circuitos CAX - CBO

Esta lógica tem por finalidade eliminar sobrecargas que venham a ocorrer nas LT's 230 kV Caxias / Campo Bom. Caso a corrente em um dos circuitos Caxias / Campo Bom ultrapasse o valor de 710,4 A ocorrerá a eliminação da sobrecarga, através do desligamento escalonado de blocos de carga pré-definidos, conforme a tabela abaixo:

TABELA 4 - Temporização para corte de blocos de carga da Lógica 3.

Corrente na LT 230 kV Caxias x Campo Bom	Temporização	Nível de Corte de Carga	Bloco de Carga
> 710,4 A	3 s	1	1º
	6 s	2	2º
	9 s	3	10º
	12 s	4	7º
	15 s	5	9º
	18 s	6	8º
	21 s	7	3º
	25 s	8	5º

Os valores de Fluxo de Potência para o Rio Grande do Sul - FRS são adquiridos pelo relé SEL1101 através do Sistema de Supervisão. A periodicidade de aquisição dos dados é de 05 segundos. A utilização, pelo relé SEL1101, de valores de FRS que não condizem com os valores reais num determinado momento podem acarretar no desligamento de um montante de carga impróprio para a situação, tornando o ECE ineficaz. A imposição de valores de FRS pode ser realizada diretamente na interface do ECE-RS.

3.2 Comunicação Mirrored Bits™

O Processador de lógicas e o Processador de I/O utilizam a comunicação digital Mirrored Bits™ que é a lógica de comunicação bidirecional entre relés, elimina-se a necessidade de conexão das entradas e saídas entre o relé e o equipamento de comunicação. A comunicação bidirecional cria oito entradas e saídas "virtuais" adicionais em cada relé, que podem ser designadas para os esquemas de teleproteção ("communications-aided protection schemes"), funções de controle e monitoramento remotas.

O esquema utilizando a lógica de comunicações MIRRORRED BITS™ entre relés envia repetidamente o status de oito elementos internos do relé, TMB1 a TMB8, de um relé para o outro, codificado em uma mensagem digital. As comunicações bidirecionais (transmissão e recepção) em cada relé SEL criam oito saídas "virtuais" adicionais em cada relé, "conectadas" através do canal de comunicação às oito entradas "virtuais" do outro relé. As oito entradas "virtuais", RMB1 a RMB8, são elementos internos do relé, no relé receptor, que acompanham ou "espelham" o status respectivo dos elementos TMB1 a TMB8 do relé transmissor. Foram realizados testes em laboratório para levantamento dos tempos de resposta para os vários links de comunicação disponíveis e possíveis de utilização no ECE-RS:

TABELA 5 – Teste dos links de comunicação

Link	Velocidade(bps)	Tempo (ms)
Modem Digital cabo direto	9600	26,50
Modem Digital Fibra direto	9600	22,60
FOX 515 Digital	9600	29,30
FOX 515 Digital	19200	21,30
Multiplex Analógico	9600	62,70
Modem Parks cabo direto	9600	56,50

3.3 Arquitetura de Comunicação

Fazem parte do ECE-RS subestações da CEEE e ELETROSUL sendo um total de 15 (quinze) interligadas a partir de links de comunicação com equipamentos de Tom, fibra óptica, modem digital e micro ondas. Todo este sistema acarreta tempos de atraso na comunicação dos sinais de supervisão de estado de equipamentos (disjuntores) e comandos para atuação dos blocos de corte de carga.

TABELA 6 – Links de comunicação

EMPRESA	SUBESTAÇÃO	LINK
CEEE	SCH VAI	Rádio Microondas
CEEE	CAC	PDH multiplex DM705-DATACOM
CEEE	CAX 2 TAQ GRA 2 CIN CBO FAR PAL 6 PAL 9	STM-1 multiplex FOX 515 - ABB
ELETROSUL	GRA	PDH multiplex DM705-DATACOM
ELETROSUL	CAX ITA CNO	Equipamento de TOM

3.3.1 Teste Para Verificação de Desempenho da Lógica 1

Conforme definido nos estudos de estabilidade, o tempo máximo decorrido entre o acontecimento do evento (Perda Dupla) e a tomada de ação (desligamento de carga) para lógica 1 é de 200 ms. Tempos superiores a 200 ms podem levar o sistema à perda de estabilidade, sendo esta lógica a mais crítica em termos de tempo de atuação.

Para verificação do desempenho do sistema foi executado um teste de campo no dia 03 de maio de 2005 envolveu em torno de 25 pessoas, distribuídos em 12 subestações no estado do Rio Grande do Sul, sendo estas equipes formadas por técnicos das empresas CEEE e ELETROSUL.

Neste ensaio foram utilizadas 03 (três) caixas de testes digitais sincronizadas via GPS, instaladas nas SE's CAX, GRA e SCH. A escolha da subestação de Scharlau foi devido ao link de comunicação via microondas, o que ocasionou o maior atraso na chegada de comando de atuação para o corte de carga.

TABELA 7 – Teste para verificação dos tempos de atuação da lógica 1

Subestação	Tempo	Atraso (ms)	Descrição/Link
Caxias – caixa de testes 1	13 :50 :00 :000	0,0	Perda dupla
Gravataí – caixa de testes 2	13 :50 :00 :047	47,0	Link de Tom
Porto Alegre – partida lógica 1	13 :50 :00 :105	105,0	Link de Fibra
Porto Alegre – atuação lógica 1	13 :50 :00 :108	108,0	Processamento
Scharlau – caixa de testes 3	13 :50 :00 :174	174,0	Link Microondas

Neste teste foi confirmado o atraso máximo de 174,0 ms entre o evento “Perda Dupla” na SE CAX e o desligamento das cargas na SE SCH.

4.0 - CONTROLE E SUPERVISÃO DO ECE-RS

O sistema de supervisão **Elipse SCADA** roda no IHM local, onde são executados os comandos de incluir/excluir lógicas, reset de alarmes e eventos, verificação do estados e links de comunicação.

Os comandos são executados diretamente na tela do IHM através de botões. Existem atalhos para verificação de lista de eventos e alarmes, para gerar gráfico de FRS, visualização das telas da lógica 1, lógica 2 e lógica 3, acesso à tabela de níveis e comandos, ainda possibilita a geração de relatórios de alarmes e eventos por períodos/intervalos em arquivos texto.

Os comandos para incluir/excluir as lógicas alternadamente necessitam de confirmação, o FRS pode ser imposto diretamente na tela clicando o botão automático/manual.

5.0 - DESEMPENHO

O ECE-RS foi implementado com tecnologia de ponta utilizando-se de equipamentos e comunicação digital, o que garante confiabilidade e segurança. O Processador de Lógicas é rápido e tem atuação segura. A Plataforma computacional não utiliza partes móveis e obedece a normas técnicas de relés de proteção. A supervisão de eventos e alarmes é completa e de fácil entendimento, a navegação nas telas é fácil e sua operação de controle de lógicas é segura. O esquema é facilmente adaptado às novas configurações do sistema elétrico (alteração de topologia). Supervisiona em tempo real todo a link de comunicação identificando corretamente as falhas de comunicação. Disponibiliza a troca de ajustes e parametrização de lógicas via comunicação local ou remota. Utilização de sincronização de tempo via equipamento GPS. Existe a possibilidade de ligação entre a Unidade Central e SE's Remotas utilizando meios de comunicação existentes (micro ondas, Fibra, rádio, modem). A utilização de protocolo de comunicação Mirroed Bits™ garante velocidade e segurança. O Sistema Supervisório Elipse Scada tem suporte técnico de qualidade no Brasil. Os equipamentos da Schweitzer com alto grau de confiabilidade e suporte técnico de qualidade no Brasil. A utilização de alimentação 127 Vca de fonte segura (No-Break) garante a disponibilidade do esquema mesmo durante contingências no sistema elétrico.

O ECE-RS foi colocado em operação comercial em julho de 2005 desde de então ocorreram desligamentos simples de LT's 525 kV, subtensão na barra 525 kV das SE's CAX e GRA, falhas de comunicação das remotas e falha de informação do FRS, todos estes eventos não causaram atuação indevida do ECE-RS.

6.0 - CONCLUSÃO

A tecnologia digital presente nos equipamentos utilizados no ECE-RS garante a confiabilidade necessária ao esquema de controle de emergência. Um programa de supervisão completo rodando em plataforma computacional com características técnicas de relés de proteção garante uma supervisão em tempo real de qualidade e grande confiabilidade. A utilização de lógicas programáveis com linguagem de relés de proteção garante uma facilidade na adequação do ECE-RS as novas topologias do sistema elétrico, como por exemplo, com a entrada em operação da SE Nova Santa Rita 525/230 kV em julho de 2006, que seccionou a antiga LT 525 kV ITA-GRA. Esta facilidade de adaptação a várias topologias do sistema elétrico, somada a possibilidade de utilização de diferentes meios de comunicação e a facilidade de operação, coloca esta arquitetura adotada no ECE-RS possível de utilização em outros Sistemas Especiais de Proteção (SEP) necessários para manter a estabilidade e confiabilidade do Sistema Interligado Nacional.

7.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) SCHWEITZER. Manual dos equipamentos SEL 2505, SEL 2100, SEL 1101
- (2) OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. Ata da reunião ONS/Agentes sobre Segurança Operativa do SIN de 14-04-2004
- (3) OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. Relatório ONS RE-3/086/2004
- (4) CEEE-GT. Instrução de operação do ECE-RS para operadores do COS - Porto Alegre

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Paulo Ricardo Castro Oliano

Nascido em Porto Alegre, RS em 17 de setembro de 1963.

Graduação (1991) em Engenharia Elétrica: PUC - Rio Grande do Sul

Empresa: Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica CEEE-GT, desde 1982

Gerente da Seção de Engenharia de Proteção

Alpheu de Boni Junior

Nascido em Caxias, RS em 19 de janeiro de 1956.

Graduação (1978) em Engenharia Elétrica: PUC - Rio Grande do Sul

Empresa: Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica CEEE-GT, desde 1979

Gerente do Departamento de Proteção e Medição da Transmissão

Luis Carlos Werberich

Nascido em Santa Maria, RS em 17 de março de 1955.

Graduação (1978) em Engenharia Elétrica: Universidade Federal de Santa Maria

Empresa: Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica CEEE-GT, desde 1979

Gerente do Departamento de Engenharia de Sistemas da Transmissão