



**XXII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GPC/27  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO - V**

**GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE POTÊNCIA-GPC**

**DEFINIÇÃO E VALIDAÇÃO DOS AJUSTES DAS PROTEÇÕES DAS LINHAS LI IPU 60HZ-FI  
CONSIDERANDO O BARRAMENTO DE 500KV NA SE FOZ DO IGUAÇU**

**José Benedito Mota Júnior(\*)**  
ITAIPU BINACIONAL

**Eron Marcio Nyznyk**  
ITAIPU BINACIONAL

**Denise Borges de Oliveira**  
ELETROBRÁS FURNAS

**Sergio Mauricio Franczak**  
ITAIPU BINACIONAL

**Jorge Luiz Jacopetti e Silva**  
ITAI

**Suzana Mensch de Carvalho**  
ITAI

**RESUMO**

Em novembro de 2011 entrou em operação a LT 500kV CVO-FI e o barramento de 500kV da ST-FI requerendo a revisão dos ajustes das proteções dos quatro circuitos da linha de 500kV entre a SE-IPU 60Hz e a ST-FI. De forma a avaliar os novos ajustes, foram realizados ensaios de modelo das proteções em RTDS, nas dependências do LASSE, laboratório localizado no Parque Tecnológico Itaipu (PTI). O objetivo do trabalho é apresentar os problemas detectados no desempenho das proteções durante os ensaios de modelo, as soluções adotadas e as vantagens deste tipo de simulação na avaliação do desempenho da proteção.

**PALAVRAS-CHAVE**

Ensaio de Modelo, Ajustes de Proteções, Linhas Curtas, Modelo, RTDS.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A Usina Hidrelétrica de Itaipu atualmente é responsável pelo atendimento de aproximadamente 17% da energia elétrica consumida no Brasil e 72% da energia consumida no Paraguai, e está conectada aos principais corredores de transmissão do Sistema Interligado Nacional brasileiro (SIN) e do sistema do Paraguai: o setor de 60Hz conectado ao sistema de transmissão em 765kV e o setor de 50Hz conectado ao Elo de Corrente Contínua  $\pm 600$ kV e a quatro linhas de 220kV que alimentam o Paraguai. A usina atualmente possui 20 unidades geradoras com potência nominal de 700MW cada uma, totalizando 14.000MW.

No segundo semestre de 2011 iniciou-se o processo de alteração na configuração da interconexão da Itaipu 60Hz com o SIN, com a entrada em operação de um barramento de 500kV na SE Foz do Iguaçu de Furnas (ST-FI) e de uma linha de transmissão em 500kV entre esta subestação e a subestação Cascavel Oeste da Copel. Toda a energia gerada pelo setor de 60Hz da Itaipu (interligação Itaipu-Elektrobrás Furnas 500kV) é escoada por 4 linhas paralelas curtas, com extensão média de 8km denominadas LI 500kV IPU-FI 1 a 4. A configuração final desta interligação, com o término da instalação do barramento de 500kV na ST-FI foi alcançada em abril de 2012. Na Figura 1 são mostradas a configuração original da interligação Itaipu-Furnas 60Hz composta por 4 circuitos, cada um em série com um transformador, e a configuração final com o barramento de 500kV na ST-FI.

(\*) AV Tancredo Neves, n° 6731 - CEP 85.866-900 Foz do Iguaçu, PR – Brasil  
Tel: (+55 45) 3520-2710 – Fax: (+55 45) 3520-2706 – Email: mota@itaipu.gov.br

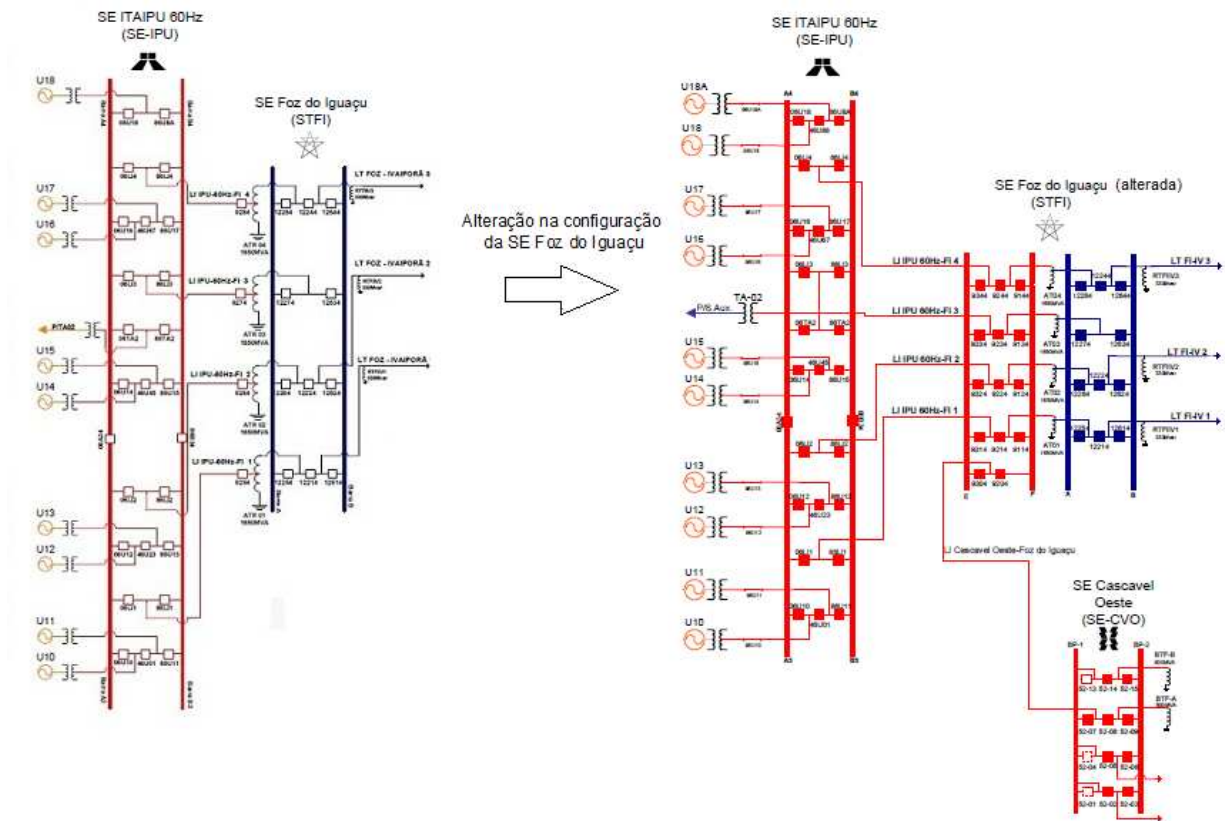


FIGURA 1 – Configuração da interligação Itaipu-Furnas 60Hz antes e após a alteração na ST-FI

Como resultado da alteração na configuração ocorreram mudanças nos valores da potência de curto-circuito no barramentos de 500kV/60Hz da Itaipu (SE-IPU 60Hz), e nos barramentos de 500kV (barramento novo) e 765kV da ST-FI. Devido a isto, os ajustes das proteções dos circuitos de 500kV entre a SE-IPU 60Hz e a ST-FI, que originalmente possuíam a configuração linha-transformador, precisaram ser revistos. Para confirmar e calibrar os ajustes foram realizados ensaios de modelo nas dependências do Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos – LASSE localizado no Parque Tecnológico Itaipu - PTI.

## 2.0 - O LABORATORIO DE SIMULAÇÃO - LASSE

O Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos (LASSE) foi implantado em 2008, fruto de uma parceria entre a ITAIPU BINACIONAL e a Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), através do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação da Universidade Corporativa Itaipu. O principal objetivo do LASSE é suprir a demanda por um espaço propício para o desenvolvimento de pesquisas e execução de ensaios em tempo real, que pudesse dar suporte à atualização tecnológica da usina, cujo planejamento teve início em 2005. O Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (ITAI), como parceiro estratégico da ITAIPU BINACIONAL e da FPTI, é responsável pela gestão operacional do LASSE.

O LASSE dispõe atualmente de uma estrutura baseada no simulador RTDS e em amplificadores de corrente e tensão que permitem a execução de ensaios de modelo em malha fechada e em tempo real, com cenários de testes similares às configurações de campo nas quais IED (Intelligent Electronic Devices) de controle e proteção estarão inseridos. Este tipo de ensaio realizado no LASSE, por ser o mais próximo da configuração real em campo, permite uma avaliação apurada dos equipamentos/sistemas de controle e proteção antes de suas instalações e comissionamentos, garantindo uma maior segurança e confiabilidade ao sistema de potência. Por exemplo, no caso de ensaios de modelo de IEDs de proteção é possível aprimorar os ajustes previamente definidos através de cálculos teóricos, aplicando-se um conjunto de faltas no sistema de potência e verificando-se o comportamento destes equipamentos.

Os equipamentos do LASSE disponíveis para ensaios de modelo são:

- Simulador RTDS: 4 racks de simulação digital em tempo real, fabricante RTDS, com um total de 12 cartões de processamento Giga Process Card (GPC), com a possibilidade de implementar um sistema elétrico de potência com até 264 nós monofásicos.
- Amplificadores de corrente: 6 conjuntos trifásicos de corrente com capacidade de 90 A de pico por canal.

- Amplificadores de tensão: 4 conjuntos trifásicos de tensão com capacidade de 300V de pico por canal.
- Entradas digitais: 96 canais (5V).
- Saídas digitais: 96 canais (5V) e 48 canais (até 250V).
- Cabos de conexão entre os amplificadores e os IEDs sob teste;
- Placa para interface dos sinais das saídas binárias dos IEDs sob teste;
- Fonte DC ajustada em 9V para sinalizar ao cartão de entradas digitais (GTDI) o status das saídas binárias dos IEDs;
- Fonte DC ajustada em 125V para alimentação de ambos os IEDs e para as entradas binárias dos mesmos;
- Cabos do tipo “flat” fazendo a conexão entre as saídas binárias dos IEDs e o cartão GTDI do simulador, para fins de leitura dos tempos de atuação dos equipamentos sob teste.

Para os ensaios de modelo das proteções das linhas LI IPU 60Hz-FI 1 a 4 não foi necessário utilizar a capacidade total do LASSE, em função da representação adotada para o sistema, descrita adiante.

### 3.0 - ELABORAÇÃO DO MODELO

Para a realização dos testes considerando-se a nova configuração foi necessário o desenvolvimento de modelos do sistema Itaipu/Furnas/Copel(Cascavel Oeste) no RSCAD, que é o software utilizado pelo RTDS para as simulações. A validação dos modelos desenvolvidos no RSCAD foi feita de maneira comparativa utilizando-se os softwares ATP e ASPEN ONELINER.

Os modelos contemplaram a implementação de configurações, que representam diferentes topologias do sistema elétrico de potência no qual os circuitos LI IPU 60Hz-FI 1 à 4 estão inseridos. As diferentes configurações e os diferentes tipos de falta aplicados foram essenciais na verificação dos ajustes das proteções das quatro linhas curtas da interligação Itaipu-Furnas 60Hz.

#### 3.1 Configurações utilizadas nos modelos do sistema

A configuração de carga máxima (Configuração 1), mostrada na Figura 2, utilizada nos ensaios está descrita a seguir:

- 10 unidades geradoras modeladas como uma única máquina equivalente associada a um transformador elevador 18/500kV, com ligação triângulo/estrela aterrada e potência nominal respectiva à 10 máquinas;
- Regulador de tensão modelo IEEE Type 1 ajustado via simulação;
- Regulador de velocidade modelo para turbinas hidráulicas parametrizado conforme dados de Itaipu;
- 4 circuitos em 500kV que interligam Itaipu ao barramento de 500 kV na subestação em Foz do Iguaçu, com acoplamento mútuo;
- 1 circuito em 500 kV que interliga a subestação em Foz do Iguaçu à subestação Cascavel Oeste;
- 4 autotransformadores 765/525/13,8 kV, conectados entre os barramentos de 500kV e 765 kV na subestação em Foz do Iguaçu;
- 3 circuitos em 765kV que interligam a subestação em Foz do Iguaçu à subestação em Ivaiporã;
- Reatores shunt de linha e compensações série nos 3 circuitos de 765kV;
- Equivalente do Sistema Interligado Nacional conectado no barramento de Ivaiporã;
- Equivalente do Sistema Interligado Nacional conectado no barramento de Cascavel;
- Impedância de transferência entre os barramentos de Ivaiporã e Cascavel, modelada como um transformador ideal, em virtude da diferença de tensão, em série com uma impedância;
- Transformadores de potencial capacitivo em ambos os extremos da linha protegida;
- Transformadores de corrente em ambos os extremos da linha protegida.

As outras configurações do modelo do sistema elétrico da interligação Itaipu-Eletrôbrás Furnas 60Hz foram criadas a partir da Configuração 1 e sua topologia resumida é mostrada a seguir:

- Configuração 2 – Equivalente de 6 geradores/transformadores elevadores associado ao circuito completo;
- Configuração 3 – Equivalente de 2 geradores/transformadores elevadores conectados aos 4 circuitos de 500kV que interligam Itaipu ao barramento de 500kV da ST-FI. Este barramento conecta-se à SE Cascavel Oeste pela linha LI 550kV Foz do Iguaçu-Cascavel Oeste;
- Configuração 4 – Equivalente de 4 geradores/transformadores elevadores conectados aos 4 circuitos de 500kV que interligam Itaipu ao barramento de 500kV da ST-FI, com os 4 autotransformadores 765/525/13,8 kV, conectados entre os barramentos de 500kV e 765 kV na ST-FI associado a apenas um circuito em 765kV interligando a subestação em Foz do Iguaçu à subestação em Ivaiporã.

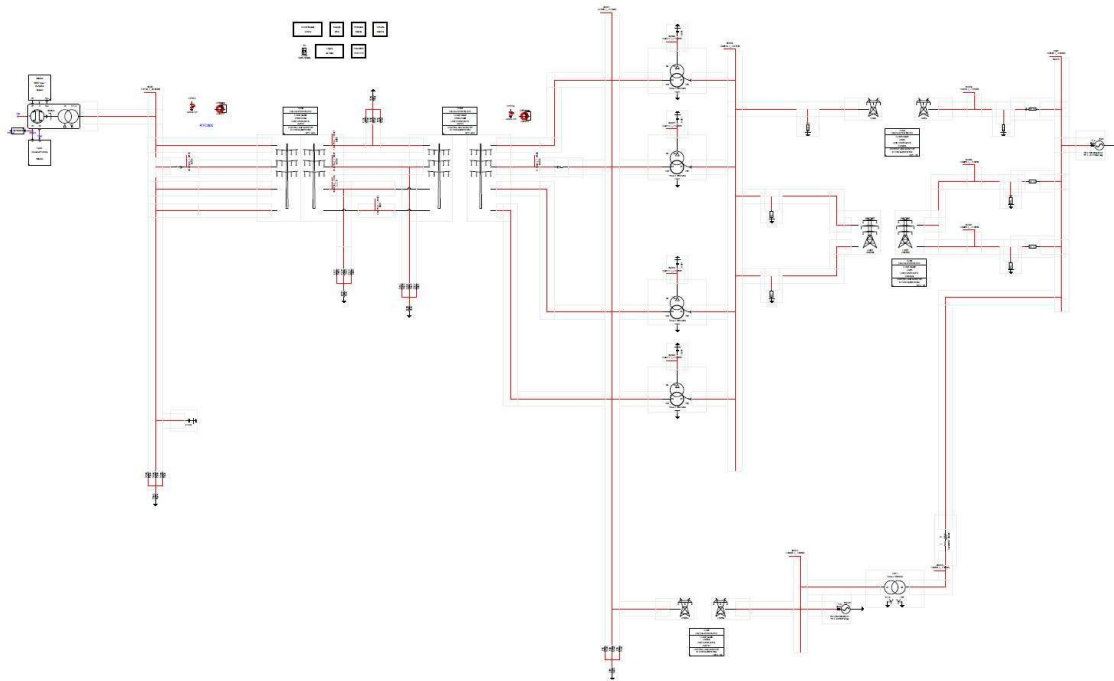


FIGURA 2 – Diagrama simplificado do modelo adotado na Configuração 1.

### 3.2 Particularidades da montagem dos modelos

Para cada configuração o modelo no RSCAD teve que ser adaptado para contornar as limitações do RTDS quanto ao número de nós (barras) e número de conexões por componente a ser representado. As linhas de transmissão de 765kV foram representadas pelo modelo por parâmetros distribuídos, modelo de Bergeron, e com a inclusão do barramento de 500kV no modelo da ST-FI, o lado de 500kV dos autotransformadores da ST-FI pode ser representado por apenas um nó. Desta forma, todo o sistema a ser simulado pode ser modelado em apenas um rack do RTDS fato que permitiu a otimização do número de nós a serem representados.

Os sinais de corrente e tensão injetados nos IED foram representados pelos sinais secundários dos TC e TP modelados no circuito sob teste. A capacidade dos amplificadores de tensão e de corrente do LASSE são 300V de pico e 90A de pico, respectivamente. Devido às características peculiares do sistema Itaipu 60Hz, o nível de curto-circuito das faltas que ocorrem próximas ao barramento de 500kV da SE-IPU 60Hz, tanto internas quanto externas à linha cuja proteção encontra-se sob teste, faz com que a corrente de pico no amplificador de corrente exceda os 90A de pico, impossibilitando a execução destes casos.

A solução adotada para permitir a execução dos casos onde a corrente secundária excede a capacidade do amplificador, sem a inserção de artifícios como resistência de falta para limitar a corrente de curto, foi a alteração da escala de conversão dos cartões de saídas analógicas do RTDS® através do software RSCAD, para que a corrente secundária vista pelos IED fosse menor em módulo e, ao mesmo tempo, a alteração da relação de transformação de corrente nos IED, de forma a garantir que a corrente primária vista pelos IED fosse a mesma obtida através da simulação do modelo. Em resumo, fazer uma alteração de escala tal que permita reduzir a corrente a ser injetada nos IED pelos amplificadores, porém sem alterar o valor primário visto pelos IED. Este artifício foi possível devido ao fato dos IED sob teste trabalharem com valores primários em seu ajuste, levando os IED a processarem os mesmos valores primários, os quais são comparados aos ajustes.

### 3.3 Aferição do modelo

De forma a garantir a confiabilidade dos resultados dos ensaios, os modelos desenvolvidos no RSCAD foram previamente validados pela Itaipu por simulações realizadas no software ATP (Alternative Transient Program) e no software de curto-circuito ASPEN ONELINER. Esta ação permitiu um ajuste fino dos modelos do RSCAD que seriam utilizados para as simulações nas diferentes configurações do sistema elétrico da interligação Itaipu-Eletrôbrás Furnas 60Hz. E assim, os valores de tensão e corrente obtidos das simulações estariam bem próximos dos valores reais medidos em condições de curto-circuito.

#### 4.0 - OS ENSAIOS

Os ensaios foram executados com a utilização de scripts para cada configuração e para cada tipo de falta. Os tipos de faltas simulados nos ensaios em cada configuração são apresentados a seguir:

- Monofásicas;
- Bifásicas;
- Bifásicas terra;
- Trifásicas terra.
- Internas;
- Com resistência de falta;
- Externas;
- Evolutivas;
- Switch on to fault;
- Com variação da frequência;
- Crosscountry;
- Sensibilidade em relação à variação da resistência de falta;
- Sem comunicação entre IEDs;
- Sensibilidade em relação à variação do local de falta na linha paralela;
- Transient block;

##### 4.1 Ajustes e filosofia iniciais

As principais funções e lógicas parametrizadas nos IED que seriam verificadas nos ensaios de modelo são:

- Função 87L – Diferencial de linha;
- 1ª Zona e 2ª Zona das Funções 21 e 21N – Distância;
- Partida à frente, 1ºStep e 2º Step da Função 67N – Direcional de sequencia zero;
- Logica permissiva associada à função 67N;
- Lógica permissiva associada à 2ª zona da função de distância.

Os ajustes das proteções para a nova configuração das linhas LI IPU 60Hz-FI 1 à 4 foram calculados inicialmente a partir dos ajustes confirmados ou alterados por ensaios de modelo para as proteções dos circuitos na configuração inicial (linha – transformador sem o barramento de 500kV da ST-FI). Além disso, os ajustes seguiram a filosofia do sistema de proteção a ser adotada por Itaipu e Eletrobrás Furnas e as orientações do catálogo do fabricante.

A filosofia e os ajustes adotados para as funções 21 e 67N das proteções primária e alternada de ambos os terminais das linhas antes do ensaio de modelo estão apresentadas na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Filosofia e ajustes adotados para as funções 21 e 67N antes dos ensaios de modelo

Terminal	Função	Ajuste/Filosofia adotada
Terminal Itaipu - SE-IPU 60Hz	21 – 1ª Zona	70% $Z_{linha}$
	21 – 2ª Zona	200% $Z_{linha}$ – 500ms
	67N – Start Forward	Detectar faltas até o barramento 765kV da ST-FI
	67N – 1ºStep	Somente faltas internas à linha
	67N – 2ºStep	Alcançar faltas à terra no barramento de 500kV da ST-FI - 500ms
Terminal Furnas - ST-FI	21 – 1ª Zona	70% $Z_{linha}$
	21 – 2ª Zona	200% $Z_{linha}$ – 500ms
	67N – Start Forward	Detectar faltas com $R_{falta}$ de até 10Ω no barramento de 500kV da SE-IPU 60Hz
	67N – 1ºStep	Somente faltas internas à linha
	67N – 2ºStep	Alcançar faltas à terra no barramento de 500kV da SE-IPU 60Hz - 500ms

A 1ª Zona da função de distância e o 1º Estágio(Step) da função 67N permanecem bloqueados pela função 87L em ambos os terminais, somente entrando em serviço se ocorrer sinalização de falha de comunicação na função diferencial de linha. Esta ação visa garantir que para as falhas internas à linha somente ocorra atuação da função diferencial de linha (87L) das proteções primária e alternada de cada terminal de linha, bem como evitar que sobrealcançes transitórios possam provocar atuações incorretas das proteções devido ao fato dos circuitos protegidos serem linhas curtas.

#### 4.2 Influência da Saturação dos TC

O sistema elétrico da interligação Itaipu-Eletróbras Furnas 60Hz é muito influenciado pela proximidade da geração do setor de 60Hz da Itaipu. Desta forma nos curto-circuitos que ocorrem próximos ao barramento de 500kV da SE-IPU 60Hz, dependendo do ângulo de incidência da falta na forma de onda da tensão, há grande chance de ocorrer saturação nos TC que alimentam a proteção das linhas neste terminal.

Os TC do terminal da ST-FI são TC linearizados, não apresentando o risco de saturação. Porém, os TC do terminal da SE-IPU 60Hz, com característica C400, precisaram ser fielmente modelados de forma a permitir a verificação do comportamento do algoritmo da proteção diferencial de linha nas condições de saturação apresentadas. Na Figura 3 é mostrada a forma de onda da corrente secundária a ser injetada nos IED de ambos os terminais da linha sob teste para um curto-circuito monofásico localizado a 0% da linha (na frente do IED do terminal SE-IPU 60Hz) com ângulo de incidência da onda de tensão em 0°. Durante as simulações não se verificou nenhum problema no comportamento da função 87L devido à saturação dos TC do terminal da SE-IPU 60Hz.

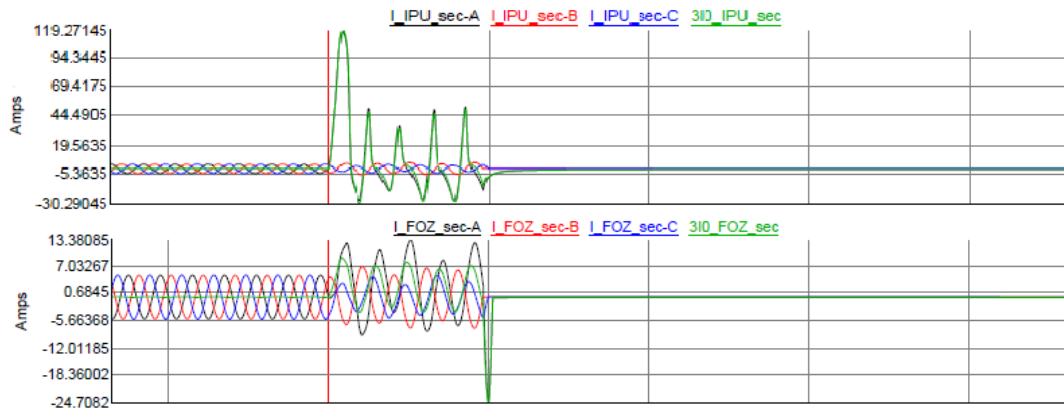


FIGURA 3 – Corrente secundária nos IED dos dois terminais de linha para falta 1Φ interna.

#### 4.3 Análise dos Resultados

A partir da definição inicial dos ajustes iniciaram-se os ensaios com a verificação dos resultados para todas as configurações. Os ajustes foram sendo alterados à medida que os problemas foram sendo detectados nas análises dos resultados. Após cada alteração uma nova rodada de ensaios era executada. Os principais problemas encontrados e as soluções adotadas foram:

- Devido ao risco de sobrealcance transitório para a configuração com as linhas paralelas abertas e aterradas, o alcance da 1ª Zona da função de distância das proteções de ambos os terminais da linha sob teste deve ser no máximo da ordem de 70%  $Z_{linha}$ . Durante os ensaios, e de forma a evitar atuações incorretas, a 1ª zona da função 21 do terminal da SE-IPU 60Hz foi reajustada para 60%  $Z_{linha}$ .
- A 2ª Zona da função de distância da proteção do terminal da ST-FI não alcançou todos os tipos de falta no barramento de 500kV da SE-IPU 60Hz, mesmo na configuração de carga máxima. A solução adotada foi aumentar inicialmente seu alcance para 250%  $Z_{linha}$ . Devido ao fato do terminal da ST-FI ser considerado o terminal fraco com relação ao terminal da SE-IPU 60Hz, o sobrealcance de 250%  $Z_{linha}$  para a 2ª Zona da função 21 da proteção do terminal da ST-FI não foi suficiente para detectar todos os tipos de falta no barramento de 500kV da SE-IPU 60Hz, desta forma o ajuste foi alterado para 300%  $Z_{linha}$ .
- Verificou-se a necessidade de limitar o alcance da 2ª Zona da função de distância da proteção do terminal da SE-IPU 60Hz em 200%  $Z_{linha}$  de forma que a função detecte apenas faltas compreendidas na região de 100% até 60% das linhas paralelas, pois durante os testes foi constatado que caso este alcance fosse maior poderia ocorrer desligamento das linhas sãs para um curto-circuito na linha paralela. Este trip ocorreria pelo esquema permissivo (POTT) ou pelo efeito de "transient blocking" associado ao sobrealcance da 2ª zona de ambos os terminais das linhas sãs.
- A partida à frente da função 67N da proteção do terminal da SE-IPU 60Hz não detectava todos os tipos de faltas à terra no barramento de 765kV da ST-FI. A solução adotada foi aumentar o alcance da partida à frente da função 67N neste terminal.
- O alcance do 2º Step da função 67N da proteção de ambos os terminais precisou ser aumentado de forma a garantir a detecção de todas as faltas à terra nos barramentos adjacentes de 500kV (ST-FI e SE-IPU 60Hz). Esta deficiência foi identificada durante a situação dos casos da Configuração 3 (6 geradores em Itaipu).
- Durante os ensaios com falta bifásica à terra no barramento de 500kV da SE IPU-60Hz da Configuração 4 ocorreu a atuação incorreta da 1ª e 2ª Zona da proteção 21 do terminal da SE-IPU. A solução deste problema foi a alteração do diagrama lógico da proteção, de forma que a partida da função 67N reversa bloqueie a 1ª e a 2ª zona da função 21 das proteções do terminal da SE IPU 60Hz.

Nas figuras 4 e 5 a seguir são mostrados os resultados de um ensaio realizado no RTDS para uma falta monofásica interna à linha sob teste, localizada a 0% da linha, ou seja, na frente do IED do terminal da SE-IPU 60Hz, sem impedância de falta e com ângulo de incidência de falta a 90° da onda de tensão, portanto sem componente DC.



FIGURA 4 – Resultado de ensaio de falta 1Φ interna à linha protegida aplicada na proteção do terminal da ST-FI

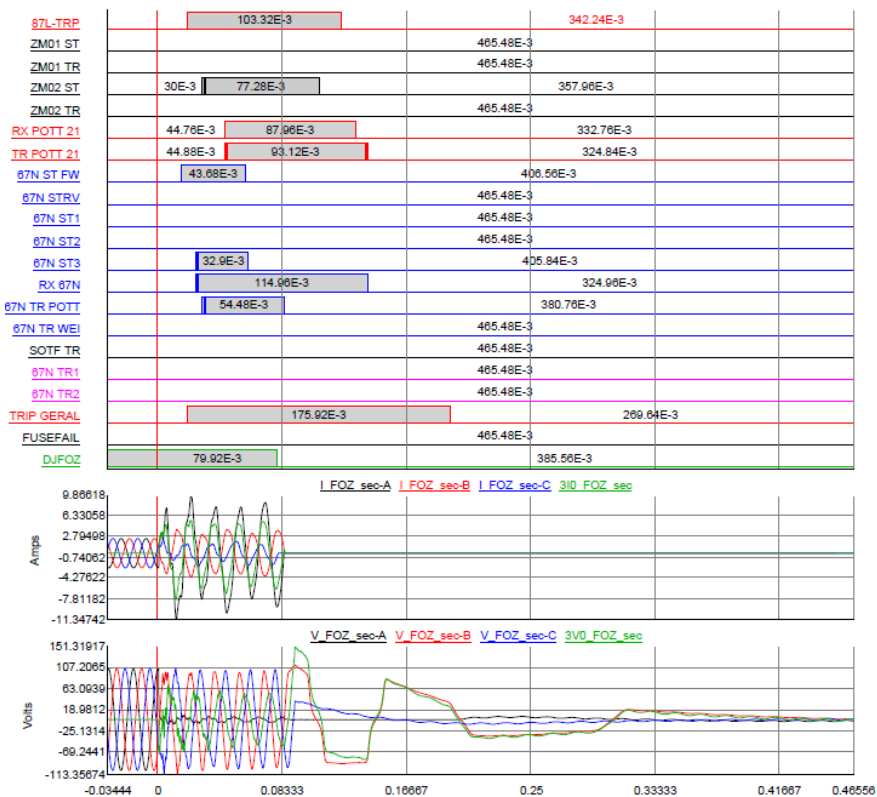


FIGURA 5 – Resultado de ensaio de falta 1Φ interna à linha protegida aplicada na proteção do terminal da ST-FI

Nestas figuras é possível analisar o resultado da simulação, permitindo a visualização da forma de onda da corrente e tensão aplicadas nos IED, e a verificação do comportamento, como o instante da atuação, das grandezas digitais associadas às funções habilitadas nos IED da proteção de cada terminal da linha protegida sob ensaio.

## 5.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho mostra a relevância da validação dos ajustes definidos nos estudos para as proteções de linhas de transmissão de sistemas complexos, como o das quatro linhas curtas paralelas da interligação Itaipu-Furnas 60Hz, com a utilização de ensaios de modelo utilizando simulação digital em tempo real e em malha fechada, como oferece o simulador RTDS. Muitos dos parâmetros definidos conforme os estudos de curto-circuito e as regras ditadas pelo manual do fabricante necessitaram ser reavaliados e alterados durante os testes, principalmente levando-se em conta as particularidades do Sistema Itaipu. Desta forma, os ensaios de modelos garantem um aumento na confiabilidade dos ajustes definidos.

Eventos como a perturbação do dia 02.09.2011, quando ocorreu o desligamento de três dos quatro circuitos das LI IPU 60Hz-FI para uma falta no 765kV da SE-FI devido a um sobrealcançe transitório da proteção, reforçam a importância da confiabilidade na definição e validação dos ajustes das proteções destas linhas. Inclusive, após a definição dos ajustes das proteções das quatro linhas de interligação Itaipu-Furnas 60Hz pelos ensaios de modelo, as oscilografias desta perturbação foram injetadas nas proteções do terminal da SE-IPU 60Hz de forma a verificar o seu comportamento. O resultado foi conforme o esperado, com apenas a partida do 2º nível da função 67N, temporizada em 500ms.

Os estudos dos ajustes e os ensaios foram desenvolvidos e acompanhados por Itaipu e Furnas, e aprovados pelo grupo de estudos de proteção da Comissão Mista de Operação – CMO composta por Itaipu ANDE, Eletrobrás e Eletrobrás Furnas. Os ajustes definidos durante os ensaios de modelo encontram-se atualmente implantados nos sistemas de proteção de ambos os terminais das linhas LI IPU 60Hz-FI 1 a 4.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) RTDS, Users Manual, Canadá, 2004, p. 2.1.
- (2) Comissão Mista de Operação – CMO - Grupo de Estudos de proteção – GE-03 – Informe nº CMO/GE-03/089 - PROTECCIÓN DE LAS LINEAS LI IPU 60HZ FI1 A FI4 con Barras de 500kV en la ST-FI - Descripción de las funciones y memoria de cálculo de los ajustes.
- (3) J. Arrigala, Power system electromagnetic transients simulation, Volume 39, United Kingdom, 2003, p. 123.
- (4) Technical Reference Manual RED670 –ABB
- (5) Application Manual RED670 - ABB

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



José Benedito Mota Júnior nasceu em 1966 na cidade de Cristina, sul do estado de Minas Gerais. Recebeu seu diploma de graduação e de Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá - Minas Gerais em 1988 e 2002, respectivamente. Trabalha na Itaipu Binacional desde 1989, inicialmente na área de manutenção eletroeletrônica - proteção e controle. Em 1997 passou a trabalhar na área de Estudos Elétricos e Normas do Departamento de Operação do Sistema da Itaipu, atuando em análise de perturbações, cálculos de ajustes de proteção, estudos de RTDS e modelagem de equipamentos para estudos transitórios. Ele é membro do Comitê de Estudos B5 Brasileiro do Cigré.