



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GOP/07
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS- GOP

**UTILIZAÇÃO DE MEDIÇÃO FASORIAL SINCRONIZADA NO
MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DA UHE-ITAIPU 60Hz**

André Pagani Tochetto(*)

**Rui Jovita G. C. da Silva
ITAIPU BINACIONAL**

Felipe Trevisan

RESUMO

A tecnologia de Medição Fasorial Sincronizada vem sendo amplamente estudada, discutida e utilizada em empresas do setor elétrico, centros de pesquisa e universidades. O principal foco é a aplicação das informações fasoriais no sentido de proporcionar melhorias nas atividades de operação dos sistemas elétricos, como a análise de eventos, o monitoramento, o controle e a proteção.

Nesse contexto, o trabalho apresenta uma aplicação para utilização de Medição Fasorial Sincronizada no monitoramento em tempo real das condições de operação da UHE-Itaipu 60Hz.

A aplicação se baseia no monitoramento em tempo real da impedância calculada a partir de informações fasoriais de tensões e correntes nas unidades geradoras, tensões nas barras da SE-IPU 60Hz e correntes na saída das linhas de transmissão da usina. A impedância monitorada é comparada com regiões seguras de operação definidas através de simulações off-line de contingências no sistema de transmissão associado à UHE-Itaipu 60Hz. Uma aplicação gráfica foi desenvolvida com a utilização do sistema PI (*Plant Information System*) para permitir o monitoramento da impedância e das regiões seguras de operação em tempo real.

PALAVRAS-CHAVE

Medição Fasorial Sincronizada, monitoramento das condições de operação, tempo real, *Plant Information* (PI)

1.0 - INTRODUÇÃO

A Usina Hidrelétrica de Itaipu possui 20 unidades geradoras com potência nominal totalizando 14.000MW, divididas em dois setores, sendo 10 unidades em 60Hz e 10 unidades em 50Hz. Sua maior produção anual foi estabelecida em 2013, quando gerou 98,6TWh, sendo atualmente responsável pelo atendimento de aproximadamente 14% da energia elétrica consumida no Brasil e 79% da energia consumida no Paraguai.

Itaipu 60Hz está conectada ao Sistema Interligado Nacional Brasileiro (SIN-BR) através do sistema de transmissão de 765kV e da linha de transmissão de 525kV entre as subestações de Foz do Iguaçu e Cascavel Oeste. O setor de 50Hz está conectado ao SIN-BR através do Elo de Corrente Contínua de ± 600 kV e conectado ao Sistema Interligado Nacional do Paraguai (SIN-PY) através de quatro linhas de 220kV. A Figura 1 apresenta o diagrama unifilar simplificado da UHE-Itaipu e dos sistemas de transmissão associados.

Os Sistemas de Medição Fasorial Sincronizada (SMFS) tem se destacado nos últimos anos como uma ferramenta para a melhoria das atividades de operação dos sistemas elétricos, como a análise de eventos, o monitoramento, o controle e a proteção.

(*) Av. Presidente Tancredo Neves, 6731 – CEP 85866-900 Foz do Iguaçu, PR – Brasil
Tel: (+55 45) 3520-2468 – Email: pagani@itaipu.gov.br

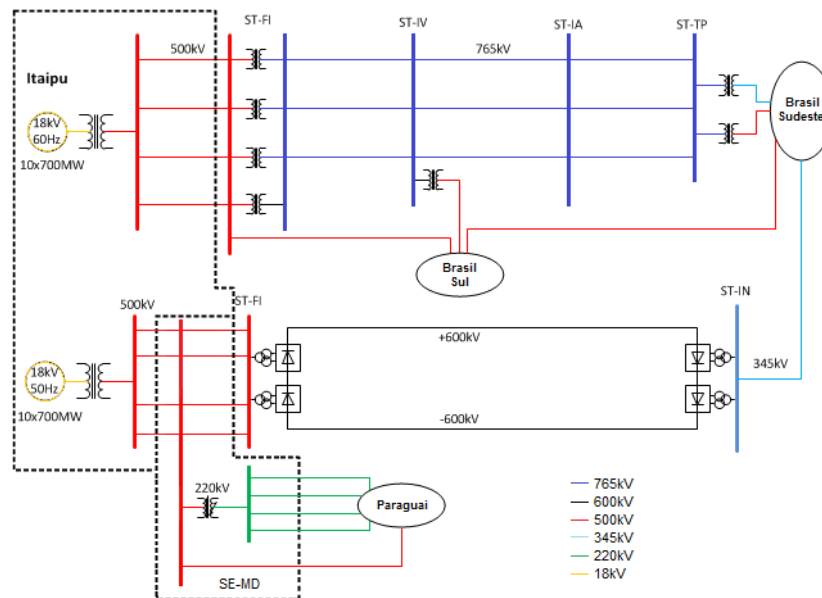


Figura 1 – Diagrama unifilar simplificado da UHE-Itaipu e sistemas de transmissão

Diante dessa perspectiva, diversas universidades, centros de pesquisa e empresas de todo o mundo possuem trabalhos de pesquisa e utilização medição fasorial sincronizada. Seguindo essa tendência, a usina hidrelétrica de Itaipu está passando por um processo de instalação de novos equipamentos e atualização do sistema de oscilografia, ao qual está sendo incorporada a tecnologia de medição fasorial sincronizada.

A disponibilidade de informações fasoriais traz a necessidade de desenvolvimento de aplicações e cria grande expectativa quanto aos benefícios a serem obtidos, em especial para a operação em tempo real.

2.0 - SISTEMA DE MEDIÇÃO FASORIAL SINCRONIZADA NA UHE-ITAIPU

A usina de Itaipu é dotada de um sistema de oscilografia composto por 18 Registradores Digitais de Perturbação (DFR – Digital Fault Register) que monitoram tensões e correntes nos geradores, linhas e barras, além de estados de vários dispositivos e sinais de controle.

A atualização do sistema de oscilografia de Itaipu, com a inclusão de Medição Fasorial Sincronizada, dará origem a um Sistema de Medição Fasorial Sincronizada (SMFS), com as Unidades de Medição de Fasores (PMU – *Phasor Measurement Unit*) e Concentradores de Dados Fasoriais (PDC – *Phasor Data Concentrator*).

O setor de 50Hz da UHE-Itaipu já possui dois registradores de perturbação com função de PMU instalados, monitorando tensões e correntes em linhas de transmissão e barras da Subestação Margem Direita, porém ainda sem a estrutura de um PDC. No setor de 60Hz foi instalado o primeiro registrador com função de PMU, monitorando um conjunto de duas unidades geradoras, porém também ainda sem acesso aos dados fasoriais via PDC. A Figura 2 mostra a arquitetura do SMFS a ser instalado na UHE-Itaipu.

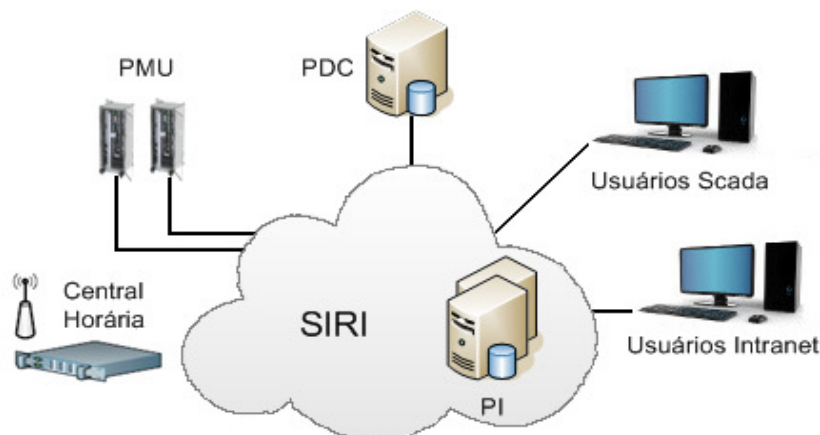


Figura 2 - Arquitetura do SMFS da UHE-Itaipu

A arquitetura está baseada em uma rede de fibra ótica já existente na usina, chamada SIRI (Sistema Integrado de Redes Industriais). Essa rede é utilizada para a transmissão dos dados fasoriais das PMU para o PDC e do PDC para a base de dados do sistema PI (*Plant Information System*), que já é utilizado pelas equipes de operação em tempo real para a visualização de informações do sistema Scada/EMS (*Supervisory Control and Data Acquisition/Energy Management System*). Já as equipes de pré e pós-operação poderão acessar tanto os dados do PDC quanto os dados do sistema PI através de um acesso à rede SIRI via intranet.

A implantação de um SMFS na UHE-Itaipu 60Hz e a disponibilidade dessas informações para as equipes de operação em tempo real traz a necessidade de desenvolvimento de aplicações que façam uso das medidas fasoriais.

3.0 - UTILIZAÇÃO DE MEDIÇÃO FASORIAL SINCRONIZADA NO MONITORAMENTO DAS CONDIÇÃO DE OPERAÇÃO EM TEMPO REAL

A tecnologia de medição fasorial sincronizada traz benefícios relacionados ao monitoramento dos Sistemas de Energia Elétrica (SEE). Aplicações para o monitoramento da estabilidade de tensão são tratadas nos trabalhos [1], [2], [3], entre outros. Nestes trabalhos, os fasores de tensão e corrente medidos em barras de carga são utilizados para calcular a impedância vista a partir da barra, que é utilizada em uma avaliação da margem de estabilidade de tensão e no cálculo da distância do ponto de operação até o ponto de máxima transferência de potência.

Com relação à UHE-Itaipu, os trabalhos [4] e [5], mostram que a impedância vista a partir da UHE-Itaipu 60Hz pode ser utilizada para avaliar o ponto de operação do sistema. Já os Trabalhos [6] e [7] propõem o uso da impedância medida pelas proteções de distância na implementação de Sistemas Especiais de Proteção (SEP) no sistema de transmissão de 765kV.

O SMFS a ser instalado na UHE-Itaipu 60Hz é de caráter local, visto que não estarão disponíveis medidas fasoriais de outras regiões do sistema elétrico brasileiro. Apesar de local, esse conjunto de dados fasoriais fornece informações importantes sobre o ponto de operação da UHE-Itaipu 60Hz com relação ao SIN-BR, a exemplo da impedância vista a partir das barras da usina.

Desta forma, a proposta do trabalho é combinar o uso das tradicionais simulações off-line de estabilidade transitória, que permitem a avaliação do comportamento dinâmico do sistema frente a perturbações, com o monitoramento em tempo real de grandezas fasoriais, que permitem o monitoramento do ponto de operação do sistema. É possível definir uma região de operação segura do sistema para um determinado tipo de evento e monitorar o ponto de operação do sistema baseando-se na impedância calculada a partir das informações fasoriais [8].

3.1 Cálculo da impedância

Considerando que no seu estágio final, o SMFS da UHE-Itaipu possuirá as características apresentadas na Figura 3, é possível determinar a impedância vista pelas barras de 500kV da usina.

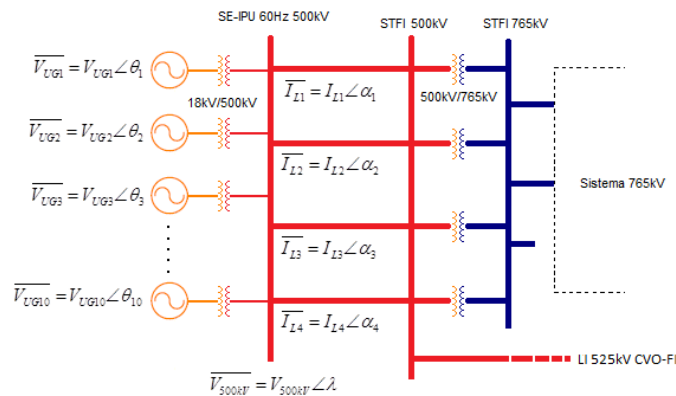


Figura 3 – Medidas fasoriais na UHE-Itaipu 60Hz

Primeiro, define-se o ângulo medido pela PMU no terminal das unidades geradoras como o ângulo de referência, sendo calculado como a média dos ângulos individuais das unidades geradoras em operação.

$$\theta_m = (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \dots + \theta_{10}) / N_{UG}$$

Posteriormente, calcula-se a tensão na barra de 500kV e a corrente total nas linhas de transmissão considerando

como referência o ângulo médio da tensão das unidades geradoras:

$$\begin{aligned}\overline{V_{500kV}} &= V_{500kV} \cdot \angle(\lambda - \theta_m) = V_{500kV} \angle \theta \\ \overline{I_L} &= \overline{I_{L1}} + \overline{I_{L2}} + \overline{I_{L3}} + \overline{I_{L4}} = I_L \angle \alpha \\ I_L \angle \delta &= I_L \angle (\alpha - \theta_m)\end{aligned}$$

De onde a impedância pode ser determinada:

$$\overline{Z} = \frac{V_{500kV} \angle \theta}{I_L \angle \delta} = Z \angle \gamma$$

Com base na impedância vista a partir das barras de 500kV da usina é possível definir uma região segura de operação para uma determinada contingência baseando-se em simulações off-line de estabilidade transitória. Posteriormente, em tempo real, a impedância pode ser calculada com base nos dados fasoriais e comparada com a região segura de operação, de modo a permitir o monitoramento das condições de operação da UHE-Itaipu 60Hz com relação ao sistema elétrico.

De modo a avaliar a metodologia proposta, foram realizadas simulações com o objetivo de definir regiões seguras de operação para determinados tipos de contingências. Na sequência são apresentados os resultados obtidos para simulações de contingência dupla no sistema de transmissão de 765kV.

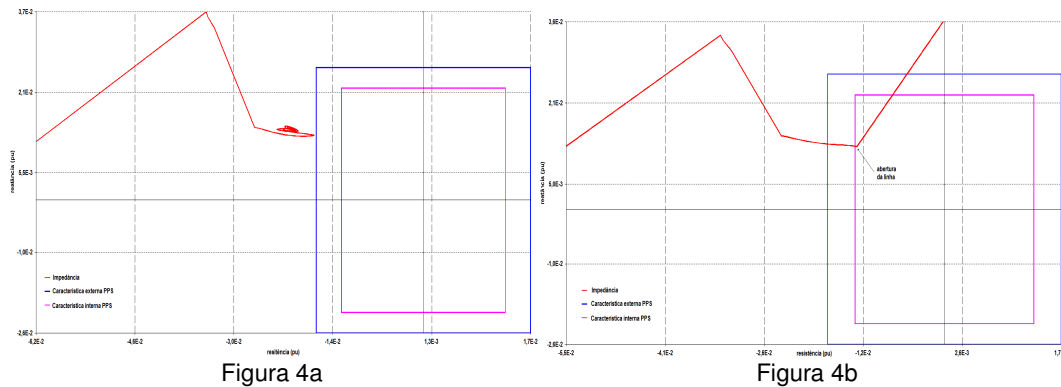
3.2 Simulação da contingência dupla

A contingência dupla no sistema de transmissão de 765kV é um evento severo, que pode trazer graves consequências ao SIN-BR. Dependendo do fluxo no sistema de transmissão, a ocorrência dessa contingência pode causar a abertura do terceiro circuito e iniciar o desligamento de linhas em cascata, resultando na interrupção da energia fornecida por Itaipu 60Hz ao SIN-BR. A contingência dupla mais crítica é a perda de dois circuitos da transmissão entre a subestação de Foz do Iguaçu (ST-FI) e a subestação de Ivaiporã (ST-IV).

A contingência dupla foi simulada no Anatem por um curto-circuito monofásico na barra de 765kV da ST-FI, com duração de 80ms e eliminado pela abertura simultânea das duas linhas. Foi simulada uma série de casos variando-se o ponto de operação inicial do sistema com relação ao patamar de carga, ao fluxo, às tensões, à geração de Itaipu 60Hz e ao número de unidades geradoras sincronizadas.

Em todos os casos foi analisado o atendimento à critérios de desempenho como tensões máximas e mínimas, limites para as oscilações de potência e não atuação das proteções contra perda de sincronismo (PPS). Dentre os critérios analisados, a atuação da PPS do circuito remanescente no trecho em que ocorre a perturbação foi o mais restritivo.

A Figura 4 mostra a impedância vista pela proteção contra perda de sincronismo (PPS) do terceiro circuito da LT FI-IV, na letra “a” para o caso de Itaipu 60Hz gerando 5600MW e na letra “b” para o caso de Itaipu 60Hz gerando 6300MW.



É possível observar que no primeiro caso, a impedância oscila e estabiliza sem alcançar as características da PPS. Já no segundo caso, a impedância vista pela PPS adentra na característica interna, o que resulta na abertura da terceira linha entre Foz do Iguaçu e Ivaiporã.

O programa Matlab foi então utilizado para processar os resultados dos casos de fluxo de potência do Anarede e calcular a impedância vista da barra de 500kV da UHE Itaipu 60Hz, associando-os aos resultados da simulação do

Anatem. A Figura 5 mostra os resultados para os casos de carga leve com dez, nove e oito unidades geradoras sincronizadas.

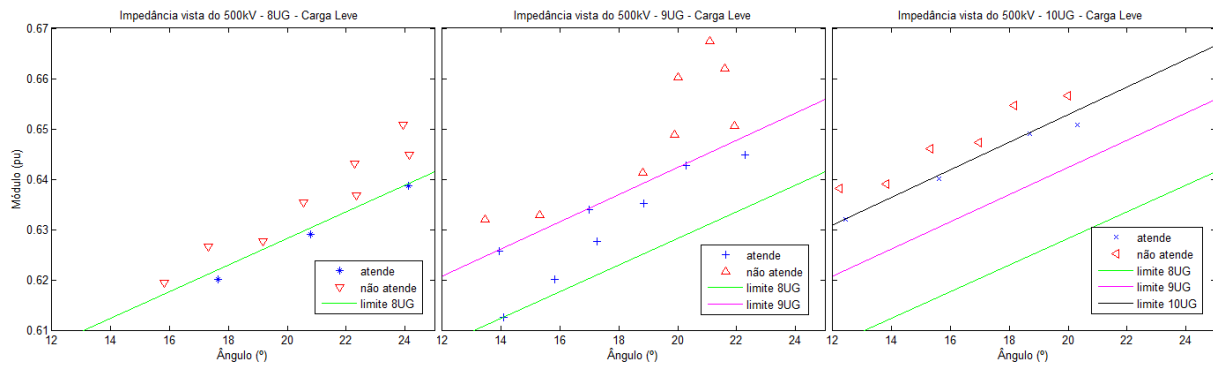


Figura 5 – Impedância – 8, 9 e 10 UG – carga leve

É possível observar que os casos que atendem os critérios definidos para a simulação da contingência dupla se concentram em uma região do plano de impedâncias, sendo possível traçar uma reta delimitando a região onde os casos atendem os critérios de desempenho estabelecidos para as simulações da contingência, através da interpolação dos pontos de operação considerados no limite entre a condição segura e a condição insegura. A região delimitada por essa reta pode ser chamada de região segura de operação para contingência dupla.

É possível observar também que quando se altera o número de unidades geradoras sincronizadas na UHE Itaipu 60Hz, a disposição dos pontos no gráfico de impedância também muda, assim como o limite da região segura de operação. O aumento do número de unidades geradoras sincronizadas, aumenta também o tamanho da região segura de operação. Os pontos de impedância são deslocados para a parte superior do gráfico e a reta que delimita a região segura se mantém com inclinação constante.

Quando são comparados os casos de carga pesada e leve, Figura 6, é possível observar que com o aumento do patamar de carga, aumenta também o tamanho da região segura de operação, sendo que a reta que delimita essa região continua com a mesma inclinação.

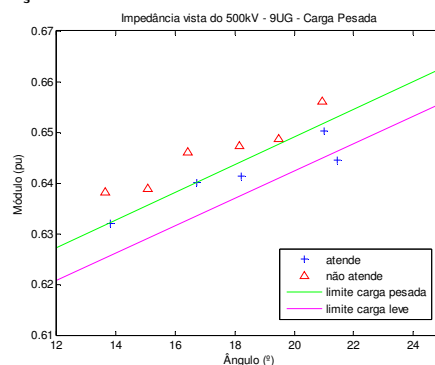


Figura 6 – Impedância – carga pesada

O comportamento da região segura de operação com o aumento do número de unidades geradoras sincronizadas e o aumento do patamar de carga é condizente com o esperado, pois nessas situações há mais inércia, o que contribui para melhorar o desempenho do sistema frente a perturbações.

Quando o ponto de operação monitorado se localiza fora da região de segurança, é indicativo às equipes de operação em tempo real de que alguma ação deve ser tomada no sentido de retornar com o ponto de operação para a região segura.

A Figura 7 mostra uma situação em que a UHE-Itaipu 60Hz está operando com nove unidades geradoras sincronizadas, em uma condição dentro da região segura de operação para contingência dupla, quando ocorre um desligamento de uma linha de transmissão entre as subestações de Itaberá e Tijucu Preto.

O desligamento leva a impedância monitorada para fora da região segura, situação na qual os critérios de desempenho não são atendidos quando ocorre uma contingência dupla. Uma ação das equipes de operação em tempo real no sentido de elevar a tensão na UHE Itaipu 60Hz faz com que a impedância monitorada retorne à região segura, onde a ocorrência de uma contingência dupla é novamente suportada pelo sistema.

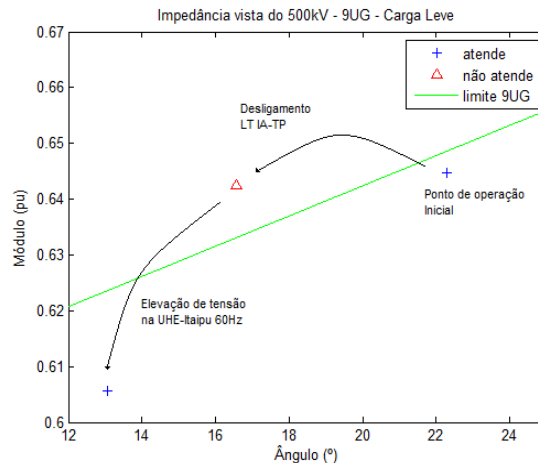


Figura 7 – Impedância N-2 – carga leve

Esse exemplo evidencia a principal vantagem do monitoramento da impedância calculada em tempo real com base nas informações de PMU, que é monitorar o ponto de operação da usina com relação ao sistema elétrico levando em consideração a condição real do sistema, que muitas vezes pode ser diferente das condições previstas nos estudos de planejamento e estabelecidas nas Instruções de Operação.

4.0 - IMPLEMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO DE MEDIÇÃO FASORIAL SINCRONIZADA PARA UTILIZAÇÃO EM TEMPO REAL

A disponibilidade das informações fasoriais e a possibilidade de aplicá-las na operação em tempo real traz uma preocupação relacionada à melhor forma de implementar as aplicações e disponibilizar os dados para as equipes de operação em tempo real. Convém que esse tipo de aplicação esteja integrada ao sistema Scada, como parte das tradicionais aplicações EMS, podendo sinalizar alarmes aos operadores e indicar procedimentos operativos a serem seguidos.

Na UHE-Itaipu, a plataforma escolhida para o desenvolvimento de aplicações de monitoramento baseadas em dados fasoriais foi o sistema PI (*Plant Information System*), produto da OSIsoft. Dentre as principais características do sistema PI que levaram à sua escolha para a implementação das aplicações de medição fasorial sincronizada podem ser destacadas:

- É uma solução já utilizada em Itaipu e integrada ao sistema Scada/EMS para o registro de dados históricos e para a visualização de informações em tempo real;
- Possui diversas ferramentas para acesso e visualização de dados históricos e informações em tempo real;
- Permite o armazenamento e a utilização dos dados fasoriais em conjunto com as informações do Scada/EMS;
- Disponibiliza várias ferramentas/bibliotecas para o desenvolvimento de aplicações;
- Permite que as aplicações sejam usadas em telas de supervisão, sinalizando anormalidades para as equipes de operação em tempo real.

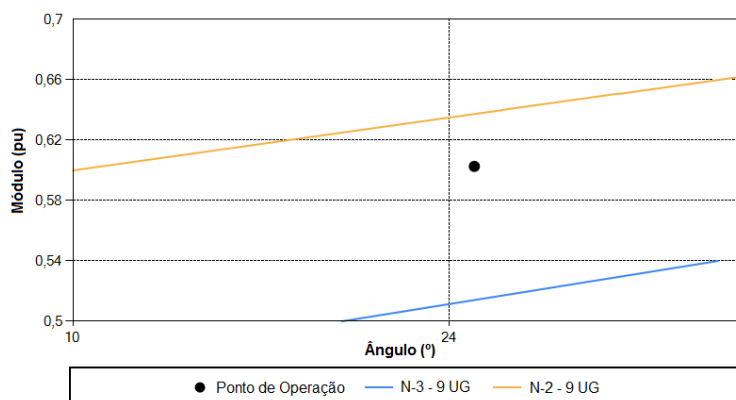
Como a UHE-Itaipu ainda não possui instalado um SMFS, optou-se por criar um ambiente de testes para permitir a implementação das aplicações, através de um projeto de pesquisa em conjunto com o Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos (LASSE). O ambiente de testes é baseado no simulador RTDS (*Real Time Digital Simulator*), incluindo o uso de PMU virtuais (simuladas pelo RTDS) e PMU reais. Maiores detalhes deste ambiente são descritos em [9].

A ferramenta ProcessBook (fornecida pela OSIsoft) permite a construção de telas de supervisão para dados do sistema PI contemplando a visualização de gráficos temporais (tendências) e a criação de macros VBA (Visual Basic for Applications) para implementação de lógicas de processamento específicas. Trata-se de uma ferramenta de uso consolidado pelas equipes de operação em tempo real bem como equipes de pré e pós-operação da UHE-Itaipu.

Além das ferramentas nativas disponíveis na plataforma PI, também é possível implementar componentes baseados na tecnologia *ActiveX*. Este recurso foi utilizado para o desenvolvimento de um componente gráfico utilizado na aplicação de monitoramento das condições de operação de Itaipu 60Hz em tempo real.

A aplicação realiza o cálculo da impedância vista da barra de 500kV da usina através das medidas fasoriais aquisitadas, e permite que sejam ajustadas regiões de segurança definidas por retas no plano de impedância, para o monitoramento em tempo real.

O resultado da aplicação é um gráfico no plano de impedâncias mostrado na Figura 8. O ponto de operação atual é obtido através do cálculo da impedância vista das barras de 500kV a partir das informações fasoriais em tempo real. São traçadas retas que delimitam as regiões de segurança para contingência dupla e tripla com base em ajustes fornecidos pelo usuário.



O aplicativo permite que sejam configuradas várias regiões seguras de operação, dependendo do número de unidades geradoras sincronizadas na UHE-Itaipu 60Hz, do patamar de carga e do tipo de contingência.

Como os fasores de tensão e corrente de todas as unidades geradoras são aquisitadas, o programa identifica automaticamente o número de unidades geradoras sincronizadas e mostra no gráfico apenas as regiões de segurança relacionadas à esse número.

Como a carga do sistema não é uma grandeza monitorada na UHE-Itaipu 60Hz, optou-se por permitir que o gráfico apresente mais de uma região segura, em função do patamar de carga, cabendo às equipes de operação em tempo real o monitoramento do limite correspondente à carga que ocorre em tempo real.

No entanto, como as aplicações do PI funcionam integradas à base de dados em tempo real do sistema Scada, como desenvolvimento futuro, seria possível utilizar uma grandeza do sistema Scada fornecida pelo ONS para informar ao programa qual região de segurança deve ser apresentada aos usuários.

5.0 - PERTURBAÇÃO DO DIA 3 DE FEVEREIRO DE 2015

A perturbação do dia 3.2.2015 consistiu no desligamento de duas linhas de transmissão no trecho entre Ivaiporã e Itaberá do sistema de transmissão de 765kV no momento em que Itaipu 60Hz estava gerando 4825MW e -266Mvar e sistema de transmissão de 765kV operava com duas linhas de transmissão sem o banco de capacitores série. O desligamento das linhas nessa condição causou a atuação de um Sistema Especial de Proteção (SEP) que comandou o desligamento de duas unidades geradoras de Itaipu 60Hz.

A Figura 9 mostra a região na qual oscilou o ponto de operação de Itaipu 60Hz antes da perturbação, visto através da impedância calculada a partir de informações fasoriais. Como os dados da PMU instalada em duas unidades geradoras ainda não podem ser acessados via PDC, foram utilizadas as informações fasoriais dos registros de longa duração do registrador de perturbações. Com base nas correntes e tensões das máquinas foram calculadas as tensões e correntes na barra de 500kV e consequentemente a impedância.

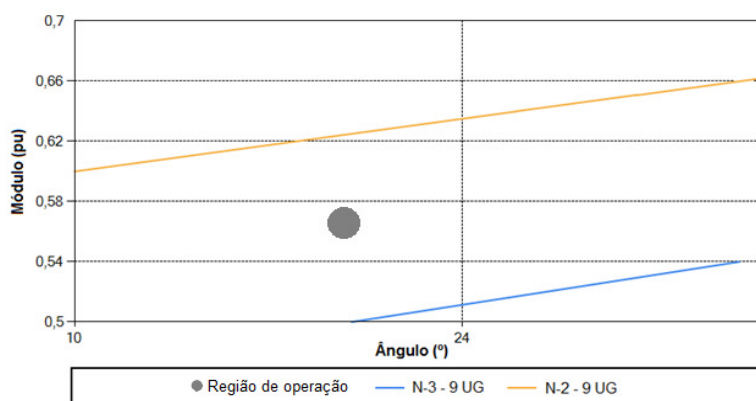


Figura 9 – Condição de operação de UHE-Itaipu 60Hz na perturbação do dia 3.2.2015

É possível observar que a região de operação antes do evento se situa no interior da região segura de operação para contingência dupla no sistema de transmissão de 765kV, ou seja, nessa condição o sistema suportaria a ocorrência da contingência sem necessidade de ações adicionais. A perturbação foi também simulada no Anatem, confirmando o fato de que o sistema suportaria a contingência dupla sem a necessidade da atuação do SEP desligando duas unidades geradoras da UHE-Itaipu 60Hz.

6.0 - CONCLUSÕES

O trabalho apresentou uma proposta de utilização de Medição Fasorial Sincronizada no monitoramento de regiões seguras de operação da UHE-Itaipu 60Hz baseando se no monitoramento da impedância calculada a partir de informações fasoriais fornecidas por PMU.

Regiões de segurança são definidas em função de simulações *off-line* de contingências no sistema de transmissão associado à UHE-Itaipu 60Hz, avaliando se em cada ponto de operação estudado, o sistema suporta a contingência atendendo os critérios de desempenho estabelecidos.

As simulações de contingências apresentadas no trabalho mostraram a validade da metodologia proposta. Foi possível observar que os limites das regiões seguras de operação foram definidos como um conjunto de retas com a mesma inclinação, independente do número de unidades geradoras sincronizadas ou do patamar de carga.

Quando o ponto de operação monitorado se localiza fora da região de segurança, é indicativo às equipes de operação em tempo real de que alguma ação deve ser tomada no sentido de retornar com o ponto de operação para a região segura.

A principal vantagem observada em realizar o cálculo da impedância em tempo real com base nas informações de PMU, é poder monitorar o ponto de operação da usina com relação ao sistema elétrico levando em consideração a condição real do sistema, que muitas vezes pode ser diferente das condições previstas nos estudos de planejamento e estabelecidas nas Instruções de Operação.

Por outro lado, como a definição das regiões seguras de operação é baseada em simulações *off-line* do sistema elétrico, assim como os estudos de planejamento elétrico, há a possibilidade de que algum ponto de operação em que o sistema não suporta a contingência não esteja caracterizado pela região de segurança. A representatividade da região segura de operação depende do conjunto de pontos de operação para os quais a perturbação foi simulada.

O sistema PI se mostrou adequado para o desenvolvimento de aplicações de medição fasorial sincronizada no monitoramento dos sistemas elétricos em tempo real, pois as ferramentas disponíveis na plataforma permitem a implementação desde aplicações simples como visualização dos fasores até aplicações de monitoramento mais complexas, que exigem a realização de cálculos.

Além disso, o Sistema PI é ferramenta atualmente em uso na operação em tempo real da UHE-Itaipu para a visualização de grandezas do sistema Scada, o que abre a possibilidade de que as aplicações façam uso tanto de dados fasoriais quanto de informações convencionais do sistema Scada. Outra possibilidade interessante é a de poder reproduzir os eventos registrados através do histórico, o que facilita o desenvolvimento e o aprimoramento contínuo de aplicações de medição fasorial sincronizada, conforme necessidade dos usuários.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PHADKE, A. G.; FOZDAR, M.; NIAZI, K. R.; A New Technique for on-line Monitoring of Voltage Stability Margin Using Local Signals, XV NPSC - National Power Systems Conference, 2008.
- [2] TARANTO, G. N.; CORSI, S.; Guerra, L. N. A.; Indicadores do risco de instabilidade de tensão baseados em medição fasorial: uma aplicação na área Rio, XI SEPOPE – Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica, 2009.
- [3] VALE, M. H. M.; CHAVES, F. S.; LEAL, O. E. S.; ANDRADE, S. R. C.; Resultados práticos da aplicação do predictor de instabilidade de tensão desenvolvido para o Sistema de Medição Fasorial da CEMIG, XV ERIAC – Encontro Regional Ibero-Americano do CIGRÉ, 2013.
- [4] MARTINS, A. C. B.; FONSECA, F. S.; BRITO, N. H. M. N.; et al; Critérios e metodologias estabelecidos no âmbito da força-tarefa “colapso de tensão” do GTAD/SCEL/GCOI para estudos de estabilidade de tensão nos sistemas interligados Norte/Nordeste, Sul/Sudeste, e Norte/Sul Brasileiros, VIII ERLAC – Encontro Regional Latino-Americano da CIGRÉ, 1999.
- [5] SILVA, R. J. G. C.; SANCHEZ, J. M. T.; Influência do elo CC no desempenho do sistema interligado, XI SEPOPE – Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica, 2009.

- [6] MOTA, J. B. Jr.; SILVA, R. J. G. C.; A Utilização da proteção de distância como alternativa a técnica de medição de fasores aplicada em proteção sistêmica, VII STPC – Seminário Técnico de Proteção e Controle, 2003.
- [7] TOCHETTO, A. P.; FAESARELA, A. S.; SILVA, R. J. G. C.; MOTA, J. B. Jr.; Implementação de novas funções no algoritmo do relé de distância digital para seu uso em proteção sistêmica, XVIII SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 2005.
- [8] TOCHETTO, A. P.; Utilização de Medição Fasorial Sincronizada no monitoramento em tempo real da segurança da operação da UHE-Itaipu 60Hz, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, 2014.
- [9] TOCHETTO, A. P.; TREVISAN, F.; CARVALHO, S. M.; MELO, L. C. V.; PIRES, R. C.; Uso do RTDS para a realização de testes de aplicações de medição fasorial sincronizada em tempo real, XIII SEPOPE – Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica, 2014.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



André Pagani Tochetto (pagani@itaipu.gov.br). Nasceu em 1983 na cidade de Francisco Beltrão, estado do Paraná. Recebeu diploma de graduação em engenharia elétrica pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2005) e diploma de pós-graduação (2011) e mestrado (2014) pela Universidade Federal de Itajubá. Trabalha na Itaipu Binacional desde 2006, inicialmente na área de operação do sistema em tempo real. Em 2009 passou a trabalhar na área de estudos elétricos e normas, envolvido com análise de perturbações, realização estudos elétricos e elaboração de procedimentos operativos.

Rui Jovita Godinho Corrêa da Silva (ruijgcs@itaipu.gov.br). Nasceu em Belém-PA em 1962, graduou-se em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Pará (1983), sendo mestre (1990) e doutor (2007) pela Universidade Federal de Itajubá, também em engenharia elétrica. Trabalha na Itaipu Binacional desde 1989 envolvido com a elaboração de procedimentos operativos e com a realização de estudos elétricos voltados para o horizonte de operação de médio e curto prazo, incluindo a análise de sistemas elétricos em regime permanente, dinâmico e transitório, sistemas de proteção e controle.

Felipe Trevisan (felipet@itaipu.gov.br) possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2007), especialização em Automação, Controle e Supervisão do Processo Elétrico baseado na Norma IEC 61850 pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2010) e mestrado em Sistemas de Energia pela UFSC (2011). Atualmente trabalha na usina hidrelétrica de Itaipu Binacional no desenvolvimento de sistemas de suporte à operação em tempo real (Scada/EMS) e ferramentas de apoio às atividades de pré e pós-operação.