



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

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

GRUPO - IV

GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - GAT

APLICAÇÃO DE DADOS DE MEDIÇÃO FASORIAL SINCRONIZADA NA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DINÂMICA DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Marcelo Azevedo Benetti(*)
UFSC

Ildemar Cassana Decker
UFSC

Aguinaldo Silveira e Silva
UFSC

Marcelo Neujahr Agostini
Plan4 Engenharia

Thiago Jeremias
UFSC

RESUMO

Neste trabalho, um sistema em desenvolvimento, para a melhoria da segurança dinâmica de sistemas elétricos, voltado para a estabilidade angular de pequenos sinais, é apresentado. O sistema utiliza dados de medição fasorial sincronizada para monitorar os modos de oscilação eletromecânicos, avaliar as margens de segurança e quantificar ações de controle. Redespacho de geração, usando a sensibilidade dos modos dominantes às injeções de potência, é usado como ação de controle. As sensibilidades são calculadas utilizando-se dados de medições fasoriais sincronizadas. Resultados de simulação, empregando-se um sistema teste, ilustram o potencial da abordagem proposta.

PALAVRAS-CHAVE

Sincrofasores, Segurança Dinâmica, Modos Eletromecânicos, Sensibilidade, Margem Operacional

1.0 - INTRODUÇÃO

A tecnologia de Sistema de Medição Fasorial Sincronizada (*Synchronized Phasor Measurement System – SPMS*) se apresenta como um instrumento tecnológico inovador e com grande potencial de aplicação em sistemas elétricos de potência, pois permite o monitoramento, de forma temporalmente sincronizada e com alta taxa de amostragem, das grandezas elétricas, diretamente na forma de fasores, provenientes de locais distantes geograficamente.

O conceito de Monitoramento, Proteção e Controle de Grandes Áreas (*Wide-Area Monitoring, Protection, and Control – WAMPAC*) envolve o uso de informações de todo o sistema, e a comunicação de dados selecionados para locais remotos. A tecnologia de SPMS pode ser caracterizada como uma facilitadora do conceito WAMPAC, buscando evitar a propagação de grandes perturbações em redes elétricas inteligentes (1).

Uma das aplicações com maior potencial é a melhoria da segurança dinâmica de sistemas elétricos de potência, tanto para a estabilidade angular, quanto para a estabilidade de tensão. Atualmente, com a utilização da tecnologia de SPMS, já é usual a detecção e a identificação de oscilações eletromecânicas, com a determinação de amortecimentos e frequências associados. Futuramente, espera-se a expansão do uso de dados fasoriais em esquemas de controle que aumentem a segurança e a confiabilidade dos sistemas de potência (2).

Na sequência deste trabalho, são apresentados os principais aspectos da tecnologia de medição fasorial sincronizada. Após são abordadas questões metodológicas e de implementação dos principais módulos associados às funções do sistema para a melhoria da segurança dinâmica. Por fim, são descritas as simulações empreendidas para a validação da metodologia desenvolvida, e discutidos os resultados obtidos.

(*) LabPlan / EEL / CTC / UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC) – CEP 88040-900 – Florianópolis, SC, Brasil
Tel: (+55 48) 3721-9731 – Fax: (+55 48) 3721-7538 – Email: marcelo.a.benetti@gmail.com

2.0 - TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO FASORIAL SINCRONIZADA

Nesta seção são descritos os principais componentes de um sistema de medição fasorial sincronizada e suas inter-relações na concepção da tecnologia de SPMS.

2.1 Arquitetura da Tecnologia de SPMS

Na tecnologia de SPMS, têm-se as Unidades de Medição Fasorial (*Phasor Measurement Units* – PMUs) instaladas geralmente nas Subestações (SEs) dos sistemas de potência. Seus dados são transmitidos a um Concentrador de Dados Fasoriais (*Phasor Data Concentrator* – PDC) instalado em um centro de controle, através de canais de comunicação apropriados (3). A Figura 1 traz o esquema estrutural de um SPMS.

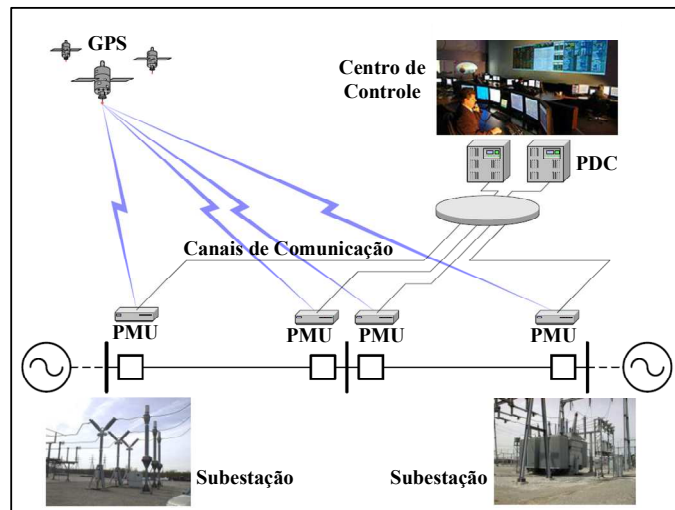


FIGURA 1 – Esquema estrutural de um SPMS

A seleção dos locais de instalação das PMUs depende das aplicações que fazem uso das medições (4). Estas se constituem em fasores sincronizados temporalmente. Na maioria dos casos, os dados fasoriais são utilizados em locais distantes das PMUs. Assim, uma arquitetura envolvendo PMUs, PDC e canais de comunicação deve ser projetada para maximizar os benefícios advindos da utilização das medições (5).

2.1.1 Sistemas de Sincronização

O Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System* – GPS) é utilizado para a sincronização temporal das PMUs. Este sistema, além de fornecer as coordenadas de posição aos instrumentos de navegação, transmite também um sinal de Pulso por Segundo (PPS) com uma precisão normalmente maior que $1 \mu s$. O sinal de PPS pode ser recebido por estações receptoras na Terra, sendo portanto utilizado como fonte de sincronização para as medidas fasoriais (6).

2.1.2 Unidades de Medição Fasorial

A PMU representa o principal elemento de um SPMS (7). Primeiramente, são realizadas as aquisições simultâneas de amostras instantâneas de tensão e de corrente em diferentes pontos do sistema, a partir dos secundários dos Transformadores de Potencial (TPs) e de Corrente (TCs). Realizada a conversão Analógica/Digital (A/D), é efetuado o cálculo das grandezas fasoriais. Depois de processados, os fasores são então enviados ao PDC, juntamente com outras grandezas que podem também ser adquiridas e/ou calculadas pelas PMUs (frequência, variação de frequência, sinais digitais).

2.1.3 Concentrador de Dados Fasoriais

O PDC é uma solução particular, bem como a própria arquitetura da rede de dados, e visa atender as aplicações de interesse de uma determinada instalação (8). Dentre as principais funcionalidades de um PDC, pode-se citar: coleta dos dados de diferentes PMUs, rejeição de pacotes de dados que contêm erros, alinhamento das etiquetas de tempo, organização de um registro coerente com dados de um sistema de potência, e criação de um banco de dados históricos.

2.1.4 Canais de Comunicação

Considerando-se a estrutura e a operação de um SPMS, atribui-se aos canais de comunicação a função de viabilizar a transferência de dados entre as PMUs e o PDC, bem como permitir a troca de informações entre PDCs de diferentes áreas (9). No que se refere ao emprego de tecnologias que utilizam meios físicos específicos, diversas são as escolhas possíveis. Dentre elas, pode-se citar o uso de linhas telefônicas, de cabos de fibra óptica, ou da própria Internet com o sistema VPN (*Virtual Private Network*).

3.0 - SISTEMA PARA MELHORIA DA SEGURANÇA DINÂMICA

O SPMS permite que dados *online* do sistema sejam usados para ações de controle visando à estabilidade angular e de tensão. O sistema para a melhoria da segurança dinâmica apresentado nesta seção é voltado para a estabilidade angular de pequenos sinais. Este sistema é apresentado na Figura 2 e compreende três módulos associados às suas funções: o módulo de monitoração de modos de oscilação eletromecânicos, o módulo de avaliação da estabilidade para pequenas perturbações e o módulo de definição das ações de controle. Estes módulos funcionais são descritos a seguir.

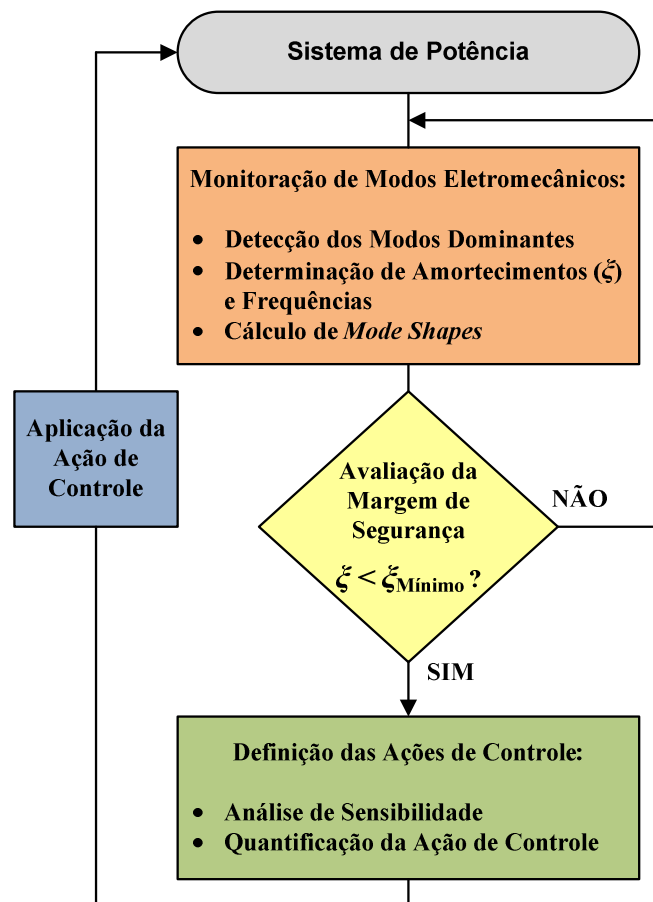


FIGURA 2 – Arquitetura do sistema para avaliação da segurança dinâmica

3.1 Módulo de Monitoração de Modos Eletromecânicos

Este módulo realiza as seguintes funções:

- Detecção de modos eletromecânicos dominantes na faixa de frequências de interesse.
- Determinação do amortecimento e da frequência dos modos dominantes.
- Cálculo dos *mode shapes* dos modos dominantes.

A implementação destas funções requer o uso de métodos confiáveis para a identificação dos modos dominantes. Diferentes métodos de detecção de modos de oscilação têm sido propostos, podendo-se genericamente subdividi-

los em duas classes (10), (11). Métodos mais adequados a sinais resultantes de grandes perturbações no sistema (dados de *ringdown*), e métodos utilizados para a análise de dados de ambiente, correspondentes a repercussões de distúrbios de pequena magnitude.

Uma técnica largamente utilizada para dados de *ringdown* é o método de *Prony*. Ele ajusta uma soma de termos exponenciais aos dados de medição, sendo adequado à estimação modal a partir de sinais originados por variações elevadas de magnitude, decorrentes da abertura de linhas, ou de curtos-circuitos, por exemplo.

Para dados de ambiente, técnicas baseadas na teoria de realizações de espaço de estados, especialmente o método N4SID (*Numerical algorithms for Subspace State Space System Identification*), têm sido usadas. Estas técnicas permitem a estimação do modelo linear do sistema sob estudo, a partir do qual os modos de oscilação são calculados.

3.2 Módulo de Avaliação da Margem de Segurança

O módulo de avaliação da margem de segurança realiza as seguintes funções:

- Processamento das informações obtidas do módulo de monitoração para calcular a margem de segurança do sistema para a estabilidade de pequenos sinais.
- Comparação da margem de segurança obtida com o valor mínimo estabelecido.
- Disparo de ações adicionais para o módulo de definição das ações de controle.

Na presente etapa de desenvolvimento, o módulo de avaliação da margem de segurança utiliza uma métrica simples, baseada no mínimo amortecimento estabelecido para os modos dominantes.

3.3 Módulo de Definição das Ações de Controle

Neste módulo são realizadas as seguintes funções:

- Escolha do tipo de ação de controle.
- Processamento adicional dos dados da medição fasorial para definir o esquema de controle.
- Quantificação da ação de controle.

Vários métodos podem ser utilizados para a definição das estratégias de controle. Controle contínuo ou discreto, e ações automáticas, ou através de operadores, podem ser consideradas (12).

Neste trabalho, a ação de controle considerada é o redespacho de geradores, sendo a definição e a determinação do controle realizada através do uso da sensibilidade que relaciona o amortecimento dos modos, às injeções de potência ativa dos geradores do sistema. Os dados da medição fasorial são utilizados para determinar as sensibilidades. Uma breve exposição do cálculo das sensibilidades é apresentada na sequência.

A análise pode ser conduzida investigando-se as mudanças nos valores de amortecimento do modo eletromecânico de interesse (13). Nesta abordagem, foca-se na estimação da sensibilidade do amortecimento (ξ) em relação à potência ativa injetada pelos geradores no sistema.

Quando os pontos operacionais da rede não mudam significativamente, a relação entre mudanças no amortecimento e variações nas injeções de potência ativa pode ser descrita como

$$\Delta \xi^{(i)} = \frac{\partial \xi}{\partial P_{G1}} \Delta P_{G1}^{(i)} + \frac{\partial \xi}{\partial P_{G2}} \Delta P_{G2}^{(i)} + \dots + \frac{\partial \xi}{\partial P_{GFinal}} \Delta P_{GFinal}^{(i)} + \varepsilon^{(i)} \quad (1)$$

onde ΔP_G representa as variações de potência ativa injetada pelos geradores, a partir de um instante prévio; $GFinal$ representa o número total de geradores; o sobrescrito i denota o i -ésimo instante de tempo; ξ representa o amortecimento do modo de interesse; $\Delta \xi$ se refere às mudanças na taxa de amortecimento, a partir do instante prévio; e ε o erro de medição.

Para aplicações *online*, as sensibilidades modais do tipo $\partial \xi / \partial P_G$ são constantes desconhecidas e precisam ser

estimadas. O amortecimento (ξ) e as variações de injeção de potência (ΔP_G) podem ser estimados utilizando-se sincrofasores.

Para um período contendo N instantes de tempo, tem-se

$$\begin{bmatrix} \Delta \xi^{(1)} \\ \Delta \xi^{(2)} \\ \vdots \\ \Delta \xi^{(N)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_{G1}^{(1)} & \Delta P_{G2}^{(1)} & \dots & \Delta P_{GFinal}^{(1)} \\ \Delta P_{G1}^{(2)} & \Delta P_{G2}^{(2)} & \dots & \Delta P_{GFinal}^{(2)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta P_{G1}^{(N)} & \Delta P_{G2}^{(N)} & \dots & \Delta P_{GFinal}^{(N)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial \xi}{\partial P_{G1}} \\ \frac{\partial \xi}{\partial P_{G2}} \\ \vdots \\ \frac{\partial \xi}{\partial P_{GFinal}} \end{bmatrix} + [\varepsilon_{Total}]. \quad (2)$$

As sensibilidades são obtidas com a solução da Equação (2), usando-se um modelo de regressão linear múltipla que descreve a relação entre a variável dependente ($\Delta \xi$) e as variáveis independentes (ΔP_G). No processo de regressão, minimiza-se o erro entre o modelo e os dados de medição utilizados.

A partir das sensibilidades, ações de controle podem ser quantificadas através do redespacho de geradores. Um fluxo de potência ótimo, incluindo restrições de estabilidade para pequenas perturbações, e usando a informação das sensibilidades pode, inclusive, vir a ser utilizado para quantificar as ações de controle. No atual estágio de desenvolvimento, apenas o redespacho de geração visando reduzir o fluxo de potência associado aos modos de oscilação pouco amortecidos tem sido utilizado, para validar a abordagem proposta.

4.0 - RESULTADOS

O sistema para melhoria da segurança dinâmica, apresentado na seção anterior, tem implementadas suas metodologias em ambiente Matlab. Para a geração dos dados de entrada têm sido empregados *softwares* do CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), em suas versões destinadas ao uso acadêmico.

4.1 Sistema Teste e Geração de Dados

A Figura 3 ilustra o sistema de potência utilizado nas implementações computacionais. Este sistema, em 230 kV, é composto por 4 geradores e 11 barras, havendo uma interligação entre duas áreas distintas. No caso base adotado, tem-se um intercâmbio de potência de 166 MW da Área 1 para a Área 2. Os dados completos do sistema encontram-se disponíveis em (14).

Os geradores são providos de AVR's (*Automatic Voltage Regulator*), mas os PSS's (*Power System Stabilizer*), presentes nos dados originais, foram retirados visando reduzir o amortecimento inicial dos modos eletromecânicos, e enfatizar a ação de controle proposta neste trabalho.

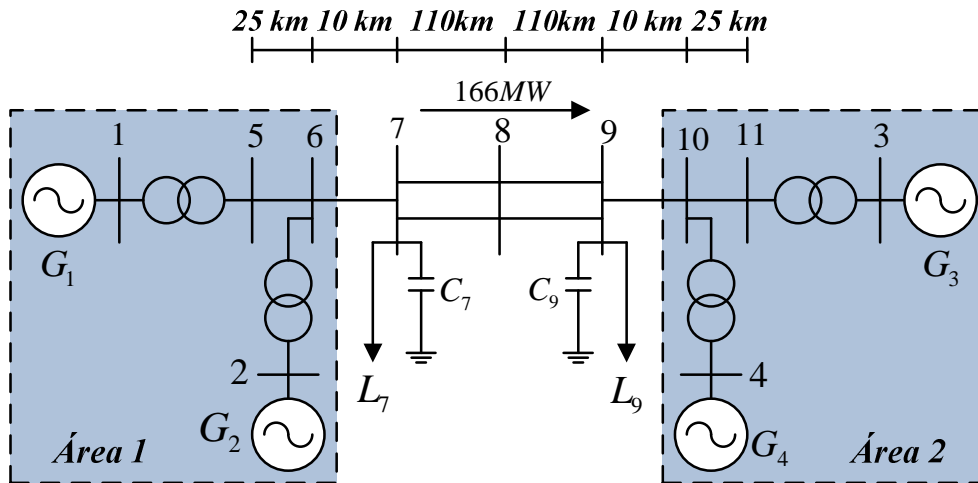


FIGURA 3 – Sistema de potência empregado

Os dados de entrada utilizados no processo de validação das metodologias são produzidos em ambiente de simulação, a partir de diferentes *softwares*.

- a. Realização do fluxo de potência dos casos empregados: **Anarede**.
- b. Geração dos registros de dados fasoriais simulados: **Anatem**.
- c. Análise modal do sistema de potência: **PacDyn** ou **N4SID**.

Na Tabela 1 são mostrados os modos dominantes do sistema e suas características eletromecânicas obtidos com *PacDyn*, sendo destacado o modo interárea. Nas investigações subsequentes deste trabalho, investiga-se o comportamento do modo interárea para diferentes cenários de simulação.

Tabela 1 – Características eletromecânicas dos modos dominantes

Frequência (Hz):	Amortecimento (%):
0,7115 (Interárea)	0,7607
1,2116	86,527
1,2136	9,6889
1,2380	7,8767
1,2422	86,148
1,8363	84,175
2,0001	85,466

4.2 Monitoração de Modos Eletromecânicos

A potência ativa da carga na Barra 9 tem o valor de *1550 MW* no caso base. Este valor é modificado em degraus de *50 MW*, para *1500 MW* e *1600 MW*. Para cada um destes 3 cenários de carga, analisa-se a variação da injeção de potência ativa de cada um dos geradores do sistema. Ou seja, cada variação de carga ativa na Barra 9 é suprida separadamente por um determinado gerador, dentre os 4 existentes. Desta forma, pode-se determinar a sensibilidade do amortecimento associado ao modo interárea para cada cenário. Os resultados são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da monitoração

Cenários:	Pot. Ativa Barra 9:	Gerador Swing:	Frequência (Hz):	Amortecimento (%):
Cenário 1	1500 MW	G1	0,7148	0,9562
Cenário 2 (caso base)	1550 MW	G1	0,7115	0,7607
Cenário 3	1600 MW	G1	0,7064	0,5350
Cenário 4	1500 MW	G2	0,7133	0,7114
Cenário 5	1550 MW	G2	0,7098	0,5527
Cenário 6	1600 MW	G2	0,7046	0,3690
Cenário 7	1500 MW	G3	0,6693	0,4221
Cenário 8	1550 MW	G3	0,6694	0,2888
Cenário 9	1600 MW	G3	0,6693	0,1435
Cenário 10	1500 MW	G4	0,6695	0,1272
Cenário 11	1550 MW	G4	0,6693	0,0407
Cenário 12	1600 MW	G4	0,6690	- 0,054

Verifica-se que o modo interárea tem seu amortecimento modificado, à medida que é alterada a carga ativa da Barra 9. O amortecimento diminui com o aumento da carga (e da geração). No entanto, quando a elevação da carga é suprida pelos Geradores *G1* e *G2* (Cenários 1 a 6), com aumento do fluxo de potência na interligação entre as áreas, o amortecimento tende a reduzir-se mais fortemente.

4.3 Avaliação da Margem de Segurança

No processo de avaliação da segurança dinâmica do sistema, são analisadas as mudanças no amortecimento do modo eletromecânico monitorado. Da Tabela 2, pode-se observar diminuições nos valores de amortecimento para

aumentos de carga. Tomando-se o caso base em que se tem um amortecimento com valor de 0,7607% para o modo interárea, pode-se supor o valor de 0,45% como o mínimo amortecimento considerado aceitável. Este valor é bastante inferior ao mínimo tolerado em sistemas reais, mas utilizado neste trabalho, em função de que os PSSs foram desativados, o que conduziu a níveis muito baixos os amortecimentos de todos modos eletromecânicos.

A partir deste patamar mínimo, são empreendidas análises no sentido de subsidiar a escolha da ação de controle mais eficaz, que proporcione o aumento de amortecimento do modo interárea, e a consequente melhoria da margem de segurança operacional.

4.4 Definição das Ações de Controle

A ação de controle selecionada é o redespacho da geração. Para quantificar esta ação a sensibilidade do amortecimento do modo interárea à injeção de potência ativa de cada gerador é calculada. Para este cálculo emprega-se a Equação (2) com os dados gerados nos 12 cenários mostrados na Tabela 2. Os resultados obtidos para as sensibilidades são ilustrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da margem de segurança

Gerador:	Sensibilidades ($\partial\zeta/\partial P_G$):
G1	- 0,0039
G2	- 0,0032
G3	- 0,0024
G4	- 0,0015

Observa-se que todas as sensibilidades têm valor negativo. Isto corrobora os resultados apresentados na Tabela 2, em que aumentos de carga ocasionam a diminuição do amortecimento do modo interárea. Pode-se verificar ainda que o amortecimento do modo interárea é mais sensível aos Geradores G1 e G2, pertencentes à Área 1, exportadora no caso base considerado.

As sensibilidades podem ser empregadas na determinação do redespacho mais eficaz para o restabelecimento do amortecimento associado ao modo de interesse. Um fluxo de potência ótimo, incorporando informação das sensibilidades, poderia ser usado. Neste trabalho, um procedimento de redespacho simples, baseado nas sensibilidades, é utilizado. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados da ação de controle implementada

Cenários:	Barra 9: (MW)	G1: (MW)	G4: (MW)	Frequência: (Hz)	Amortecimento: (%)
Caso base	1550	700	700	0,7115	0,7607
Cenário 1	1650	800	700	0,6989	0,2816
Cenário 2	1650	775	725	0,7024	0,3420
Cenário 3	1650	750	750	0,7052	0,3936
Cenário 4	1650	725	775	0,7074	0,4369
Cenário 5	1650	700	800	0,7089	0,4719

Pode-se verificar que o aumento de carga na Barra 9 degrada o amortecimento do modo interárea a um valor inferior ao mínimo estabelecido (0,45%). O gradual aumento da geração de G4, associado ao decréscimo da potência ativa injetada pelo Gerador G1, restabelece novamente o amortecimento a um valor acima do patamar mínimo, conforme ilustrado pelos resultados do Cenário 5. Isto indica a possibilidade de utilizar-se a informação de um sistema real de medição fasorial para a melhoria da margem de segurança operacional.

5.0 - CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentados os principais aspectos de um sistema para a melhoria da segurança dinâmica, do ponto de vista da estabilidade para pequenos sinais. O sistema se encontra em processo de desenvolvimento, ainda em ambiente de simulação. A utilização de um sistema de potência teste neste trabalho teve como objetivo a validação metodológica da técnica apresentada, cujos cenários e possibilidades estão ainda sendo explorados, dado que se trata de uma metodologia avançada.

Como próximas etapas do trabalho, têm-se: a melhoria das implementações computacionais e a utilização de dados reais contendo medições fasoriais sincronizadas. Com o aperfeiçoamento dos desenvolvimentos metodológicos, busca-se obter resultados computacionais superiores, provendo o sistema para avaliação da segurança dinâmica com ferramentas de análise e de atuação mais sofisticadas. Em relação ao uso de dados fasoriais reais, espera-se que o emprego da *expertise* na tecnologia de SPMS, adquirida pelos membros da equipe através de sucessivos projetos pilotos, e a infraestrutura operacional já existente proporcionem resultados satisfatórios quanto às implementações em sistemas de potência reais.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BAROCIO, E.; PAL, B. C.; MESSINA, A. R. Real-Time Monitoring as Enabler for Smart Transmission Grids. In: Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE, 24-29 July 2011, p.1-8. 2011.
- (2) TERZIJA, V.; VALVERDE, G.; DEYU CAI; REGULSKI, P.; MADANI, V.; FITCH, J.; SKOK, S.; BEGOVIC, M. M.; PHADKE, A. Wide-Area Monitoring, Protection, and Control of Future Electric Power Networks. Proceedings of the IEEE, v.99, n.1, p.80-93. 2011.
- (3) MORAES, R. Sincrofasores em Sistemas de Potência: Aplicações na Estimação de Estado. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2009.
- (4) DECKER, I. C.; E SILVA, A. S.; DA SILVA, R. J. G.; AGOSTINI, M. N.; MARTINS, N.; PRIOSTE, F. B. System Wide Model Validation of the Brazilian Interconnected Power System. In: Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE, 25-29 July 2010, p.1-8. 2010.
- (5) IEEE Std C37.118.1-2011 - IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems, p.1-61. Dec. 28 2011.
- (6) PHADKE, A. G. Synchronized Phasor Measurements in Power Systems. Computer Applications in Power, IEEE, v.6, n.2, p.10-15. 1993.
- (7) STENBAKKEN, G.; NELSON, T. Static Calibration and Dynamic Characterization of PMUs at NIST. In: Power Engineering Society General Meeting, 2007. IEEE, 24-28 June 2007, p.1-4. 2007.
- (8) FÜRSTENBERGER, A. Desenvolvimento de um Sistema de Concentração de Dados de Medição Fasorial Sincronizada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.
- (9) IEEE Std C37.118.2-2011 - IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems, p.1-53. Dec. 28 2011.
- (10) PRIOSTE, F. B. Detecção e Controle de Oscilações Eletromecânicas usando Sistemas de Medição Fasorial Sincronizada. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.
- (11) JEREMIAS, T. Ambiente de Desenvolvimento de Aplicativos para o Processamento de Sincrofasores. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.
- (12) PRIOSTE, F. B.; E SILVA, A. S.; DECKER, I. C. Power System Control Based on the Identification of Oscillation Modes. In: PowerTech, 2009 IEEE Bucharest, June 28 2009-July 2 2009, p.1-6. 2009.
- (13) NING ZHOU; HUANG, Z.; TUFFNER, F.; TRUDNOWSKI, D.; MITTELSTADT, W. A Modified Stepwise Linear Regression Method for Estimating Modal Sensitivity. In: Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE, 24-29 July 2011, p.1-7. 2011.
- (14) KUNDUR, P. Power System Stability and Control. McGraw-Hill, Inc. United States of America. 1994.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Marcelo Azevedo Benetti:

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - 2007 - e mestrado em Sistemas de Energia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), vinculado ao Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica (LabPlan) - 2009. Tem experiência acadêmica na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Medição, Controle, Correção e Proteção de Sistemas Elétricos de Potência,

tendo atuado ainda, como Engenheiro do Departamento de Relacionamento com Clientes Corporativos da Rio Grande Energia, empresa vinculada ao Grupo CPFL Energia. Atualmente desenvolve suas pesquisas de doutorado em Sistemas de Energia Elétrica na UFSC, atuando também em projetos de pesquisa e desenvolvimento relacionados ao LabPlan.

Ildemar Cassana Decker:

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Pelotas (1979), mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1984) e doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1993). Desde 2003 coordena os projetos de P&D do LabPlan/UFSC relacionados ao desenvolvimento e aplicação de técnicas de medição sincronizada de fasores, tendo liderado o desenvolvimento e implementação pioneira de dois protótipos, um na baixa tensão cobrindo as 5 regiões geográficas do país, envolvendo medições em 18 universidades, e o outro no sistema de transmissão da CTEEP. A área principal de interesse em pesquisa atualmente é dinâmica e controle de sistemas elétricos de potência, com ênfase na aplicação de técnicas de medição sincronizada de fasores.

Aguinaldo Silveira e Silva:

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná (1977), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1982) e doutorado pela University of Manchester Institute of Science and Technology (1990). Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Medição, Controle, Correção e Proteção de Sistemas Elétricos de Potência, atuando principalmente nos seguintes temas: sistemas de potência, estabilidade para pequenas perturbações, medição fasorial, projeto de controladores e programação orientada a objetos.

Marcelo Neujahr Agostini:

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, 1996) e doutor em Sistemas de Energia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, 2002). Participa do Projeto MedFasee desde 2002, projeto pioneiro no desenvolvimento da tecnologia de medição fasorial no Brasil. Áreas principais de interesse: medição fasorial sincronizada, modelagem e dinâmica de sistemas elétricos, modelagem orientada a objetos, engenharia de software e computação de alto desempenho aplicadas a sistemas elétricos.

Thiago Jeremias:

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – 2009 e Mestrado em Sistemas de Energia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), vinculado ao Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica (LabPlan) – 2012. Tem experiência acadêmica na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Medição Fasorial Sincronizada. Atualmente desenvolve pesquisas no LabPlan com foco em Oscilações Eletromecânicas.