



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

BR/GDS/31
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - X

GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GDS

ANÁLISE DO DESEMPENHO DINÂMICO DA INTERLIGAÇÃO AC-RO/SIN COM A INSERÇÃO DA UHE SANTO ANTÔNIO USANDO SINCROFASORES

Silva, P.A.S. (*) Zimmer, V. Decker, I.C. Agostini, M.N. Mantelli, F.M.

LabPLan - UFSC

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados de um estudo do desempenho do subsistema AC-RO no período de abril de 2011 a março de 2013. Para isso são utilizados dados provenientes do Sistema Nacional de Medição Fasorial Sincronizada na Baixa Tensão em duas abordagens de análise. Na primeira é analisado o histórico de ocorrências levando em conta o quantitativo de ocorrências, o montante de carga interrompida e o tempo de operação ilhada. Na segunda avalia-se o desempenho dinâmico, relacionado às oscilações eletromecânicas e ao comportamento da frequência em ocorrências de ilhamento. Os resultados mostram uma melhoria expressiva de desempenho no período de estudo, diretamente associada à entrada em operação comercial de unidades da UHE Santo Antônio e de reforços na rede de transmissão em 230kV.

PALAVRAS-CHAVE

SPMS, PMU, Desempenho Dinâmico, Sincrofasores, Interligação AC-RO.

1.0 - INTRODUÇÃO

A estrutura básica de um Sistema de Medição Fasorial Sincronizada (*Synchronized Phasor Measurement System – SPMS*) é constituída de Unidades de Medição Fasorial (*Phasor Measurement Unit – PMU*), sistema de sincronização temporal, canais de comunicação e Concentrador de Dados Fasoriais (*Phasor Data Concentrator – PDC*). Os ganhos dos SPMS em relação aos sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) estão na obtenção direta de grandezas elétricas na forma de fasores (módulo e ângulo) sincronizados no tempo, taxa de aquisição elevada e armazenamento centralizado dos dados fasoriais (1). O emprego desta tecnologia permite monitorar, em tempo real, o desempenho dinâmico de sistemas elétricos, constituindo-se em uma importante ferramenta para análise em regime normal de operação e de transitórios eletromecânicos, aspectos abordados no presente trabalho.

O objetivo geral deste informe técnico é descrever os resultados de um estudo de avaliação do desempenho do subsistema Acre-Rondônia (AC-RO), parte integrante do Sistema Interligado Nacional (SIN), sob dois aspectos. O primeiro aborda o histórico de ocorrências ao longo de dois anos, sendo analisados o quantitativo de ocorrências, o montante de carga interrompida e o tempo de permanência do subsistema na condição de operação ilhada. O segundo aborda as características dinâmicas do subsistema, avaliando oscilações eletromecânicas e o comportamento da frequência em situações de ilhamento. O estudo utiliza dados do Sistema Nacional de Medição Fasorial Sincronizada em Baixa Tensão (SPMS MedFasee BT), implementado por pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

(*)LabPLan - EEL - CTC - UFSC - Campus Universitário. CEP 88040-900. Florianópolis, SC – Brasil
Tel: +55 (48) 3721 – 9731/9933 – Email: paulosehn.s@gmail.com.br

O subsistema AC-RO tem ganhado importância devido aos crescentes investimentos destinados a escoar a energia produzida pelas usinas do complexo energético do Rio Madeira, trazendo significativas mudanças estruturais nesse subsistema. Deste modo, o presente estudo também relaciona as características do desempenho do subsistema ao longo de sua evolução estrutural.

2.0 - SPMS MedFasee BT

O SPMS MedFasee BT foi implementado no âmbito do projeto MedFasee, cujos objetivos principais são a pesquisa, o desenvolvimento e a difusão da tecnologia de medição fasorial sincronizada e suas aplicações (2). Atualmente, o SPMS MedFasee BT conta com 22 PMUs instaladas nas dependências de universidades parceiras, cobrindo as cinco regiões geográficas do país. São medidas as tensões trifásicas diretamente na forma de fasores a uma taxa de 60 dados por segundo. As informações são transmitidas através da Internet, por meio de Redes Privadas Virtuais (*Virtual Private Network – VPN*) a um PDC localizado em Florianópolis – SC. Na Figura 1 é ilustrado o *site* de visualização dos fasores em tempo real, bem como a localização geográfica das instalações das PMUs.

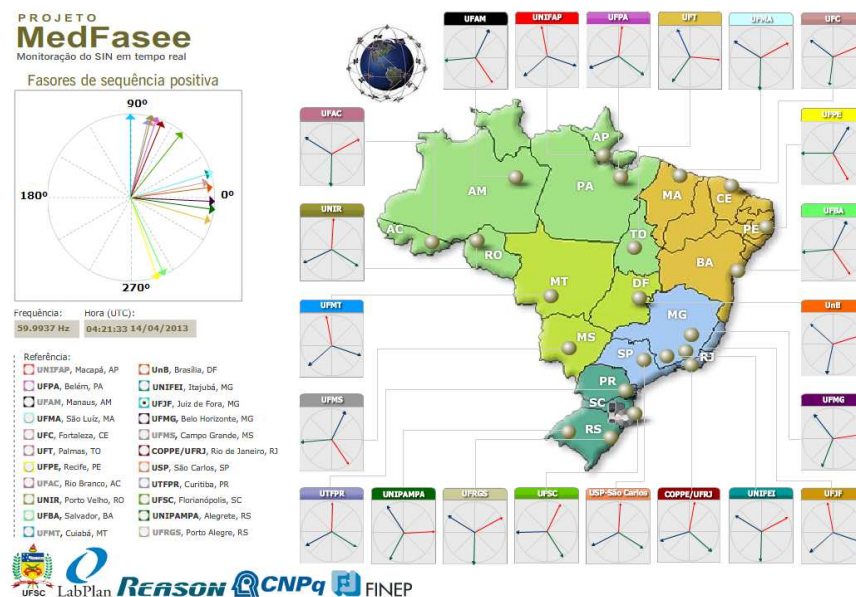


Figura 1 - Site de fasores do SPMS MedFasee BT (www.medfasee.ufsc.br/temporeal)

3.0 - SUBSISTEMA ACRE-RONDÔNIA

A interligação do subsistema AC-RO ao SIN foi efetivada em 23/10/2009 com a entrada em operação do circuito duplo de 230kV Jauru/Vilhena, entre os estados de Mato Grosso (MT) e Rondônia (RO). Com característica radial, o subsistema conta com 1483 km de linhas de transmissão (LTs) que interligam as subestações de Jauru no MT e Rio Branco no AC, sendo constituído por 9 segmentos de LTs, interligando, no sentido MT-AC, as subestações de Vilhena, Pimenta Bueno, Ji-Paraná, Jaru, Ariquemes, Samuel, Porto Velho e Abunã.

A geração existente nesse subsistema conta com 95 MW oriundos do estado do Acre, sendo formada por três usinas que constituem o Parque Térmico de Rio Branco. No estado de Rondônia são 523,35 MW referentes às usinas termelétricas Termonorte I e II, e 216 MW referentes a UHE Samuel (3). Porém, o grande destaque desta região são as usinas do complexo energético do Rio Madeira, onde estão sendo construídas as UHEs Santo Antônio e de Jirau, com capacidade instalada de 3150 MW e 3300 MW, respectivamente (4).

Com a realização dos investimentos para receber a energia provinda do complexo energético do Rio Madeira, este subsistema teve suas características estruturais modificadas com reforços tanto em geração quanto em transmissão. Na Figura 2 é apresentado um cronograma simplificado da evolução deste subsistema, identificando os principais elementos de sua estrutura.

No momento da interligação ao SIN, em outubro de 2009, o subsistema AC-RO contava com circuitos duplos de 230 kV apenas nos segmentos de Samuel/Porto Velho e Jauru/Vilhena e com capacidade de geração de 834,35 MW, decorrentes das usinas de Samuel, Termonorte I e II e as três usinas do parque térmico Rio Acre (Figura 2a).

A partir de março de 2012 foi colocado em operação provisória, na subestação Coletora Porto Velho, um transformador de 500/230 kV – 465MVA, de modo a viabilizar a operação comercial da primeira UG da UHE Santo Antônio (Figura 2b).

Novas UGs da UHE Santo Antônio entraram em operação comercial ao longo do tempo, contabilizando 11 UGs (no total de 44) em março de 2013 (5). Em fevereiro de 2013 entrou em operação o segundo circuito dos trechos Samuel – Ariquemes – Ji-Paraná – Pimenta Bueno – Vilhena e Porto Velho – Abunã – Rio Branco, completando a interligação Vilhena – Rio Branco em circuito duplo de 230 kV. Além disso, em novembro de 2012 foi colocado em operação, na subestação Coletora Porto Velho, o segundo transformador 500/230 kV – 465MVA bem como o sistema *Capacitor Commutated Converter Back-to-Back* – CCC – (2 x 400 MW) (Figura 2c).

Em sua configuração final, o subsistema AC-RO contará também com a UHE de Jirau, totalizando aproximadamente 7280 MW de capacidade de geração instalada. A energia produzida será escoada por meio da subestação Coletora Porto Velho, a qual será conectada ao subsistema AC-RO por meio do sistema *Back-to-Back* interligado à subestação de Porto Velho, sem a utilização dos transformadores 500/230 kV – 465MVA. Porém, a maior parte da energia gerada pela UHE Santo Antônio e de Jirau será direcionada à região Sudeste, através de duas LTs de +/-600 kV (2 x 3150 MW), que, com 2375 km de extensão, interligarão as subestações Coletora Porto Velho e Araraquara (4) (Figura 2d).

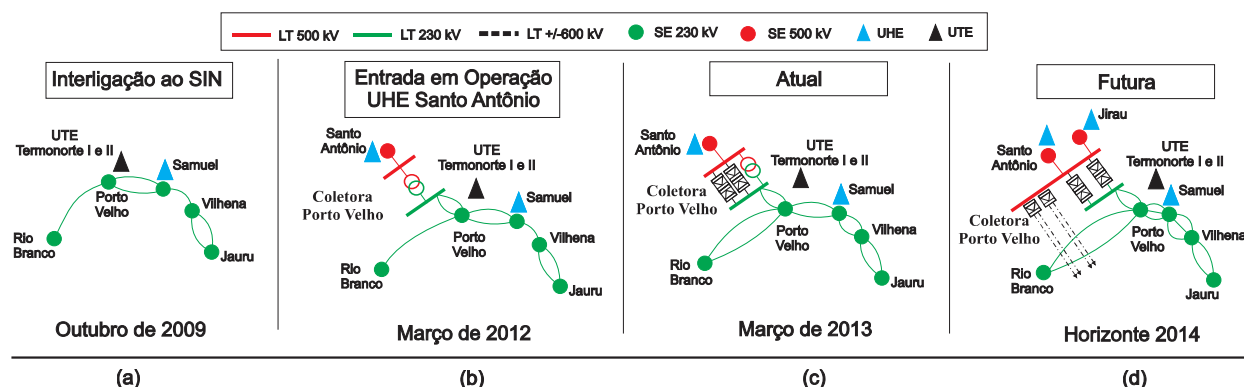


Figura 2 – Evolução estrutural do subsistema AC-RO (Adaptado de (6)).

4.0 - ANÁLISE DO HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS

Nesta seção são descritos os resultados de um estudo do histórico de ocorrências no subsistema AC-RO, relativo ao período de Abril de 2011 a Março de 2013. Em específico foram avaliados:

- o quantitativo de ocorrências;
- o quantitativo de ilhamentos e tempo de operação isolada;
- o montante de carga interrompida.

Com esta análise busca-se identificar a repercussão das mudanças estruturais realizadas nos últimos dois anos no desempenho do subsistema AC-RO.

Durante o período de análise foram identificadas 75 ocorrências, tendo como base os registros do SPMS MedFasee BT, em especial a PMU localizada em Porto Velho – RO (UNIR), e as informações publicadas no Informativo Preliminar Diário da Operação – IPDO do ONS.

Das 75 ocorrências analisadas, 52 causaram ilhamento do subsistema e em 53 ocorreu interrupção de carga, sendo que em 30 ocorrências foram registrados ilhamento com interrupção de carga.

Na Figura 3 são apresentados os quantitativos de ocorrências em cada um dos 24 meses de análise. A cada mês, visualizam-se três barras com o número total de ocorrências (azul), o número de ocorrências com ilhamentos (vermelho) e o número de ocorrências com interrupção de carga (verde).

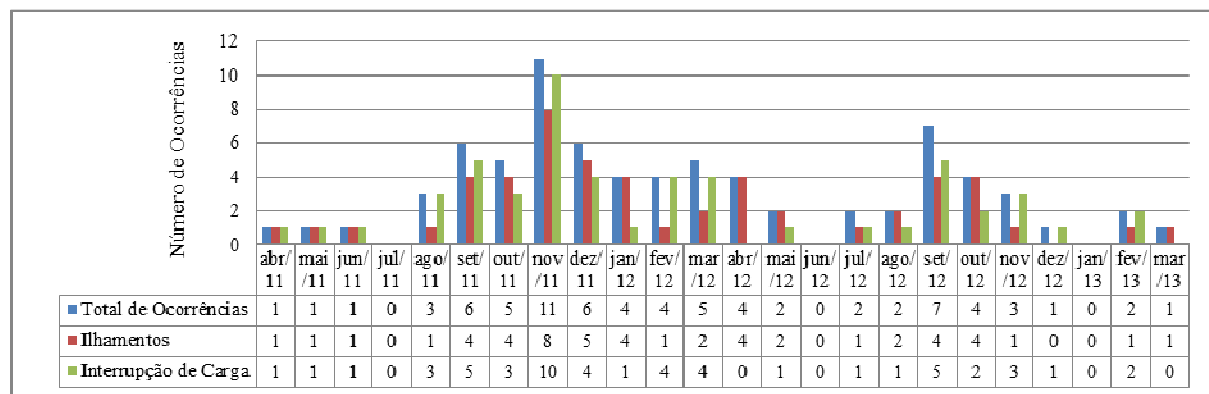


Figura 3 – Quantitativo de ocorrências registradas no subsistema AC-RO

Para a análise dos tempos total e médio de operação isolada foram consideradas somente as 30 ocorrências em que, simultaneamente, verificou-se ilhamento e interrupção de carga. Os resultados para cada um dos 24 meses são apresentados na Figura 4.

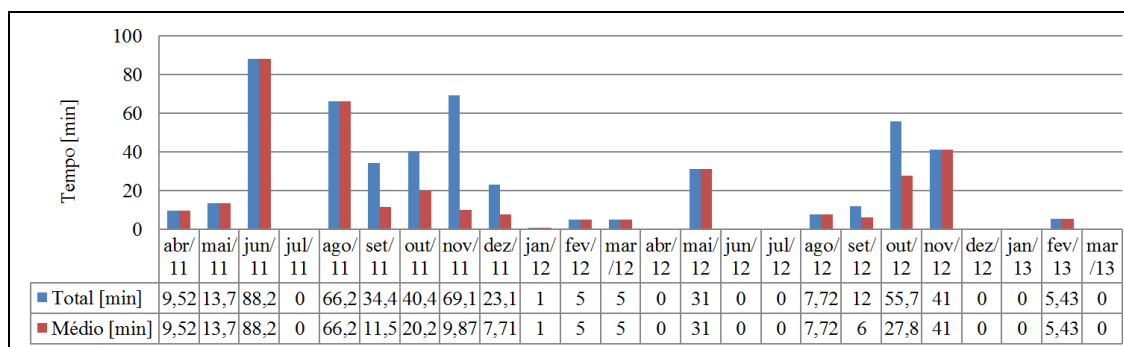


Figura 4 – Duração de ilhamentos do subsistema AC-RO

Os quantitativos de carga interrompida relativos às 53 ocorrências desta natureza são apresentados na Figura 5, também para cada um dos 24 meses de estudo. Nesta mesma figura são mostrados os valores médios mensais por interrupção.

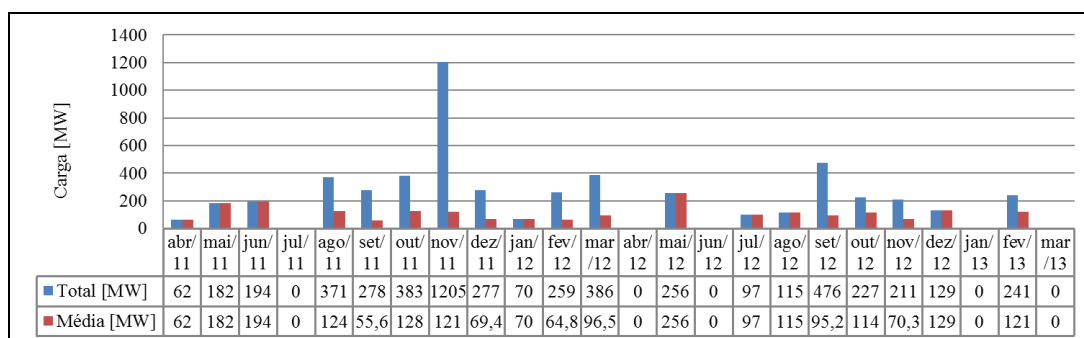


Figura 5 – Montante de carga interrompida no subsistema AC-RO

Nas três análises apresentadas acima é possível observar melhorias dos índices analisados ao longo da evolução estrutural do subsistema AC-RO. Estes resultados estão apresentados na Tabela 1, de modo a permitir a avaliação, em base anual, dos indicadores considerados.

Tabela 1 – Indicadores anuais avaliados

Período	Ocorrências		Tempo de Operação Isolada com corte de carga		Carga Interrompida	
	Quantidade	[%]	Tempo [min]	[%]	Carga [MW]	[%]
Ano 1	47	62,7	355,62	69,9	3667	67,7
Ano 2	28	37,3	152,62	30,1	1752	32,3
Total	75	100	508,47	100	5415	100

Os três indicadores apresentam notáveis melhorias do primeiro para o segundo ano. Em especial, observa-se que apenas 37,3 % das ocorrências foram registradas no Ano 2, indicando que a evolução estrutural do subsistema contribuiu para a diminuição do número de ocorrências naquela região. Observa-se, como consequência, do primeiro para o segundo ano, redução significativa do tempo de operação isolada e do montante total de carga interrompida.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de carga média interrompida e o tempo médio de operação isolada com corte de carga. Observa-se que o número de ocorrências diminuiu consideravelmente do Ano 1 para o Ano 2, porém, o valor médio do tempo de ilhamento e o valor médio da carga interrompida aumentaram levemente. Este resultado indica que, apesar do número de ocorrências ter diminuído, a severidade com que cada uma delas afeta o subsistema mantém os mesmos patamares.

Tabela 2 – Média anual dos indicadores avaliados

Período	Tempo Médio de Operação Isolada com corte de carga		Carga Média Interrompida	
	Quantidade	Tempo [min]	Quantidade s	Carga [MW]
Ano 1	22	16,15	37	99,1
Ano 2	8	19,09	16	109,5
Total	30	16,93	53	102,25

5.0 - ANÁLISE DO DESEMPENHO DINÂMICO

Nesta seção são apresentados resultados do estudo do desempenho dinâmico da interligação AC-RO/SIN em relação a dois aspectos em particular:

- Oscilações Eletromecânicas;
- Comportamento da Frequência em ocorrências de Ilhamentos.

5.1 Oscilações eletromecânicas

As análises de oscilações eletromecânicas foram realizadas para três diferentes condições de operação, a saber:

- Regime normal de operação;
- Operação de ressincronização;
- Ensaios de comissionamento da UHE Santo Antônio.

5.1.1 Regime Normal de Operação

Este estudo tem por finalidade identificar e avaliar o comportamento do modo de oscilação eletromecânica do subsistema AC-RO em relação ao SIN. Para tanto, foi utilizado o método conhecido como Realização Balanceada Estocástica – RBE, que determina a frequência e o amortecimento do modo de oscilação de interesse (7).

O método RBE realiza uma varredura no sinal medido aplicando sucessivas janelas. Em cada janela é estimado um modelo dinâmico linear para o sistema, onde são determinados a frequência e o amortecimento dos modos de oscilação a partir dos autovalores da matriz de coeficientes A (7). Desta maneira configura-se um passo de varredura e uma janela de análise, onde, para cada uma destas janelas, são obtidas as informações da frequência e amortecimento do modo oscilatório de interesse. No entanto, o método deve ser aplicado em períodos de tempo associado ao regime normal de operação, caracterizado por pequenas variações na carga ou de topologia.

Os casos de estudo foram escolhidos visando considerar as três etapas da evolução estrutural do subsistema AC-RO. Assim as datas selecionadas são: 01/12/2011, data anterior a entrada em operação comercial da UHE Santo Antônio; 05/10/2012 data posterior à entrada em operação comercial da UHE Santo Antônio; e 17/04/2013, data posterior a energização dos trechos restantes do segundo circuito de 230 kV entre as subestações Vilhena e Rio Branco. O método RBE foi aplicado no sinal de diferença angular medida entre Brasília – DF (UnB) e Porto Velho – RO (UNIR), em um período de tempo de duas horas, iniciando as 20h00min (UTC). O comportamento da frequência e amortecimento do modo oscilatório para os dias 01/12/2011, 05/10/2012 e 17/04/2013 são mostrados, respectivamente, na Figura 6, Figura 7 e Figura 8.

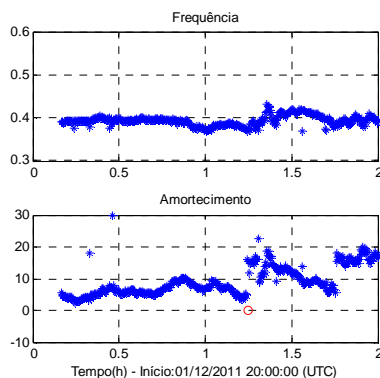


Figura 6 – Frequência e amortecimento (01/02/2011)

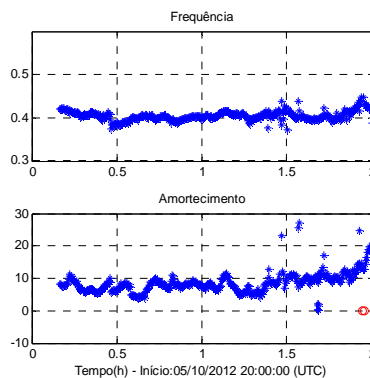


Figura 7 - Frequência e amortecimento (05/10/2012)

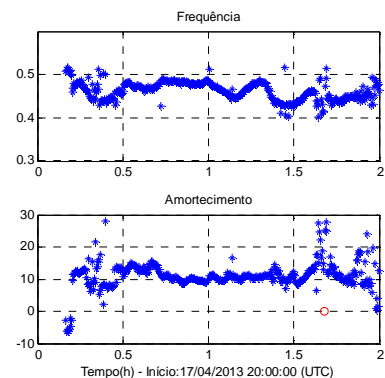


Figura 8 - Frequência e amortecimento (17/04/2013)

Neste estudo observa-se que a frequência do modo interárea AC-RO/SIN modificou-se ao longo dos três períodos analisados. Nota-se que houve um aumento na frequência do modo, tendo inicialmente um valor próximo de 0,4 Hz e, na análise mais recente, um valor próximo a 0,5 Hz. De maneira semelhante, a taxa de amortecimento do modo de oscilação apresenta sensível melhoria, passando de valores entre 5 e 10% para valores levemente superiores a 10%. Tais resultados são consistentes com o aumento no montante de geração local e reforços do sistema de transmissão, ocorridos no período de análise.

5.1.2 Operação de Ressincronização

No decorrer do acompanhamento do subsistema AC-RO foram registradas três perturbações em que, no momento da ressincronização, foi observado o aparecimento de oscilações eletromecânicas sustentadas de baixa frequência. Para a análise das oscilações foi empregada a Transformada Discreta de Fourier (*Discrete Fourier Transform - DFT*) de forma sucessiva, em janelas deslizantes no tempo, permitindo identificar a frequência do modo oscilatório excitado.

Na primeira destas três perturbações, ocorrida em 24/09/2010, houve o desligamento automático da LT Pimenta Bueno/Vilhena, acarretando na operação isolada do subsistema AC-RO e interrupção de cerca de 200 MW de carga (8). No instante da reconexão da interligação não houve amortecimento da oscilação, fazendo com que este sistema operasse de modo oscilatório por cerca de 95s, conforme ilustrado na Figura 9. Os resultados da aplicação da DFT com janela deslizante neste sinal, ilustrada na Figura 10, mostram uma oscilação de 0,47Hz com diferentes patamares de intensidade ao longo do tempo.

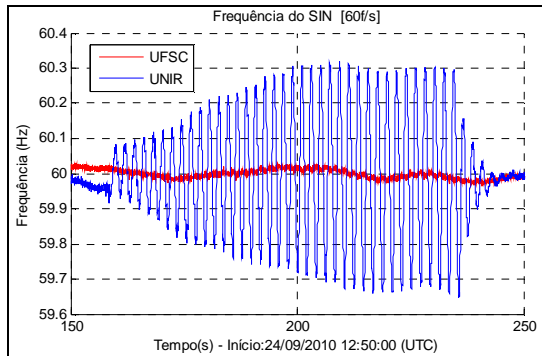


Figura 9 – Oscilação sustentada (24/09/2010)

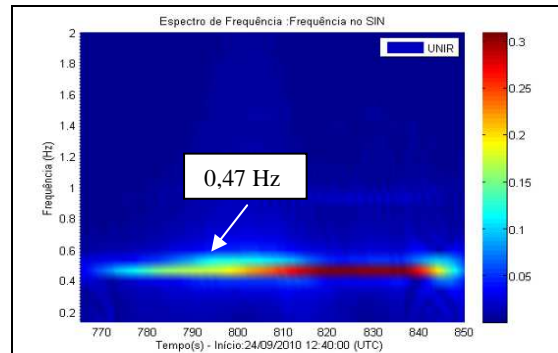


Figura 10 – DFT com janela deslizante (24/09/2010)

Em 27/05/2011, novamente foram observadas oscilações eletromecânicas sustentadas de baixa frequência. Esta situação perdurou por aproximadamente 157 s, como pode ser observado na Figura 11. A análise pelo espectro de frequências mostra um modo de oscilação dominante de 0,53 Hz, conforme ilustra a Figura 12.

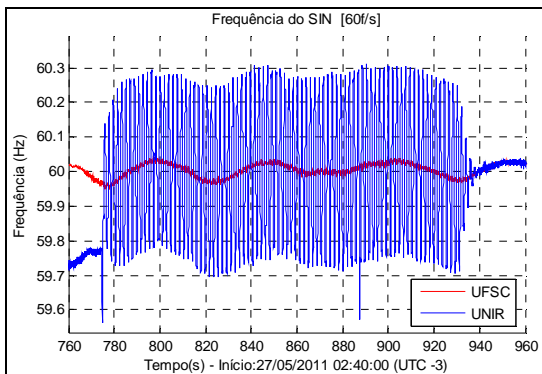


Figura 11 – Oscilação sustentada (27/05/2011)

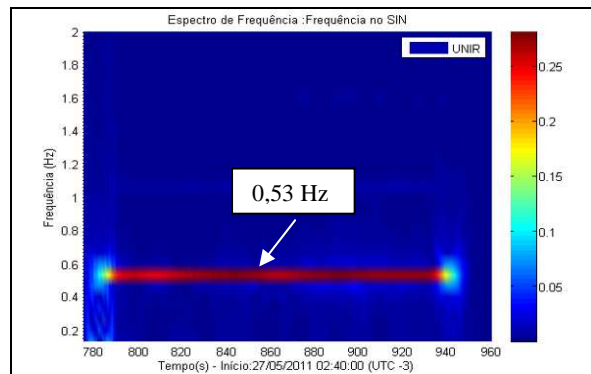


Figura 12 – DFT com janela deslizante (27/05/2011)

Mais recentemente, na perturbação de 25/03/2013, a oscilação sustentada teve duração de 159s e com diversos patamares de amplitude, como mostrado na Figura 13. Utilizando a análise da DFT com janela deslizante, obteve-se o resultado apresentado na Figura 14, onde se observa um modo dominante de 0,40Hz e outro, com amplitude reduzida e frequência de 0,81Hz.

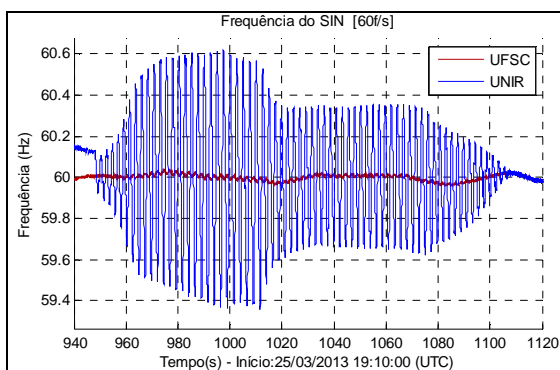


Figura 13 – Oscilação sustentada (25/03/2013)

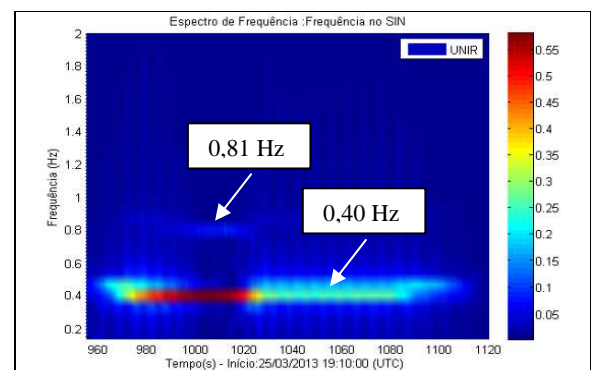


Figura 14 – DFT com janela deslizante (25/03/2013)

A causa destas oscilações está associada ao desligamento automático dos PSSs de unidades geradoras daquela região durante as perturbações. Em (9) é descrito que para evitar sub tensões e sobretensões expressivas, decorrentes da ação indevida dos PSSs, durante períodos de operação isolada do subsistema AC-RO, é realizada a desativação automática destes equipamentos com base na frequência, sendo que a sua reativação é realizada manualmente. Em virtude disso os PSSs das UHE Samuel e UTE Termonorte II são bloqueados quando a frequência ultrapassa o patamar de 60,8 Hz ou quando a frequência atinge valores abaixo de 59,2 Hz. Como o

amortecimento destas oscilações depende da ativação manual do PSS, esta ação pode demorar algum tempo para ser efetuada, ocasionando as oscilações observadas nas três ocorrências anteriores.

Os três casos apresentados neste estudo mostram a necessidade de melhorias na estratégia de atuação do PSSs instalados no subsistema AC-RO. Ressalta-se ainda, que oscilações eletromecânicas sustentadas são prejudiciais à operação do sistema elétrico, pois dificultam a operação do sistema em condições transitórias, podendo, em alguns casos, gerar limitações nas transferências de potência entre barras do sistema (10).

5.1.3 Ensaio de Comissionamento da UHE Santo Antônio

Nesta seção apresentam-se os resultados de análise do desempenho dinâmico do subsistema AC-RO durante ensaios de comissionamento da UG 2, realizados em 03/05/2012. O teste consistiu na conexão desta UG ao SIN por alguns minutos e logo depois desconectada. No total foram realizadas 15 sincronizações em níveis de geração de 6, 15, 30 e 45 MW, sendo analisados neste trabalho treze destas quinze. O comportamento do sistema durante esse teste pode ser observado na diferença angular entre a PMU instalada em São Carlos – SP (USP-SC) e a PMU localizada em Porto Velho – RO (UNIR), representada no gráfico da Figura 15.

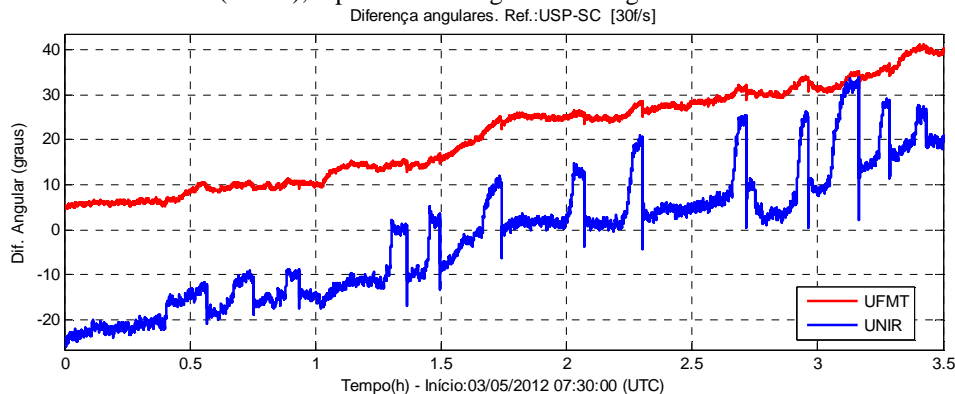


Figura 15 – Teste de comissionamento da UG2 da UHE Santo Antônio

Observa-se que para cada sincronização da UG 2, ocorreram degraus no sinal da diferença angular entre a UNIR e a USP-SC. No momento do desligamento desta UG ocorreram pequenas oscilações que rapidamente foram amortecidas.

Para investigar o comportamento das oscilações ocorridas durante os testes de comissionamento, foi aplicado o método de Prony (11) em cada uma das oscilações presentes no desligamento desta UG. Na Tabela 3 são apresentados os valores de frequência e amortecimento determinados para cada oscilação analisada.

Tabela 3 – Característica das oscilações presente no desligamento da UG 2

Teste	Horário	Potência [MW]	Frequência [Hz]	Amortecimento [%]
1	04h03min	6	-	-
2	05h04min	15	0,446	24,012
3	05h15min	15	0,436	19,761
4	05h26min	15	0,411	28,64
5	05h52min	30	0,454	19,624
6	05h59min	30	0,425	22,26
7	06h14min	30	0,417	18,92
8	06h34min	30	0,425	23,359
9	06h48min	30	0,439	21,207
10	07h13min	45	0,446	18,585
11	07h27min	45	0,471	20,36
12	07h40min	45	0,472	20,372
13	07h47min	45	0,452	20,187
14	07h56min	45	0,455	14,049
15	08h06min	45	-	-

Observa-se que durante os testes acima descritos foi excitado um modo de oscilação de aproximadamente 0,45Hz com amortecimento de aproximadamente 20%, comportamento semelhante ao observado na seção 5.1.1.

5.2 Comportamento da Frequência em Ocorrências de Ilhamentos

A inserção das primeiras UGs da UHE Santo Antônio a partir de março de 2012 produziu melhora significativa no desempenho do subsistema AC-RO, conforme foi constatado por meio dos indicadores apresentados na seção 4. De modo semelhante, também foram observadas alterações significativas no comportamento da frequência em ocorrências que resultam em ilhamentos do subsistema AC-RO em relação ao SIN.

No período pré-operação da UHE Santo Antônio as ocorrências de ilhamento provocavam, em geral, elevadas subfrequências, levando a atuação do Esquema Regional de Alívio de Carga – ERAC. Um exemplo deste comportamento é apresentado na Figura 16, relativa à ocorrência de 10/08/2011. Tal característica era devido à insuficiência de geração para o atendimento a carga local e consequentemente a natureza importadora em relação ao SIN.

Mais recentemente, com a inserção da geração da UHE Santo Antônio, as ocorrências de ilhamento tem provocado elevadas sobrefrequências devido ao excedente de geração, conforme ilustrado na Figura 17, relativa à ocorrência de 28/02/2013.

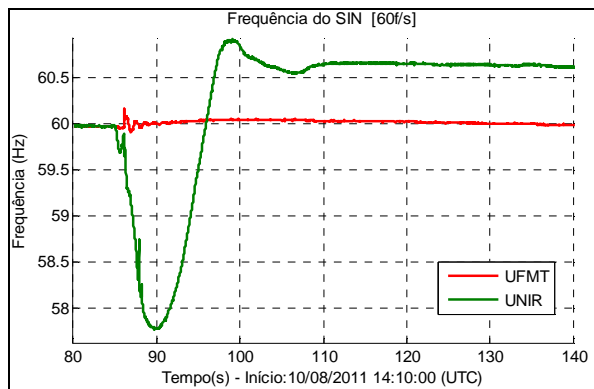


Figura 16 – Subfrequência em Porto Velho durante perturbação de 10/08/2011

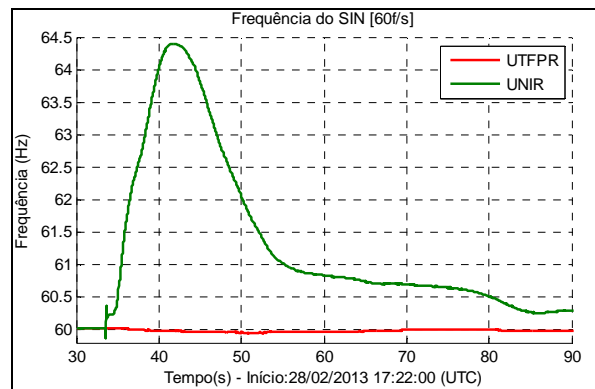


Figura 17 – Sobrefrequência em Porto Velho durante a perturbação de 28/02/2013

6.0 - CONCLUSÃO

Os resultados descritos no presente trabalho mostram a efetividade do Sistema Nacional de Medição Fasorial Sincronizada em Baixa Tensão - Medfasee BT, como um sistema independente de análise do desempenho do Sistema Interligado Nacional (SIN). Em específico, foi analisado o desempenho do subsistema AC-RO num período de 24 meses. Neste período ocorreram mudanças significativas na estrutura daquele subsistema, destacando-se a inserção de geração da UHE Santo Antônio e do segundo circuito de 230 kV entre os estados do Mato Grosso e Acre.

Os resultados mostraram melhorias significativas relacionadas à redução no quantitativo de ilhamentos e no tempo de operação ilhada. Além disso, verificaram-se melhorias do desempenho dinâmico relacionado a oscilações eletromecânicas, tanto no regime normal de operação quanto durante ocorrências. Ainda durante ocorrências de ilhamento, verificou-se que o subsistema AC-RO evoluiu de ilhamentos com subfrequência e interrupções de carga, por atuação do ERAC, para ilhamentos com sobrefrequência, alívio de geração e sem interrupção de cargas.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Dotta, D.; Silva, A. S. & Decker, I. C. “Power System Small-Signal Angular Stability Enhancement using Synchronized Phasor Measurements”. IEEE Power System Society General Meeting, Tampa, USA, Jun, 2007.
- (2) Decker, I.C., et Al. System wide model validation of the Brazilian Interconnected Power System. (2010) Power end Energy Society General Meeting. IEEE.
- (3) ELETRONORTE. *Dados de Geração dos Estados do Norte do Brasil*. Disponível em: <http://www.eln.gov.br/opencms/opencms/pilares/geracao/estados>. Acesso: Abril/2013.
- (4) Gomes R., Livi D. P. e Schuck R. “Os desafios associados à Interligação do sistema de Transmissão das Usinas do Madeira”. Revista Operador Nacional do Sistema Elétrico, Set-Dez 2011.
- (5) Brasil. Ministério de Minas e Energia. “Diário Oficial da União”. Brasília, 12 mar. 2013. Sec 1. ISSN 1677-7042.
- (6) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) “Plano da Operação Elétrica de Médio Prazo PEL – 2013/2014”. Relatório Executivo.
- (7) Jeremias T., Zimmer V., Decker I. C., Silva A. S., Agostini M. N., “Estudo do Desempenho de Metodologias para o Monitoramento em Tempo Real dos Modos de Oscilações Eletromecânicas do SIN utilizando Medição Fasorial Sincronizada”. XI Seminário Técnico de Proteção e Controle. Florianópolis – SC, Brasil. Novembro de 2012.
- (8) Operador Nacional do Sistema (ONS). Informativo Preliminar da Operação. Disponível em: <http://www.ons.org.br/publicacao/ipdo>
- (9) Operador Nacional do Sistema (ONS). Sistemas Especiais de Proteção – SEP e Proteções Sistêmicas da Interligação Acre – Rondônia, Relatório de Implantação, ONS 2009, ONS RE 3-028/2009.
- (10) OLIVEIRA, R.V.; RAMOS, R.A.; BRETAS, N.G. “Controlador robusto multiobjetivo para o amortecimento de oscilações eletromecânicas em sistemas elétricos de potência”. In: *Revista Controle & Automação*, São Carlos, SP, vol.16, n.3, Julho, p. 290, USP-SC, 1995.
- (11) Santos, M.M., “Análise da Dinâmica de Sistemas Elétricos de Potência Usando Dados de Medição Fasorial Sincronizada”, (2008), dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, 109p.

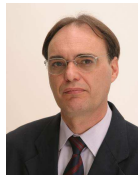
DADOS BIOGRÁFICOS



Paulo André Sehn da Silva é formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil. (2011). Atualmente, é estudante do Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica - UFSC, nível Mestrado. Desenvolve pesquisa na área de medição fasorial sincronizada de sistemas de energia elétrica.



Valmor Zimmer é formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. (2010). Atualmente, é estudante do Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica - UFSC, nível Mestrado. Desenvolve pesquisa na área de microrredes e de medição fasorial sincronizada de sistemas de energia elétrica.



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). Iniciou a carreira docente na Universidade Federal de Santa Maria, em 1980, transferindo-se em 1985 para a Universidade Federal de Santa Catarina, onde exerce a função de Professor Associado no Departamento de Engenharia Elétrica. 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.



Marcelo Neujahr Agostini é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSC, 1996) e doutor em Sistemas de Energia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, 2002). 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.



Fábio Matheus Mantelli é formado em tecnologia em sistemas de energia pelo Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil. (2011). Atualmente, é estudante do Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica - UFSC, nível Mestrado. Desenvolve pesquisa na área de medição fasorial sincronizada de sistemas de energia elétrica.