



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

FI/GOP/17
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS- GOP

NOVAS INVESTIGAÇÕES SOBRE A AVALIAÇÃO DA MARGEM DE ESTABILIDADE DE TENSÃO NA ÁREA TRAMO OESTE USANDO DADOS REAIS DE SINCRÓFAORES

Bernard C. Bernardes (*)
UFPA

Ubiratan H. Bezerra
UFPA

João Paulo A. Vieira
UFPA

Daniel A. Martins
UFPA

Glaucio N. Taranto
COPPE/UFRJ

Carlos Rezende de Almeida
ELETROBRÁS ELETRONORTE

RESUMO

Este trabalho visa apresentar novas investigações da aplicação do algoritmo de identificação da instabilidade de tensão, conhecido como algoritmo Corsi-Taranto, em dados de medições de sincrofases (tensão e corrente) registrados durante a ocorrência, em agosto de 2013, de dois incidentes de instabilidade de tensão na área Tramo Oeste do Sistema Interligado Nacional (SIN). O critério de identificação da instabilidade de tensão se baseia no cálculo da impedância do equivalente Thevenin, a partir dos fasores de tensão e corrente medidos localmente, e no cálculo da impedância da carga, a partir dos mesmos fasores. A instabilidade de tensão é identificada quando o módulo da impedância do equivalente Thevenin é igual ao módulo da impedância da carga. O desempenho do algoritmo Corsi-Taranto para a identificação do fenômeno é avaliado frente aos afundamentos temporários de tensão presenciados nos dias 14/08/2013 às 16h10min e 21/08/2013 às 14h47min na área Tramo Oeste.

PALAVRAS-CHAVE

Identificação da instabilidade de tensão, medições de sincrofases, equivalente Thevenin.

1.0 - INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, diversos trabalhos [1]-[4] vêm propondo que a avaliação da margem de estabilidade de tensão seja baseada na identificação dos parâmetros do equivalente de Thevenin (tensão e impedância) "vistos" da barra em análise. O problema da instabilidade de tensão é estimado pela comparação entre a impedância de Thevenin (impedância à montante) e a impedância da carga (impedância à jusante). Os parâmetros do equivalente de Thevenin são estimados a partir dos fasores de tensão e corrente medidos localmente, assim como a impedância da carga é calculada a partir dos mesmos fasores. A monitoração da "distância" relativa entre essas duas impedâncias indica a proximidade do máximo carregamento do sistema à jusante da barra monitorada, consequentemente dando, com adequada precisão, a proximidade do colapso de tensão.

No ano de 2012, aplicações preliminares do algoritmo Corsi-Taranto, desenvolvido em [4], foram realizadas com dados de sincrofases obtidos de medições de campo, com a finalidade de estimar a margem com relação à indicação de colapso de tensão na SE-Ruropolis 230 kV da área Tramo Oeste, considerando várias condições operacionais de caráter local e remoto do Sistema Interligado Nacional (SIN). Os resultados desses testes preliminares demonstraram que o indicador de proximidade de instabilidade de tensão que se baseia na relação das impedâncias equivalentes é bastante sensível para captar a influência de diversos fatores na redução de margens de estabilidade de tensão, como a mudança de topologia da rede elétrica, a variação do número de unidades geradoras em operação, e a própria variação normal de carga. Esses resultados com dados reais de sincrofases podem ser encontrados no informe técnico publicado nos anais do SNPTTE 2013 [5].

No segundo semestre de 2013, a área Tramo Oeste sofreu diversos cortes de carga devido ao rápido afundamento de tensão, sem ocorrência de perturbação, oriundo do esgotamento de recursos para o controle de tensão da área

e da operação em condição de carregamento do sistema superior ao seu limite de estabilidade de tensão, segundo o Relatório de Análise de Perturbações (RAP) elaborado pelo ONS [6]. Esses incidentes de instabilidade de tensão motivaram os autores do presente trabalho a realizar novos testes, a fim de avaliar o desempenho do algoritmo Corsi-Taranto para a identificação da instabilidade de tensão utilizando para tanto medições de sincrofasores registradas durante a ocorrência de tais fenômenos na área Tramo Oeste. O bom desempenho do algoritmo Corsi-Taranto para a identificação da instabilidade de tensão em estudos de simulação foi apresentado em [7]-[9]. Entretanto, até recentemente, o algoritmo Corsi-Taranto nunca havia sido testado para identificar a instabilidade de tensão, a partir de dados de sincrofasores (tensão e corrente) registrados em uma PMU, durante a ocorrência do fenômeno em uma rede elétrica de alta tensão.

Dentro deste contexto, este trabalho visa apresentar novas investigações da aplicação do algoritmo Corsi-Taranto para a identificação de dois fenômenos de instabilidade de tensão ocorridos na área Tramo Oeste utilizando medições de sincrofasores. As análises dos resultados mostradas nesse trabalho referem-se aos afundamentos temporários de tensão presenciados na área Tramo Oeste nos dias 14/08/2013 e 21/08/2013.

2.0 - ALGORITMO CORSI-TARANTO

O algoritmo Corsi-Taranto proposto em [4] é baseado no circuito equivalente mostrado na Figura 1(a). O ponto de máximo carregamento no circuito elétrico mostrada na Figura 1(a) ocorre quando:

$$|\bar{Z}_L| = |\bar{Z}_{Th}| \quad (1)$$

Onde:

$$\bar{Z}_{Th} = R_{Th} + jX_{Th} \quad (2)$$

$$\bar{Z}_L = Z_L \angle \theta = R_L + jX_L \quad (3)$$

Sabe-se que o ponto de máximo carregamento está relacionado com a identificação do ponto de instabilidade de tensão. Dependendo do modelo da carga, os dois pontos podem ser coincidentes. O circuito da Figura 1(a) representa a rede elétrica "vista" da barra em análise na forma de um equivalente. De acordo com o diagrama fasorial mostrado na Figura 1(b), as seguintes relações são obtidas:

$$\vec{E}_{Th} = E_{Th} \angle \beta \quad (4)$$

$$\vec{V}_L = V_L \angle \theta \quad (5)$$

$$\vec{I}_L = I_L \angle 0^\circ \quad (6)$$

$$\vec{V}_\Delta = \bar{Z}_{Th} \times \vec{I}_L = R_{Th} I_L + jX_{Th} I_L \quad (7)$$

$$\vec{E}_{Th} = \vec{V}_L + \vec{V}_\Delta \quad (8)$$

Separando (8) em partes real e imaginária, têm-se:

$$E_{Th} \cos \beta = R_{Th} I_L + V_L \cos \theta \quad (9)$$

$$E_{Th} \sin \beta = X_{Th} I_L + V_L \sin \theta \quad (10)$$

Para barras de extra alta tensão, $X_{Th} \gg R_{Th}$, e a suposição que $R_{Th} \approx 0$ é muito razoável. Portanto, a estimação inicial para β é dada por:

$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{V_L \cos \theta}{E_{Th}} \right) \quad (11)$$

Uma vez que V_L e θ são variáveis medidas pelos sincrofasores de tensão, a estimação inicial de β ainda depende de E_{Th} .

Para estimar os parâmetros do equivalente Thevenin do circuito mostrado na Figura 1(a), assume-se que a impedância da carga \bar{Z}_L varia, aumentando ou diminuindo, e em um curto período de tempo o valor de E_{Th} permanece constante. E_{Th} deve ser considerado constante apenas entre duas medidas fasoriais subsequentes.

O algoritmo adaptativo que calcula os valores de E_{Th} para identificar X_{Th} é resumido a seguir.

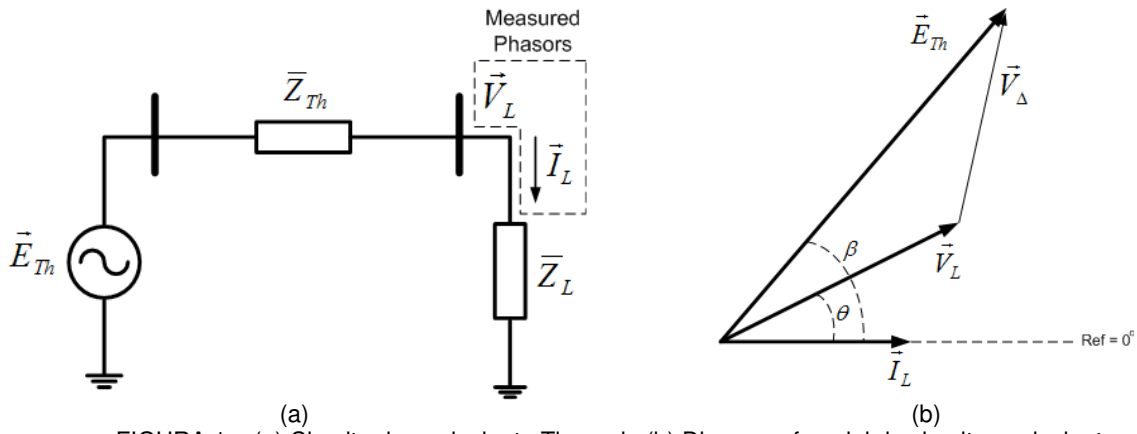


FIGURA 1 – (a) Circuito do equivalente Thevenin (b) Diagrama fasorial do circuito equivalente

Algoritmo para identificar X_{Th}
Passo 1) Estimar o valor inicial para E_{Th}^0 , e de β^0 pela equação (11), já considerando o valor de E_{Th}^0 .
Passo 2) Calcular X_{Th}^0 pela equação (10).
Passo 3) Calcular E_{Th}^i de acordo com as condições:
Se $(Z_{carga}^i - Z_{carga}^{i-1}) < 0$ então, faça:
Se $(X_{Th}^{i*} - X_{Th}^{i-1}) < 0$, então $E_{Th}^i = E_{Th}^{i-1} - \varepsilon_E$
Se $(X_{Th}^{i*} - X_{Th}^{i-1}) > 0$, então $E_{Th}^i = E_{Th}^{i-1} + \varepsilon_E$
Se $(X_{Th}^{i*} - X_{Th}^{i-1}) = 0$, então $E_{Th}^i = E_{Th}^{i-1}$
Se $(Z_{carga}^i - Z_{carga}^{i-1}) > 0$ então, faça:
Se $(X_{Th}^{i*} - X_{Th}^{i-1}) < 0$, então $E_{Th}^i = E_{Th}^{i-1} + \varepsilon_E$
Se $(X_{Th}^{i*} - X_{Th}^{i-1}) > 0$, então $E_{Th}^i = E_{Th}^{i-1} - \varepsilon_E$
Se $(X_{Th}^{i*} - X_{Th}^{i-1}) = 0$, então $E_{Th}^i = E_{Th}^{i-1}$
Se $(Z_{carga}^i - Z_{carga}^{i-1}) = 0$ então,
$E_{Th}^i = E_{Th}^{i-1}$
Passo 4) Calcular β^i e X_{Th}^i .
Passo 5) Fazer $i = i + 1$ e voltar ao Passo 3.

Obs: ε_E é o fator de correção para atualizar a estimativa em E_{Th} .

X_{Th}^{i*} é um avaliador intermediário de X_{Th}^i que leva em conta os valores instantâneos dos fasores de tensão e corrente.

3.0 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

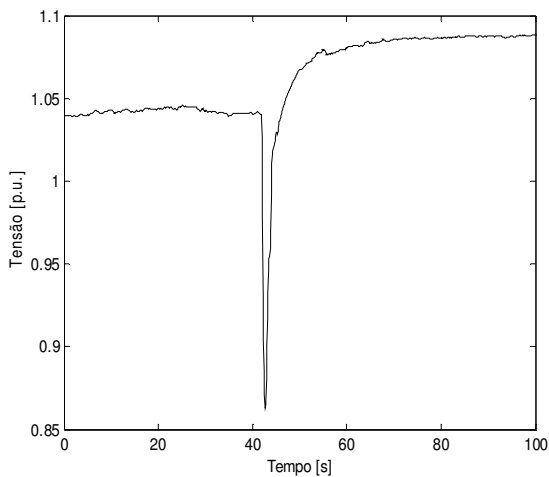
A figura 2 mostra a rede básica do SIN com linhas de transmissão de 230, 345, 440, 500 e 765 kV, e destaca a área Tramo Oeste sob análise (elipse laranja). A barra selecionada para análise está localizada na SE-Ruropolis 230 kV (barra verde) mostrada e indicada no diagrama unifilar da área da Figura 3. Os fasores de tensão e corrente foram medidos a uma taxa de amostragem de 10 fasores/s pela PMU (Phasor Measurement Unit) instalada no pátio da SE-Ruropolis 230 kV e transmitidas ao openPDC [10] (Phasor Data Concentrator) localizado no centro de operação da Eletrobrás Eletronorte em Belém. O openPDC é um software, disponibilizado gratuitamente pela TVA (Tennessee Valley Authority), para processar dados de séries temporais *streaming* em tempo real. O histórico de

e em seguida, a rejeição de parte das cargas da área. Posteriormente, a tensão apresentou uma recuperação lenta até atingir, 58 s após o afundamento de tensão, o valor de 1,088 p.u., extrapolando o limite superior de tensão operativa de 1,05 p.u..

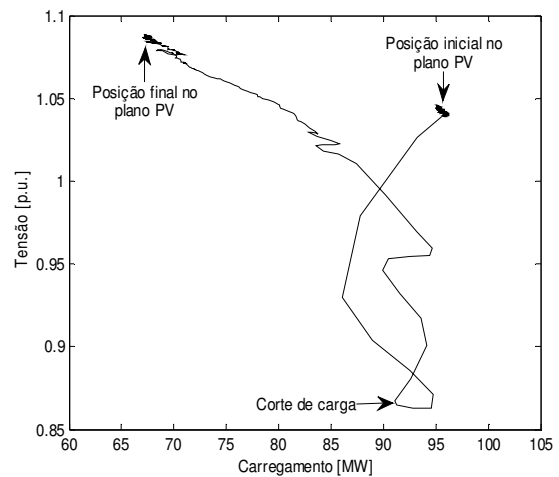
A figura 4 (b) mostra a curva PV (potência ativa X tensão na SE-Ruropolis 230 kV) obtida das medições dos sincrofasores. Nota-se, inicialmente, após o afundamento de tensão, que a potência ativa da carga sofreu variações do valor de 96 MW (posição inicial no plano PV) para o valor 91 MW (instante do corte de cargas). Após a atuação de proteções próprias dos consumidores indicada pelo ponto de corte de cargas, ocorreu uma rejeição natural do carregamento para o valor de 67 MW (ponto final no plano PV).

A Figura 4(c) mostra as impedâncias do equivalente Thevenin e da carga. Pode-se observar, no instante do afundamento de tensão, que a impedância de Thevenin aumentou bruscamente, enquanto que a impedância da carga reduziu, também de forma brusca. Esse fato resultou numa tênue aproximação entre as impedâncias, porém, o cruzamento entre elas por muito pouco não ocorreu, certamente devido à atuação da proteção subtensão que ocorreu antes de um suposto cruzamento das impedâncias. A impedância da carga reduziu bruscamente devido ao aumento excessivo da potência reativa demandada pela SE-Ruropolis 230 kV durante a afundamento de tensão. Por outro lado, a impedância de Thevenin aumentou consideravelmente durante o afundamento de tensão em função da redução brusca das impedâncias equivalentes das cargas nas SE-Transamazônica 230 kV e SE-Altamira 230 kV, localizadas a montante da SE-Ruropolis, como mostradas na Figura 3. Essa redução das impedâncias das cargas é proveniente do aumento da demanda de potência reativa durante o afundamento de tensão trifásico na área Tramo Oeste.

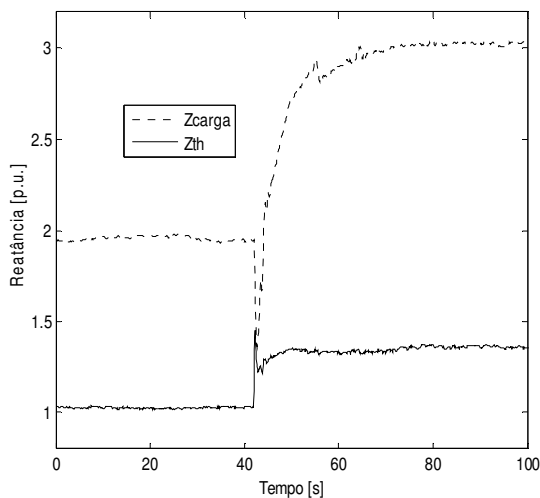
A Figura 4(d) mostra o indicador de margem de estabilidade de tensão. Observa-se que no instante do afundamento, a margem foi significativamente reduzida, e o limite de estabilidade de tensão quase foi alcançado. Após o corte de carga, a distância relativa entre as duas impedâncias aumentou, e logo em seguida estabilizou-se em um valor maior quando comparado ao do período anterior ao afundamento, como ilustrado na Figura 4(c). Por consequência, a margem de estabilidade de tensão também aumentou após a recuperação da tensão, como mostrado na Figura 4 (d). A impedância de Thevenin estabilizou-se em um valor maior após a recuperação da tensão devido a ação operacional de energização do reator de 230 kV da SE-Altamira, de acordo com [6].



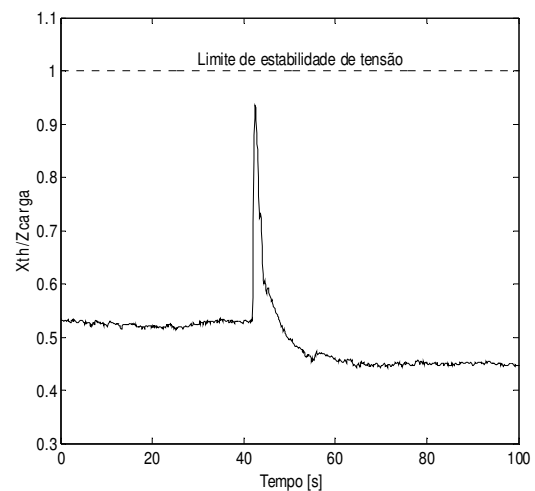
(a)



(b)



(c)



(d)

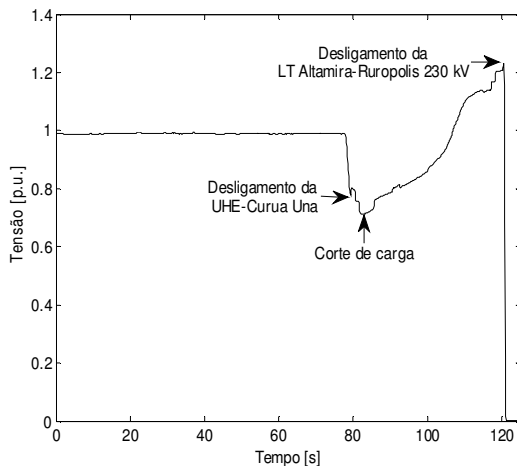
FIGURA 4 – (a) Módulo da tensão na SE-Ruropolis 230 kV (b) Curva PV obtida com os dados reais de sincrofasores (c) Impedâncias do equivalente Thevenin e da carga (d) indicador de instabilidade de tensão.

4.2 2º Teste: Afundamento temporário de tensão ocorrido no 21/08/2013

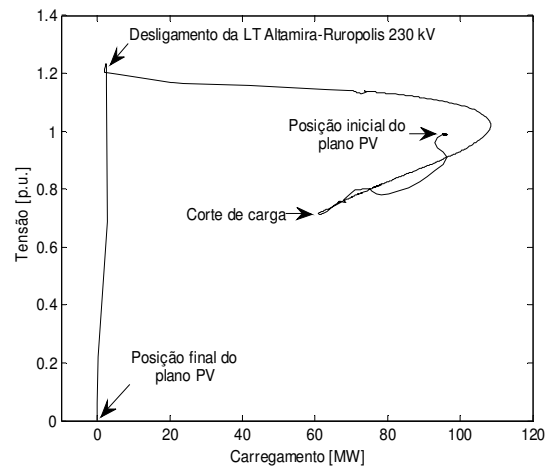
A figura 5(a) mostra que o afundamento de tensão na SE-Ruropolis 230 kV, ocorrido no dia 21/08/2013, atingiu o valor de 0,713 p.u., provocando, inicialmente, o corte das unidades geradoras da UHE Curuá Una, e em seguida, o corte de parte das cargas da área Tramo Oeste. Posteriormente, a tensão recuperou-se lentamente, porém o corte elevado das cargas resultou, 42 s após o afundamento de tensão, no aparecimento de sobretensão no valor de 1,233 p.u., que provocou o desligamento da LT 230 kV Altamira/Rurópolis, devido a atuação de sua proteção de sobretensão temporizada, que por sua vez, levou a desenergização da SE Rurópolis 230 kV, como pode ser observado na Figura 5(a).

A figura 5 (b) mostra a curva PV (potência ativa X tensão na SE-Ruropolis 230 kV) obtida das medições dos sincrofasores. Pode-se observar, inicialmente, que a potência ativa da carga a jusante da SE-Ruropolis foi reduzida do valor 95 MW (posição inicial do plano PV) para o valor de 61 MW (instante do corte de carga). Em seguida, a potência ativa aumentou com a recuperação da tensão, devido à própria característica da carga, até o valor de 108 MW (ponto de máximo carregamento). Posteriormente, a potência ativa reduziu, pela rejeição natural das cargas da área Tramo Oeste devido à atuação das proteções de sobretensão temporizadas, até o valor de 2,5 MW (desligamento da LT Altamira-Ruropolis 230 kV).

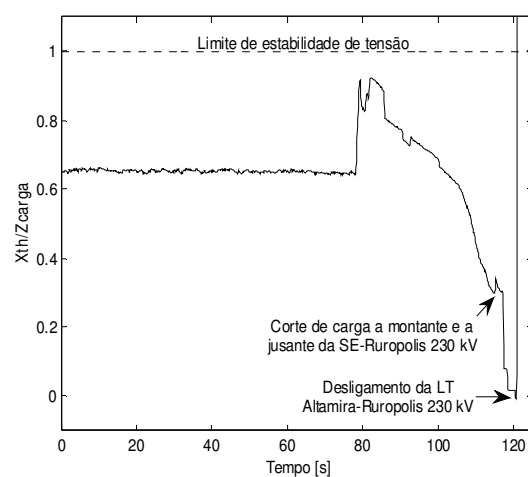
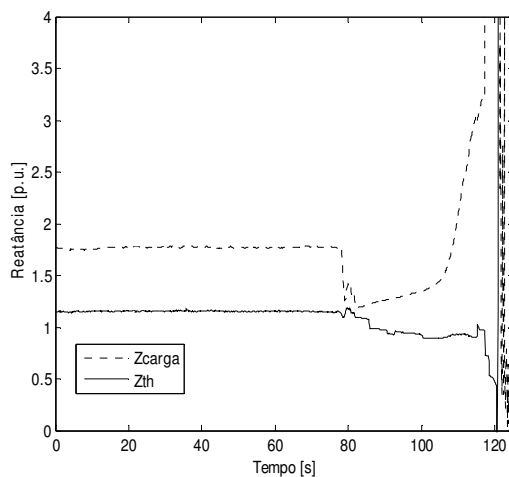
A Figura 5(c) mostra as impedâncias do equivalente Thevenin e da carga. Pode-se observar, no instante do afundamento de tensão, que a impedância de Thevenin variou muito pouco, por outro lado a impedância da carga reduziu bruscamente. Esse comportamento resultou numa aproximação muito estreita entre as impedâncias, porém, a intercepção de tais impedâncias por muito pouco não ocorreu, devido a atuação da proteção subtensão das cargas a jusante da SE-Ruropolis 230 kV. A Figura 5(d) mostra o indicador de margem de estabilidade de tensão. Nota-se que no instante do afundamento, a margem foi significativamente reduzida, e o limite de estabilidade de tensão quase foi alcançado. Após o corte de carga, pode-se observar na Figura 5(c) que a distância relativa entre as duas impedâncias aumentou permanentemente até o instante do desligamento da LT Altamira-Ruropolis 230 kV, e por conseguinte, a margem de estabilidade de tensão também aumentou continuamente, como mostrado na Figura 5 (d).



(a)



(b)



(c) (d)
 FIGURA 5 – (a) Módulo da tensão na SE-Ruropolis 230 kV (b) Curva PV obtida com os dados reais de sincrofasores (c) Impedâncias do equivalente Thevenin e da carga (d) indicador de instabilidade de tensão.

Logo após o corte de carga, a impedância de Thevenin “vista” da SE-Ruropolis 230 kV reduz um pouco, como pode ser observada na Figura 5(c), devido ao aumento das impedâncias das cargas equivalentes das SEs em 230 kV, localizadas a montante da SE-Ruropolis, proveniente da rejeição de parte da carga da área Tramo Oeste. Cabe frisar, que no dia 21/08/2013, o reator manobrável da SE-Altamira 230 kV estava desligado, de acordo com [6]. Após a recuperação lenta da tensão e o aparecimento de sobretensões dinâmicas, ocorreu à interrupção de parte das cargas da área Tramo Oeste pela atuação das proteções de sobretensão temporizadas. Com a rejeição de parte das cargas ocorreu um aumento brusco da impedância equivalente das cargas a jusante da SE-Ruropolis e uma redução significativa da impedância do equivalente Thevenin a montante da SE-Ruropolis, como pode ser observada na Figura 5 (c). Por conseguinte, a margem de estabilidade de tensão aumentou significativamente, como mostrada na Figura 5 (d). Em seguida, ocorreu o desligamento da LT Altamira-Ruropolis 230 kV pela atuação de sua proteção de sobretensão temporizada.

O corte elevado de cargas resultante do afundamento de tensão provocou uma elevação progressiva e descontrolada da tensão. Embora a forma mais comum de instabilidade de tensão seja a queda progressiva das tensões nas barras, o risco de instabilidade de sobretensão também existe. Nesse caso, a instabilidade está associada com a capacidade de combinar a geração e o sistema de transmissão para operar abaixo de um determinado nível de carga [12]. Sabe-se que o ponto de máximo corte de carga está relacionado com a identificação da instabilidade de sobretensão, de acordo com [13]. Porém, é necessário estabelecer a relação de X_{th}/Z_{th} com o ponto de máximo corte de carga. Vale destacar que o algoritmo Corsi-Taranto nunca foi testado para identificação da instabilidade de sobretensão, mesmo em estudos de simulação.

4.0 - CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nesse trabalho mostraram que o algoritmo Corsi-Taranto apresentou bom desempenho na identificação de dois incidentes de instabilidade de tensão ocorridos no mês de agosto de 2013 na área Tramo Oeste, a partir de dados de sincrofasores (tensão e corrente) obtidos de medições de campo na SE-Ruropolis 230 kV. O indicador de margem de estabilidade de tensão baseado na relação de impedâncias mostrou-se bastante sensível, pois as impedâncias aproximaram-se estreitamente entre si durante os afundamentos de tensão. Entretanto, a proteção de subtensão convencional atuou antes de um suposto cruzamento entre as impedâncias, o que remete a necessidade de desenvolvimento de indicadores (com base em termos derivativos, índices de sensibilidade, expoentes de Lyapunov, etc) para detecção antecipada da instabilidade de tensão. Cabe ressaltar também que a instabilidade de tensão por sobretensão não é um problema de proximidade do máximo carregamento do sistema. Por conseguinte, o método Corsi-Taranto deve ser complementado pela utilização de outros índices ou outras medições.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] K. Vu, M. M. Begovic, D. Novosel and M. M. Saha, “Use of Local Measurements to Estimate Voltage-Stability Margin”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 14, No. 3, pp. 1029-1035, August 1999.
- [2] B. Milosevic and M. Begovic, “Voltage-Stability Protection and Control Using a Wide-Area Network of Phasor Measurements”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 18, No. 1, pp. 121-127, February 2003.
- [3] G. Verbic and F. Gubina, “A New Concept of Voltage-Collapse Protection Based on Local Phasors”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, No. 2, pp. 576-581, April 2004.
- [4] S. Corsi & G. N. Taranto, “A Real-Time Voltage Instability Identification Algorithm Based on Local Phasor Measurements,” IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 23, No. 3, pp. 1271-1279, August 2008.
- [5] Bernardes, B. C.; Vieira, J.P.A.; Bezerra, U.H.; Taranto, G.N.; Falcão, D.M.; Assis, T.M.L.; Beck, J.A.P.M. – Avaliação da Margem de Estabilidade de Tensão no Sistema Tramoeste da Eletrobrás Eletronorte Frente a Grandes Impactos no SIN Usando Dados Reais de Sincrofasores de Tensão e Corrente. XXII SNTPEE. Brasília-DF. Outubro/2013.
- [6] ONS, Relatório de Análise de Perturbações, RE-3/0129/2013.
- [7] S. Corsi & G. N. Taranto, “Reliability analysis of voltage instability risk indicator based on a novel real-time identification algorithm”, European Transactions on Electrical Power, v. 21, p. 1610-1628, 2011.
- [8] S. Corsi & G. N. Taranto, “Voltage instability alarm by real-time predictive indicators”, IEEE PES General Meeting, 2012, San Diego, USA.

[9] S. Corsi, G. N. Taranto & C. Oyarce, "Further Investigations on a Phasor Measurement-Based Algorithm Utilized for Voltage Instability Awareness", Bulk Power System Dynamics and Control IX, IREP symposium, 2013, Rethymnon.

[10] OpenPDC, Grid Protection Alliance Inc., disponível gratuitamente em <http://openpdc.codeplex.com/>.

[11] Eletrobrás Eletronorte, "Centro de Medição Fasorial Síncrona da Eletronorte - Manual do Usuário", disponível em <http://abil.eln.gov.br/sgestord/pdc/>

[12] IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions, "Definition and Classification of Power System Stability", Vol.19, No 2, pp. 1387-1401, 2004.

[13] T. Van Cutsem and R. Mailhot, "Validation of a fast voltage stability analysis method on the Hydro-Quebec System," IEEE Trans. Power Systems, vol. 12, pp. 282–292, Feb. 1997.

6.0 – AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar sua profunda gratidão a Eletrobrás Eletronorte, por ceder gentilmente os dados de medições de sincrofasores.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Bernard Carvalho Bernardes possui graduação e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará em 2011 e 2013, respectivamente. Atualmente é doutorando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará. Seus interesses em pesquisa estão focados na aplicação de sincrofasores na monitoração da estabilidade de tensão.

Ubiratan Holanda Bezerra possui graduação em Engenharia Elétrica Opção Eletrônica pela Universidade Federal do Pará (1976), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá (1980) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1988). Atualmente é professor titular da Universidade Federal do Pará. Seus interesses em pesquisa estão focados em avaliação da segurança estática e dinâmica de sistemas elétricos, geração distribuída, e qualidade da energia elétrica.

João Paulo Abreu Vieira possui graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará em 2004, 2006 e 2009, respectivamente. Atualmente exerce a função de professor adjunto da Universidade Federal do Pará. Seus interesses em pesquisa estão focados em modelagem, simulação, estabilidade, controle e segurança de sistemas elétricos de potência; integração da geração distribuída em sistemas de energia elétrica. É membro do IEEE PES.

Daniel Augusto Martins possui graduação em Engenharia Elétrica Opção Eletrônica pela Universidade Federal do Pará (1972), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina em 1975. Foi professor da UFSC e da UFPA e trabalhou na Eletronorte por 32 anos. Tem interesse em desenvolvimento de software para centros de operação de energia elétrica, medição fasorial síncrona e é entusiasta em desenvolvimento de aplicações industriais WEB.

Glauco Nery Taranto possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1988), mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1991), doutorado em Engenharia Elétrica pelo Rensselaer Polytechnic Institute, EUA (1994) e pós-doutorado pelo Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano, Milão (2006). Professor Titular do Programa de Engenharia Elétrica da COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Carlos Rezende de Almeida possui graduação em Engenharia Elétrica Opção Eletrônica pela Universidade Federal do Pará (1983). Atualmente exerce a função de Engenheiro de Automação e Controle da Eletrobras Eletronorte, desde 1984.