

Aplicação do Software ATPDraw para Análise Eletromagnética em Manobras de Equipamentos em Sistemas de Subtransmissão de Energia Elétrica

Mauro dos Santos Ortiz*. Diego Dorneles Goulart*. Émerson Rafael da Silva*.
Robson Porsch Delavechia*. Daniel Pinheiro Bernardon*. Mauricio Sperandio*.

*Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência / Universidade Federal de Santa Maria,
Santa Maria, Brasil (e-mail: diego.goulart1976@gmail.com).

Abstract: This paper describes the practical cases of a power utility regarding the application of studies with the simulation of maneuvers in subtransmission lines (LTs) using different maneuvering equipment. The performed analyses comprehends the case of radial loads fed by LTs of different substations, but that can be operated in circuits with two different power sources, since some shutdowns programmed in LTs involve many consumers, what affects the technical-operational performance of the company. Thus, through the ATPDraw software (Alternative Transient Program), maneuvers involving disconnecting switches (manual and motorized), circuit breakers and circuit switchers of 69 kV will be modeled, with the objective of analyzing the electromagnetic transients and the continuity levels of energy, avoiding interruptions with consumers who are more strict about the quality of electricity supply. With this, it is intended to present in the ATPDraw software, through the use of different switching equipment in electrical power systems, the gains in terms of technical-operational performance that some of these equipment present to an electric utility.

Resumo: Este trabalho faz uma descrição de casos práticos de uma concessionária de distribuição de energia elétrica referente à aplicação de estudos com a simulação de manobras em linhas de subtransmissão (LTs) utilizando diferentes equipamentos de manobra. Analisa-se o caso de cargas radiais que são alimentadas por LTs de diferentes subestações, mas que podem ser operadas em circuitos com duas diferentes fontes de alimentação, visto que alguns desligamentos programados em LTs envolvem muitos consumidores, o que repercute no desempenho técnico-operacional da empresa. Assim, por meio do software ATPDraw (*Alternative Transient Program*) serão modeladas manobras que envolvem chaves seccionadoras (manuais e motorizadas), disjuntores e *circuit switchers* de 69 kV, com o objetivo de analisar os transitórios eletromagnéticos e os níveis de continuidade de energia evitando-se interrupções junto aos consumidores, que estão mais rigorosos quanto à qualidade do fornecimento de energia elétrica. Com isso, pretende-se apresentar no software *ATPDraw*, através da utilização de diferentes equipamentos de manobra em sistemas elétricos de potência, os ganhos em termos de desempenho técnico-operacional que alguns desses equipamentos apresentam para uma empresa distribuidora de energia elétrica.

Keywords: ATPDraw; Modeling and electromagnetic analysis; Switching equipment; Subtransmission lines; Circuit switcher.

Palavras-chaves: ATPDraw; Modelagem e análise eletromagnética; Equipamentos de comutação; Linhas de subtransmissão; *Circuit switcher*.

1. INTRODUÇÃO

As distribuidoras de energia elétrica, que desempenham suas atividades através de concessão de direito para prestação de serviço público, procuram em seus estudos de planejamento e nas práticas de operação do sistema elétrico otimizar os recursos disponíveis a fim de obter os melhores resultados para a qualidade do serviço oferecido aos consumidores. Para isso, associam-nos ao melhor custo-benefício, visando atender todas as exigências do órgão regulador, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (ANEEL, s.d.), cumprindo as suas resoluções normativas (ANEEL, 2010) e os procedimentos de distribuição de energia (PRODIST) definidos para o setor elétrico brasileiro (ANEEL, 2008).

Em situações de contingência, o processo de restauração da energia elétrica consiste em identificar e isolar a falha, restaurando rapidamente a fonte de alimentação em áreas não

afetadas, de acordo com a reconfiguração da rede através da abertura ou fechamento de equipamentos de manobra. Após a correção do defeito, novas manobras são executadas para retornar ao estado normal das redes. Uma solução cada vez mais usada pelos fornecedores de energia elétrica para obter um tempo adequado de restauração de energia é o uso de sistemas de automação em redes de distribuição (Ortiz et al., 2019).

Neste trabalho, o objetivo consiste em analisar os transitórios eletromagnéticos e os níveis de continuidade de energia evitando interrupções junto aos clientes com a aplicação prática em manobras de linhas de subtransmissão de energia elétrica, que atendem cargas dispostas radialmente de uma distribuidora de energia. Cabe destacar que estas cargas podem ser operadas em circuitos alternativos considerando duas diferentes fontes de alimentação. No desenvolvimento deste estudo, utilizaram-se no ponto de interligação os

seguintes equipamentos de manobra: a) chaves seccionadoras manuais; b) chaves seccionadoras motorizadas de 69 kV; c) disjuntores de 69 kV; e d) *circuit switchers* de 69 kV.

Para a realização das análises deste artigo, utilizou-se o *software* ATPDraw (*Alternative Transient Program*). O ATPDraw é uma versão mais sofisticada do *software* ATP e permite a modelagem adequada de circuitos elétricos através de elementos lineares e não lineares, para a simulação de transitórios eletromagnéticos em redes polifásicas, possibilitando a análise de diversas grandezas elétricas (Ortiz et al., 2018).

Com o uso deste *software*, será apresentada uma análise eletromagnética em decorrência da simulação de manobras nos equipamentos para alternância da fonte de alimentação das cargas da distribuidora de energia elétrica Rio Grande Energia (RGE), que pertence ao Grupo CPFL, representadas pela Subestação Harmonia (SE HAR) e pela Subestação Uruguaiana 2 (SE URU2). Estas cargas são alimentadas pelo sistema de subtransmissão de 69 kV representado pela Subestação Alegrete 1 (SE ALE1) da Companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil (ELETROSUL) e pela Subestação Uruguaiana 5 (SE URU5) da Companhia Estadual de Energia Elétrica Geração e Transmissão (CEEE-GT).

2. MODELAGEM DO PROBLEMA

O estudo/problema a ser resolvido se dará através da modelagem e simulação de sistemas elétricos de potência, usando-se o *software* ATPDraw para a análise eletromagnética de um sistema de subtransmissão de 69 kV.

Na Fig. 1 é apresentada a configuração do sistema de subtransmissão em estudo. Suas fontes de alimentação são representadas pelas subestações SE ALE1 (ELETROSUL) e SE URU5 (CEEE-GT). Para a alternância destas fontes, conforme as necessidades operativas do sistema, tem-se a realização de manobras em equipamentos de interligação de linhas de subtransmissão para alimentação das cargas das subestações SE HAR (69 kV/23 kV – 17 MVA) e SE URU2 (69 kV/23 kV – 25 MVA).

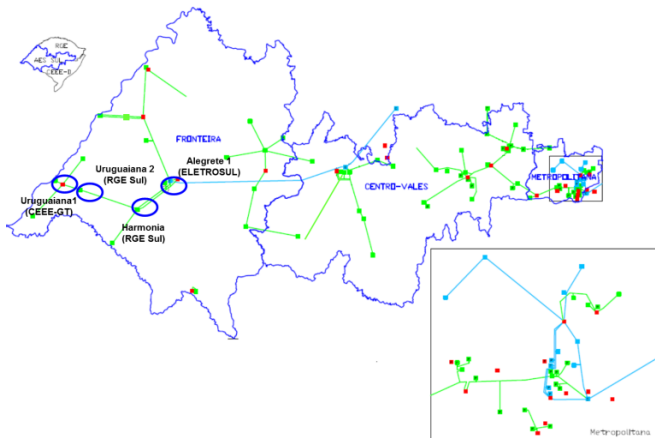


Fig. 1 Mapa geoeletrico do sistema de subtransmissao em estudo.

Assim, através de simulações com o programa ATPDraw, busca-se apresentar resultados dos efeitos das manobras em linhas de subtransmissão, onde são envolvidos equipamentos como chaves seccionadoras (manuais e motorizadas), disjuntores e *circuit switchers* de 69 kV.

A Fig. 2 apresenta a modelagem do referido sistema de subtransmissão de 69 kV no ATPDraw. Nele pode-se verificar a representação das duas fontes, ou seja, as subestações SE ALE1 (ELETROSUL) e SE URU5 (CEEE-GT), e as duas cargas, que são as subestações SE HAR (RGE) e a SE URU2 (RGE). Estas subestações são interligadas entre si por três linhas de subtransmissão denominadas: LT1, que conecta a SE ALE1 a SE HAR; LT2, que liga a SE HAR a SE URU2; e LT3, que liga a SE URU5 a SE URU2. Todas as linhas de subtransmissão são de 69 kV. As chaves de interligação CH-1, CH-2, CH-4, CH-5 e CH-6 são do tipo normalmente fechada (NF) e CH-3 é do tipo normalmente aberta (NA).

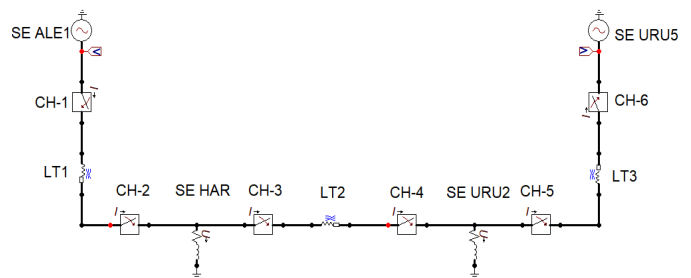


Fig. 2 Modelagem do sistema de subtransmissao de 69 kV no software ATPDraw.

Na Tabela 1 estão listadas as informações sobre os dados técnicos referentes ao carregamento médio das subestações da RGE (RGE, s.d.).

Tabela 1. Carregamento médio das subestações da RGE

Subestação	P (MW)	Q (MVar)
SE HAR (69 kV/23 kV – 17 MVA)	14	2
SE URU2 (69 kV/23 kV – 25 MVA)	21	3

Na Tabela 2 pode-se observar as características elétricas do cabo condutor Lark – 397,5CAA utilizado (RGE, s.d.).

Tabela 2. Dados técnicos do cabo condutor Lark

Condutor	R ₁ (Ω/km)	X ₁ (Ω/km)	R ₀ (Ω/km)	X ₀ (Ω/km)
3#397,5CAA	0,1902	0,3871	0,3679	1,8503

Na Tabela 3 estão listados os comprimentos e parâmetros elétricos das linhas de subtransmissão LT1, LT2 e LT3 para a simulação.

Tabela 3. Parâmetros elétricos das linhas de subtransmissão

LT	R_1 (Ω)	X_1 (Ω)	R_0 (Ω)	X_0 (Ω)
LT1 (50 km)	9,5090	19,3570	18,3970	92,5200
LT2 (60 km)	11,4100	23,2280	22,0760	111,000
LT2 (40 km)	7,6070	15,4850	14,7170	74,010

Assim, após a definição do problema e apresentação do sistema de subtransmissão de 69 kV, realizou-se a simulação das manobras no *software* ATPDraw, sendo que os resultados obtidos são analisados a seguir.

3. ESTUDOS DE CASO

Os estudos de caso realizados neste trabalho consistem na análise dos transitórios eletromagnéticos, que podem ocorrer no sistema de subtransmissão de 69kV devido a execução das manobras nos equipamentos das linhas de subtransmissão. Desta forma, pretende-se verificar se ocorrem ou não transitórios eletromagnéticos significativos durante as manobras de comutação no sistema analisado.

Além da análise dos transitórios eletromagnéticos, outro foco deste estudo consiste na observação dos níveis de continuidade de energia, visando evitar interrupções junto aos clientes. Para isso, busca-se enfatizar o tempo necessário para a realização de cada manobra, avaliando-se quatro diferentes tipos de equipamentos utilizados em sistemas de subtransmissão de 69 kV, sendo eles: a) chaves seccionadoras manuais; b) chaves seccionadoras motorizadas; c) disjuntores; e d) *circuit switchers*.

Para análise simplificada dos níveis de continuidade de energia serão considerados os indicadores de continuidade individuais, isto é, a Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (DIC), a Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (FIC) e a Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora (DMIC); e os indicadores de continuidade de fornecimento do conjunto de unidades consumidoras, ou seja, a Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), conforme regulamenta o Módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2008).

Desta forma, o nível de continuidade de fornecimento será representado pelo registro ou não de indicadores do nível de continuidade (DEC e FEC) para o conjunto em estudo, ressaltando-se que no Brasil os indicadores de continuidade são apurados para as interrupções maiores que 3 minutos, sendo admitidos alguns expurgos na sua apuração (ANEEL, 2008).

O sistema de subtransmissão de 69 kV em estudo modelado no ATPDraw é apresentado na Fig. 2. Conforme pode-se verificar, inicialmente a carga representada pela subestação SE HAR (RGE) é alimentada pela fonte de tensão SE ALE1 (ELETROSUL), enquanto a carga SE URU2 (RGE) é

alimentada pela fonte SE URU 5 (CEEE-GT). Para cada um dos diferentes equipamentos considerados (chaves seccionadoras manuais, chaves seccionadoras motorizadas, disjuntores e *circuit switchers*) foi realizada a simulação da seguinte manobra: transferir a carga SE HAR da subestação SE AL1 para SE URU5 por meio do fechamento de CH-3 (NA) e abertura de CH-2 (NF). Destaca-se que foram considerados tempos médios históricos para a realização destas manobras, obtidos nos Relatórios Diários de Operação da concessionária entre 2008 e 2012 (AES Sul / RGE, s.d.).

A norma IEEE *Standard* 1159 (2009) apresenta os fenômenos eletromagnéticos em sistemas de energia, abrangendo desde as definições, causas e consequências para as fontes e cargas, até técnicas de medição, monitoramento, e interpretação de resultados. Esta norma classifica os transitórios como impulsivos ou oscilatórios. Os transitórios oscilatórios, que ocorrem na maioria das vezes devido a algum tipo de evento de comutação, possuem uma duração típica de 0,3 a 50 milissegundos para frequências abaixo de 5 kHz (IEEE STD 1159TM, 2009).

Caso 1: Análise das manobras no sistema considerando chaves seccionadoras de 69 kV manuais

Para este primeiro caso, consideram-se as chaves de interligação do sistema de subtransmissão como sendo chaves seccionadoras manuais de 69 kV. Nesta modelagem envolvendo as manobras nas chaves seccionadoras CH-2 (NF) e CH-3 (NA), tem-se a fonte SE ALE1 alimentando a carga SE HAR do tempo 0 minuto ao tempo 1 minuto. A partir do tempo 1 minuto será realizada a manobra de comutação, que consiste na abertura de CH-2 (em $t = 1$ minuto) e no fechamento de CH-3 (em $t = 5$ minutos).

Desta forma, a partir do tempo 5 minutos as cargas SE HAR e SE URU2 são alimentadas pela fonte SE URU5. Ou seja, os clientes da subestação SE HAR ficaram 4 minutos sem energia elétrica, ocasionando a contabilização de indicadores técnicos DEC/FEC, gerando transtornos também na imagem da empresa (com os chamados “piques de energia”).

Assim, estipula-se um recorte temporal para representar o momento da execução das manobras, e verifica-se o carregamento nas fontes de tensão SE ALE1 e SE URU 5, conforme a Fig. 3.

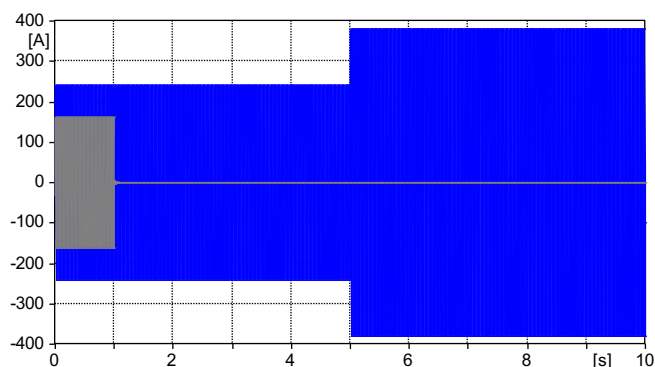


Fig. 3 Corrente nas fontes de tensão SE ALE1 (em cinza) e SE URU5 (em azul).

A Fig. 4 apresenta o detalhe do transitório eletromagnético de tensão para os consumidores da subestação SE HAR.

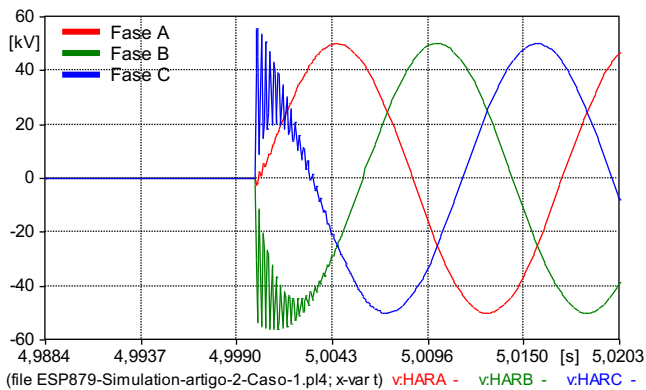


Fig. 4 Detalhe do transitório eletromagnético na SE HAR.

No detalhe do transitório eletromagnético de tensão (simulado em $t = 5$ segundos), observa-se um transitório eletromagnético oscilatório para a manobra com seccionadoras manuais de 69 kV, decorrente do evento de comutação de carga e com uma duração típica.

Caso 2: Análise das manobras no sistema considerando chaves seccionadoras de 69 kV motorizadas

Para este caso, consideraram-se as chaves de interligação do sistema de subtransmissão como sendo chaves seccionadoras motorizadas de 69 kV. Nesta modelagem, temos a fonte SE ALE1 alimentando a carga SE HAR no tempo de 0 a 1 minuto. A partir do tempo 1 minuto ocorre a execução das manobras (abertura de CH-2 em $t = 1$ minuto, e fechamento de CH-3 em $t = 3$ minutos).

Ao final da manobra, as cargas SE HAR e SE URU2 estão conectadas à fonte SE URU5, ou seja, os clientes da SE HAR ficaram 2 minutos sem o abastecimento de energia elétrica, não ocasionando a contabilização de indicadores técnicos DEC/FEC, mas podendo gerar transtornos em termos de imagem para a empresa. A Fig. 5 apresenta um recorte temporal para representar o momento da execução das manobras e verificar o carregamento nas fontes do sistema.

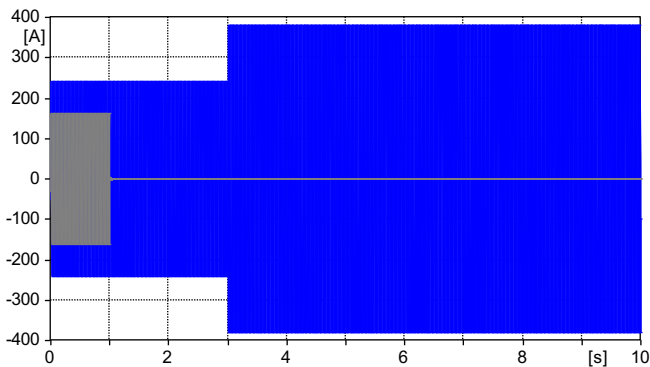


Fig. 3 Corrente nas fontes de tensão SE ALE1 (em cinza) e SE URU5 (em azul).

A Fig. 6 apresenta o detalhe do transitório eletromagnético de tensão para os consumidores da subestação SE HAR.

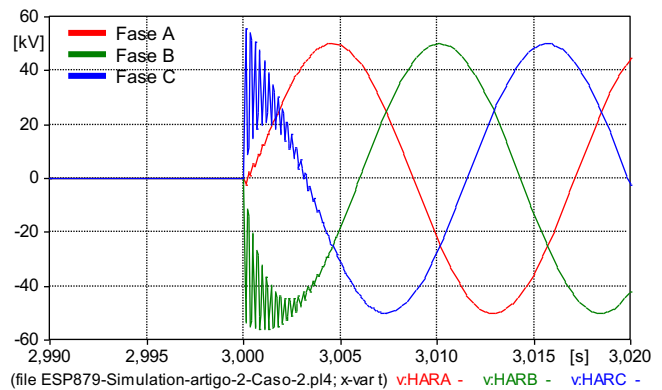


Fig. 6 Detalhe do transitório eletromagnético na SE HAR.

No detalhe do transitório eletromagnético de tensão (simulado em $t = 3$ segundos), observa-se para as manobras com seccionadoras de 69 kV motorizadas um transitório eletromagnético oscilatório, decorrente do evento de comutação e com uma duração típica.

Caso 3: Análise das manobras no sistema considerando disjuntores de 69 kV

Nesta modelagem, as manobras foram realizadas considerando as chaves de interligação como sendo disjuntores. Novamente, do tempo 0 a 1 minuto, a carga SE HAR é alimentada pela fonte SE ALE1. Em $t = 1$ minuto, realiza-se a abertura de CH-2 e fechamento de CH-3. Assim, observa-se que a carga da SE HAR ficou em anel no tempo 1 minuto, ou seja, os clientes da SE HAR permaneceram ligados. Esta situação envolvendo disjuntores de 69 kV não ocasionaria a contabilização de indicadores técnicos DEC/FEC e evitaria transtornos em termos de imagem para a empresa.

Assim, estipula-se um recorte temporal em detalhe para representar o momento da execução das manobras, e verifica-se o carregamento nas fontes de tensão SE ALE1 e SE URU5, conforme a Fig. 7.

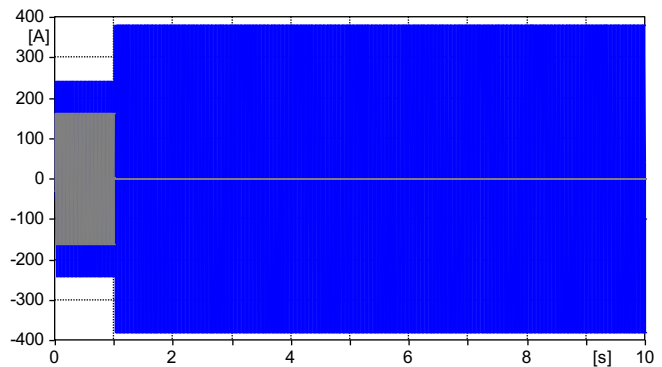


Fig. 7 Corrente nas fontes de tensão SE ALE1 (em cinza) e SE URU5 (em azul).

A Fig. 8 apresenta o detalhe do transitório eletromagnético de tensão para os consumidores da subestação SE HAR.

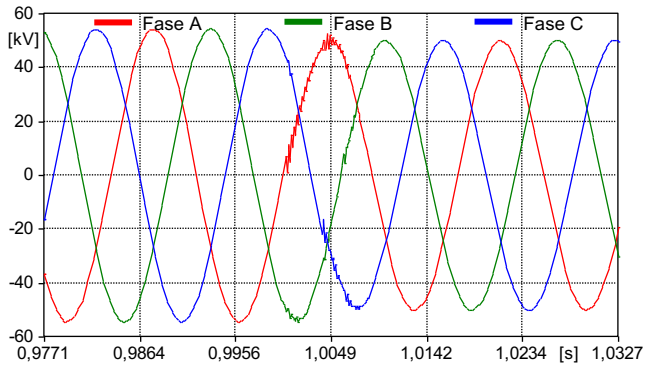


Fig. 8 Detalhe do transitório eletromagnético na SE HAR.

No detalhe do transitório eletromagnético de tensão (simulado em $t = 1$ segundo), observa-se para as manobras com disjuntores de 69 kV um transitório eletromagnético oscilatório não significativo, mas decorrente do evento de comutação.

Caso 4: Análise das manobras no sistema considerando circuit switchers de 69 kV

Nesta modelagem, os equipamentos de interligação considerados no sistema de subtransmissão em estudo são *circuit switchers* de 69 kV (ver Fig. 9), com solução completa e dimensões reduzidas, de instalação simples, personalizáveis para aplicações em sistema de 69 kV a 230 kV.



Fig. 9 *Circuit switcher* de 69 kV.

O projeto simplificado, a montagem e os testes completos na fábrica indicam que o *circuit switcher* Série 2000 é confiável para funcionar corretamente em período contínuo (dia após dia). As abrangentes recomendações de inspeção pelo fabricante, ajustadas para as típicas programações de inspeção de transformadores, garantem seu desempenho contínuo adequado (S&C Electric Company, s.d.).

Nesta modelagem envolvendo as manobras com os *circuit switchers*, temos a abertura CH-2 e fechamento de CH-3 no tempo $t = 1$ minuto. Desta forma, a carga SE HAR que inicialmente estava conectada a fonte SE ALE1 passa a ser

alimentada por SE URU5. Assim, observa-se que a carga da SE HAR ficou em anel no tempo 1 minuto, ou seja, os clientes da SE HAR não ficaram sem o abastecimento de energia elétrica.

Para o caso 4, verifica-se por meio da simulação que esta manobra considerando o *circuit switcher* de 69 kV não ocasionaria a contabilização de indicadores técnicos DEC/FEC e evitaria transtornos em termos de imagem para a empresa.

Assim, estipula-se um recorte temporal em detalhe para representar o momento da execução das manobras, e verifica-se o carregamento nas fontes de tensão SE ALE1 e SE URU5, conforme a Fig. 10.

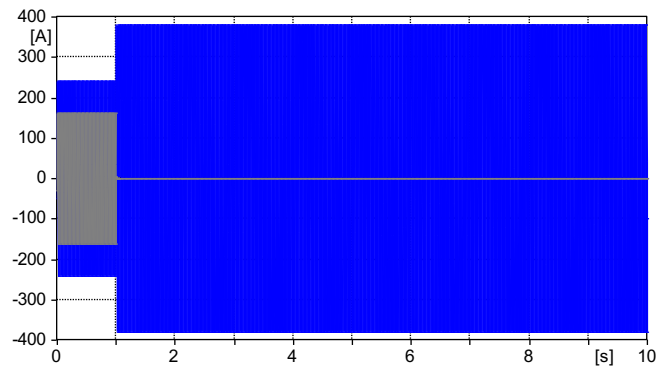


Fig. 10 Corrente nas fontes de tensão SE ALE1 (em cinza) e SE URU5 (em azul).

A Fig. 11 apresenta o detalhe do transitório eletromagnético de tensão para os consumidores da subestação SE HAR.

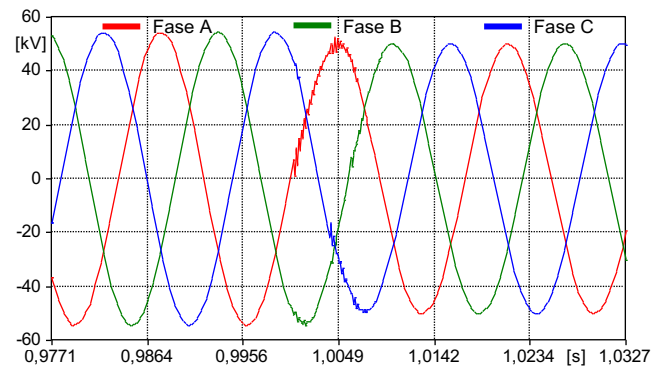


Fig. 11 Detalhe do transitório eletromagnético na SE HAR.

No detalhe do transitório eletromagnético de tensão (simulado em $t = 1$ segundo), observa-se um transitório eletromagnético oscilatório não significativo para as manobras com *circuit switcher* de 69 kV decorrente do evento de comutação.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para os quatro casos apresentados verificam-se diferentes respostas técnico-operacionais em função das características técnicas dos equipamentos utilizados e também em função das características operativas (tempos médios históricos de

interação entre centros de operação das fontes, o centro de operação da carga e o operador da subestação, quando não houver plataforma de telecomando) consideradas, usualmente, pela concessionária (conforme seus documentos técnicos) e que foram usados como referência nas simulações deste estudo (RGE, s.d.).

As melhores soluções encontradas são de resposta semelhante no caso 3 (disjuntores de 69 kV) e caso 4 (*circuit switchers* de 69 kV). Para estes casos, a empresa estaria livre de penalizações por problemas com indicadores de continuidade, evitando transtornos em termos de imagem, além de os transitórios eletromagnéticos não terem sido significativos.

Uma solução intermediária apresenta-se no caso 2 (seccionadoras de 69 kV motorizadas). Para este caso, a empresa também estaria livre de penalizações por problemas com indicadores de continuidade, porém, estaria afetada pelos transtornos em termos de imagem, uma vez que o tempo sem energia elétrica seria de 2 minutos. Foi observado transitório eletromagnético oscilatório decorrente deste evento de comutação e com uma duração típica, sem causar problemas técnicos que inviabilizassem a manobra.

Uma solução menos atrativa apresenta-se no caso 1 (seccionadoras manuais de 69 kV). Para este caso, a empresa estaria sujeita a penalizações por problemas com indicadores de continuidade, e estaria afetada pelos transtornos em termos de imagem, uma vez que o tempo sem energia elétrica seria de 4 minutos. Neste evento de comutação, foi observado transitório eletromagnético oscilatório com duração típica, e que também não causaria transtornos técnicos indesejáveis.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a avaliação, por meio da modelagem no ATPDraw, de um determinado sistema de subtransmissão de 69 kV e com o desenvolvimento de quatro estudos de caso envolvendo manobras para transferência de carga entre diferentes subestações fonte, tem-se como melhor estratégia, em termos técnicos e operacionais, a utilização de disjuntores de 69 kV ou a utilização de *circuit switchers* de 69 kV. Estes equipamentos de manobra apresentaram na análise dos casos estudados o melhor resultado técnico-operacional em termos de transitórios eletromagnéticos oscilatórios (com não significância no momento da comutação) e de fornecimento de energia elétrica para os clientes da concessionária (não ocasionando a contabilização de indicadores técnicos DEC/FEC e evitando transtornos em termos de imagem para a empresa).

Cabe salientar que, como um aspecto positivo adicional a ser considerado pela utilização de disjuntores ou de *circuit switchers* em pontos de interligação de um sistema de subtransmissão de 69 kV, tem-se a possibilidade de integrar uma plataforma de telecomando, monitorando e operando o sistema remotamente, a partir de um centro de operação do sistema.

Considerando o objetivo principal deste trabalho, que consistiu elaborar uma modelagem no *software* ATPDraw para simulação de análise eletromagnética das manobras

realizadas e observação dos níveis de continuidade de energia de um sistema de subtransmissão, cabe ressaltar a importância da questão econômica para a definição e a realização de investimentos em obras visando a instalação desses equipamentos de manobra em pontos de comutação, de modo a confirmar e integrar a melhor estratégia técnico-operacional com a melhor estratégia econômica para a concessionária de energia elétrica.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PROEX) – Código de Financiamento 001; do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Programa DAI; e da concessionária de energia elétrica RGE por meio do projeto de P&D intitulado “*Solução Inovadora para Gerenciamento Ativo de Sistemas de distribuição*” (P&D/ANEEL 2015-2019).

REFERÊNCIAS

- AES Sul / Rio Grande Energia – RGE (AES Sul / RGE), (s.d.). *Relatórios Diários de Operação*. Relatórios técnicos.
- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. (s.d.). *Home Page*. [Online]. Disponível em: <www.aneel.gov.br>. [Acesso em: 19-dez-2019].
- ANEEL. (2008). *Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional – PRODIST*. Resolução normativa.
- ANEEL. (2010). *Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010*. Resolução normativa.
- IEEE STD 1159™ IEEE. (2009). *Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*. Relatório técnico.
- Ortiz, M. S., Eisenkraemer, P. H., Bernardon, D. P., da Silva, É. R., Pfitscher, L. L. and Wolter, M. (2019). *Electromagnetic Analysis of Load Transfers in Smart Grids*. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America), Gramado, Brazil, pp. 1-6.
- Ortiz, M. S., Bernardon, D. P., Wolter, M., da Silva, É. R., Pfitscher, L. L. and Hokama, W. S. (2018). *Analysis of the Technical Feasibility of Network Parallelism for Load Transfers in Contingency Situations*. IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exhibition - Latin America (T&D-LA), Lima, Peru, pp. 1-5.
- Rio Grande Energia – RGE. (s.d.). *Normas Técnicas*. [Online]. Disponível em: <https://www.rge-rs.com.br/>. [Acesso: 4-jan-2020].
- S&C Electric Company. (s.d.). *Circuit Switcher Serie 2000*. [Online]. Disponível em: <https://www.sandc.com/pt/produtos-e-servicos/produtos/circuit-switcher-serie-2000/>. [Acesso em: 5-jan-2020].