



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

BR/GAT/04
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - IV

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

SVC PLUS RIO BRANCO: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO 1º STATCOM EM OPERAÇÃO NO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO - RTDS, ENSAIOS EM CAMPO E SIMULAÇÕES DINÂMICAS

Filipe R. Lopes(*)
Eletrobras Eletronorte

José Guilherme C. Nonato
Eletrobras Eletronorte

Patrícia O.F. Borin
Eletrobras Eletronorte

Ricardo M. Teixeira
Eletrobras Eletronorte

RESUMO

O CE de Rio Branco, equipamento concebido dentro do conceito FACTS (Flexible AC Transmission Systems) recentemente em operação, possui topologia STATCOM, sendo um Conversor Fonte de Tensão ou *Voltage Sourced Converter* (VSC) estado da arte, também chamado de SVC Plus pela Siemens, fabricante do equipamento. Baseado na tecnologia modular multinível para conversores de fonte de tensão (VSC) utilizando IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) ao invés de tiristores, este CE provê ao sistema CA um suporte de potência reativa altamente dinâmico e continuamente ajustável dentro de sua faixa de capacidade.

Este informe técnico visa, primeiramente, apresentar características básicas deste equipamento inédito no Sistema Interligado Nacional. Serão apresentadas análises dos ensaios de Real Time Digital Simulation (RTDS) e dos ensaios dinâmicos em campo durante o comissionamento, avaliando o desempenho deste compensador estático de reativos no sistema elétrico no qual está instalado. De posse dos resultados dos testes realizados, este trabalho procura também avaliar os modelos digitais do CE para simulação em ambiente computacional.

PALAVRAS-CHAVE

Sistemas Elétricos de Potência, Dispositivos FACTS, Compensador Estático de Potência Reativa, STATCOM, Conversor Tipo Fonte de Tensão (VSC).

1.0 - INTRODUÇÃO

O Sistema Elétrico do Acre-Rondônia, por se tratar de um sistema recém interligado, foram previstas uma série de reforços visando atender os requisitos de atendimento à rede básica e, principalmente, aumentar a capacidade de recebimento/fornecimento, visando o atendimento as cargas da região e o aproveitamento hidroenergético do Complexo do Rio Madeira via elo CC. Dentre esses reforços previstos destacam-se segundo circuito 230 kV de Samuel a Vilhena, o segundo circuito entre Porto Velho e Rio Branco, o terceiro circuito entre Porto Velho e Jauru, o Back-to-Back em Porto Velho e os Compensadores Estáticos de Vilhena e Rio Branco.

Segundo os estudos de planejamento elétrico realizados pelo ONS para esta região, o Compensador Estático (CE) de Rio Branco contribuiria significativamente para o adequado controle de tensão nos sistemas em 230 kV e 138 kV no estado do Acre, além de amortecer eventuais oscilações dinâmicas no tronco entre Porto Velho e Rio Branco.

O CE de Rio Branco, equipamento concebido dentro do conceito FACTS (Flexible AC Transmission Systems) recentemente em operação, possui topologia STATCOM, sendo um Conversor Fonte de Tensão ou *Voltage Sourced Converter* (VSC) estado da arte, também chamado de SVC Plus pela Siemens, fabricante do equipamento. Baseado na tecnologia modular multinível para conversores de fonte de tensão (VSC) utilizando IGBTs (Insulated

(*) SCN Quadra 06 Conj. A – sala 1107 - Bloco C – CEP 70716-901 Brasília, DF – Brasil
Tel: (+55 61) 3429 - 5157 – Fax: (+55 61) 3429 - 6222 – Email: filipe.lopes@eletronorte.gov.br

Gate Bipolar Transistor) ao invés de tiristores, este CE provê ao sistema CA um suporte de potência reativa altamente dinâmico e continuamente ajustável dentro de sua faixa de capacidade.

Através de um conversor CC/CA, este compensador sintetiza uma forma de onda de tensão bem próxima à senoidal da rede CA. Uma tensão de saída com esta forma de onda é vantajosa por dois aspectos:

- O CE de Rio Branco injeta na rede CA um conteúdo harmônico extremamente baixo, não havendo necessidade de filtragem harmônica.
- Os conversores do CE de Rio Branco, por serem baseados em topologia modular multinível com IGBTs – chaves semicondutoras autocomutadas de alta potência – permitem a operação numa frequência de chaveamento moderada em relação aos SVCs convencionais, resultando em baixas perdas de potência e, conseqüentemente, em baixo custo operacional.

Compensadores Estáticos convencionais, baseados em elementos passivos em paralelo são fortemente dependentes do nível da tensão no ponto de conexão. Com a solução proposta no SVC Plus, essa dependência não existe. O CE de Rio Branco pode injetar toda a sua capacidade nominal de corrente em baixos níveis de tensão.

A seguir, serão apresentadas as características básicas deste equipamento, evidenciando a diferença deste compensador com os outros existentes no Sistema Interligado Brasileiro, evidenciando seu estado da arte. Serão abordados os aspectos intrínsecos a este dispositivo, como a tecnologia VSC e a topologia de Conversor Modular Multinível (*Modular Multinivel Converter – MMC*), além dos principais controles associados. Finalmente, o desempenho do CE de Rio Branco será avaliado através da análise gráfica adquirido nas etapas de *Real Time Digital Simulation (RTDS)*, nos ensaios de comissionamento e após perturbações reais quando de sua operação comercial.

2.0 - CONFIGURAÇÕES BÁSICAS

O Compensador Estático de Rio Branco é projetado para prover, em operação contínua, 55 Mvar capacitivo e 20 Mvar indutivo de potência reativa ao sistema.

O arranjo do CE de Rio Branco é apresentado na Figura 1. Este equipamento consiste em um transformador trifásico e um conjunto módulo conversor CC/CA com os correspondentes reatores L_{VSC} em cada fase, cuja conexão com o transformador é em delta. Adicionalmente, um banco de capacitores fixo é conectado em paralelo, cuja função é dar um suporte adicional de reativo permitindo que sejam alcançados os valores de potência desejados. A função do resistor em paralelo com o reator de cada fase é de amortecer os efeitos de ressonância nos elementos passivos deste equipamento.

Verifica-se através da Figura 1 que o CE de Rio Branco possui a topologia da segunda geração de dispositivos FACTS (*Flexible Alternating Current Transmission System*) para equipamentos de compensação reativa, baseado chaves autocomutadas. Sua estratégia de compensação de reativos consiste em sintetizar uma forma de onda de tensão, aplicando ao barramento de conexão energizado. Através de lógicas de sincronismo de fase, a tensão sintetizada pelo conversor é somada fasorialmente com a tensão da rede. Caso a amplitude da tensão da rede seja maior que a da tensão do conversor, o efeito resultante é indutivo e ocorre a de redução da tensão no ponto de acoplamento. Caso a amplitude da tensão da rede seja menor que a tensão aplicada pelo Statcom, o efeito resultante é capacitivo e ocorre o aumento da tensão no ponto de acoplamento. A Figura 2 ilustra a filosofia de compensação do Statcom.

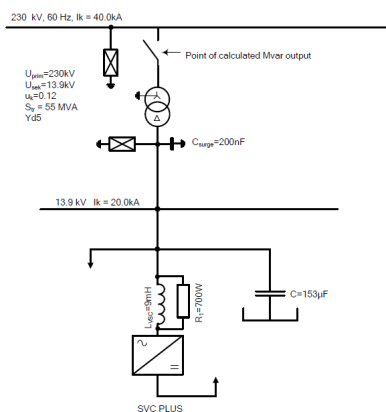


Figura 1 – Diagrama Simplificado do CE de Rio Branco

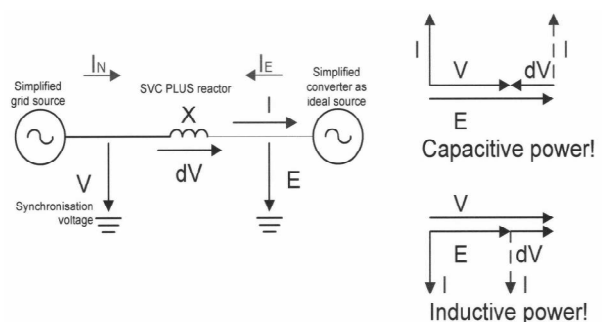


Figura 2 – Filosofia de compensação reativa

2.1 O Conversor Fonte-de-Tensão (VSC) / Conversor Modular Multinível (MMC)

O conversor Fonte-de-Tensão é um dispositivo eletrônico, baseado em chaves autocomutadas em antiparalelo com diodos, em paralelo com uma fonte CC. Através desta fonte CC, o VSC é capaz de gerar uma forma de onda de saída alternada através de estratégias de chaveamento. Contudo, um módulo VSC permite até 3 níveis CA no terminal do conversor, conforme Figura 3, existindo ainda a necessidade de circuitos externos para realizar filtragem das distorções.

A solução adotada para implementar uma saída CA multinível é a associação em cascata de vários VSC em série, formando o Conversor Modular Multinível (MMC). A tensão de saída de cada submódulo pode ser chaveada para zero ou para a tensão armazenada no capacitor. A tensão resultante em cada fase do conversor terá uma forma de onda bem suave, muito próxima a uma senoide. Em razão da tensão de saída ser bem próxima à ideal, não há necessidade de dispositivos externos para realizar filtragem harmônica, reduzindo consideravelmente o volume do equipamento dentro da instalação.

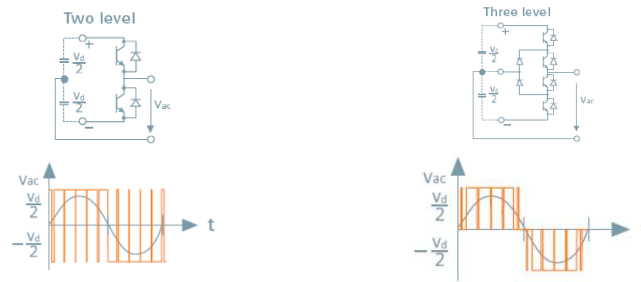


Figura 3 – O conversor VSC e tensões de saída via chaveamento PWM

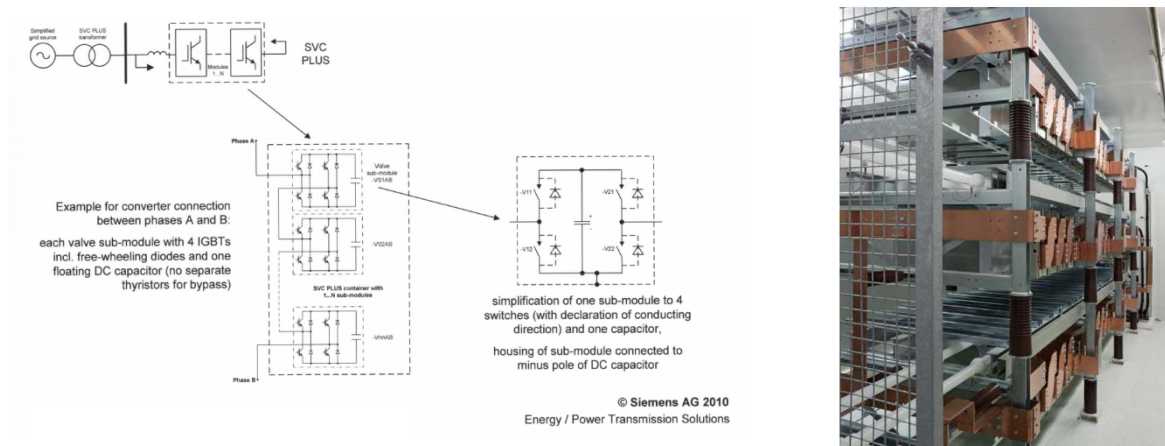


Figura 4 – Configuração do Conversor Modular Multinível compondo o Conjunto CC/CA do Statcom

O SVC Plus instalado em Rio Branco possui em cada fase 22 submódulos conectados em série. Todos os pontos de operação especificados podem ser alcançados com 20 submódulos ativos por fase, podendo haver até dois módulos redundantes. Esses módulos redundantes participam na operação normal do conversor. Em caso de falha de um submódulo, este é bypassado sem interrupção da operação do SVC Plus.

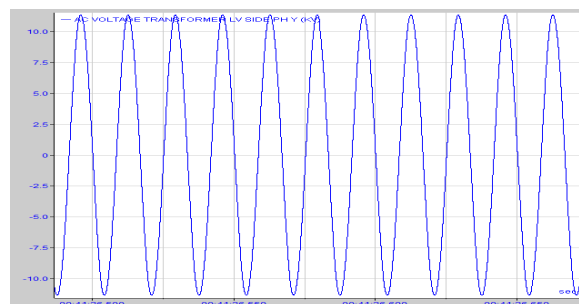


Figura 5 – Tensão de saída do conversor

2.2 Sistema de Controle

O controle do SVC PLUS é dividido em controle de malhas aberta e fechada.

2.2.1 Controle de malha aberta

As principais funções executadas pelo controle de malha aberta são:

- Equipamentos de pátio e Operação da estação do SVC PLUS;
- Sequencia de partida/parada do SVC;
- Funções de intertravamento;
- Operação de monitoramento através da IHM;
- Registro de sequência de eventos;
- Sistema de automonitoramento;
- Comunicação com o sistema de resfriamento;
- Operação direta dos equipamentos de campo através de botoeiras locais (operação de campo).

2.2.2 Controle de malha fechada

O controle de malha fechada é constituído por dois modos principais de controle: Potência Reativa Fixa (*Fixed Reactive Power Mode - FQM*) e Controle por Tensão (*Voltage Control Mode - VCM*).

No modo de Controle por Potência Reativa Fixa, também denominado modo de controle manual, a saída do SVC PLUS é controlada para fixar a saída de potência reativa Q_{SVC} . Desta forma, a saída dos blocos de controle I_{SVC} é controlada por uma ação lenta do integrador para o ponto de ajuste FQ_{ref} , dentro dos limites estabelecidos.

O Modo de Controle por Tensão, conhecido como modo de controle automático, é o modo de operação principal do SVC PLUS. Neste modo, a tensão AT é controlada rapidamente para um valor de referência pré-estabelecido, por meio do uso de um controlador PID, o qual mantém a diferença de tensão a 0 (zero) na operação em regime permanente. A saída do controlador é então utilizada para o cálculo da tensão necessária ao conversor do SVC PLUS baseada nas correntes e tensões secundárias no conversor. Em seguida, o sistema de controle envia sinais contendo os estados para as placas de interface dos submódulos para a geração da tensão de saída do conversor.

Cabe destacar outras funções adicionais do controle de malha fechada executa como:

- Ajuste de ganho automático e controle de estabilidade com o objetivo de garantir um comportamento dinâmico adequado e tempo de resposta constante do SVC PLUS independente do nível de curto-circuito;
- Controle de potência reativa que adequadamente aumenta ou diminui a referência de tensão para manter a potência reativa de saída do SVC PLUS constante no valor inicial, na operação em regime permanente. Esta característica é implementada quer seja para garantir a disponibilidade da faixa dinâmica do SVC PLUS para uma regulação dinâmica rápida ou para manter o SVC em um ponto de operação econômico.

3.0 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DINÂMICO DO COMPENSADOR

Nesta seção serão apresentados alguns resultados de medição durante os testes de RTDS e de comissionamento, bem como durante perturbações sistêmicas, visando avaliar a resposta do CE de Rio Branco e seu desempenho.

3.1 Ensaio em RTDS

Neste item será mostrado o desempenho do SVC de Rio Branco frente a curtos-circuitos, locais e remoto, com duração de 100 ms, com e sem o bloqueio do conversor de corrente pela estratégia de subtensão, assim como a simulação em Anatem para os curtos-circuitos trifásicos. Será apresentado, também, o desempenho do SVC Plus

respondendo a degraus aplicados na sua referência de tensão, com o mínimo nível de curto-circuito (SCL) especificado e com metade deste valor.

3.1.1 Respostas a Curtos-Circuitos com e sem o Bloqueio do Conversor pela Estratégia de Subtensão

As Figuras 7 (a), (b) e (c) mostram, respectivamente, as respostas do CE de Rio Branco a curtos-circuitos trifásico, entre fases e bifásico à terra no barramento de 230 kV da SE Rio Branco. O SCL visto do SVC foi de 0.7 GVA, um nível considerado forte pelo fabricante. Nesses casos, ocorreu o bloqueio do conversor de corrente pela estratégia de subtensão e as tensões e correntes dos controladores foram “resetadas” durante as faltas. Pode-se notar que não ocorreram sobretensões significativas após a eliminação das faltas.

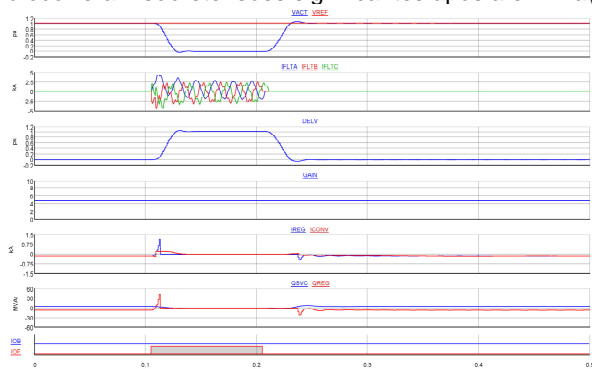


Figura 7 – (a) Curto Trifásico em Rio Branco

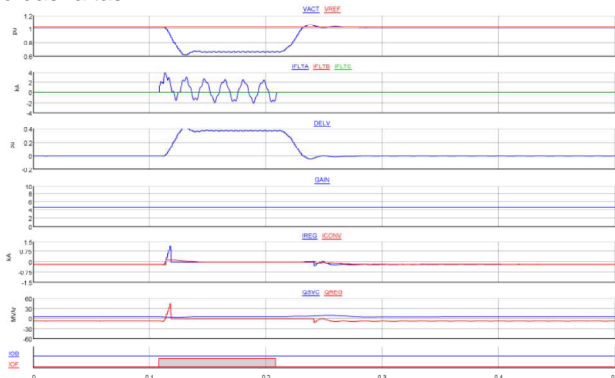


Figura 7 (b) Curto Fase-Fase em Rio Branco

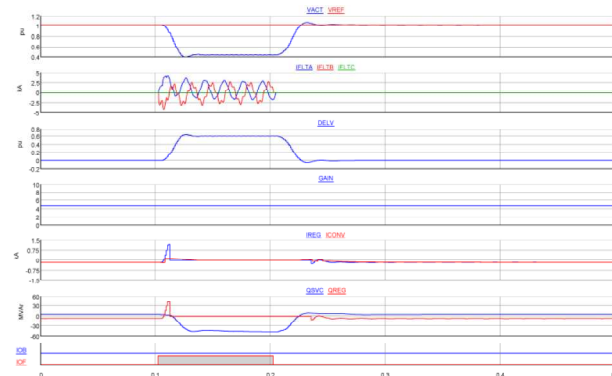


Figura 7 – (c) Curto Fase-Fase-Terra em Rio Branco

As Figuras 8 (a) e (b) mostram, respectivamente, as respostas do CE de Rio Branco a curtos-circuitos monofásico, no barramento de 230 kV da SE Rio Branco, e trifásico no barramento de 230 kV da SE Abunã. O SCL visto do SVC foi de 0.7 GVA, para o ensaio do curto-circuito em Rio Branco. Já, para o ensaio do curto-circuito em Abunã, o SCL visto do SVC Plus foi de 0.65 GVA, um nível considerado fraco pelo fabricante. Nesses casos, não ocorreu o bloqueio do conversor pela estratégia de subtensão e houve a injeção de toda corrente capacitiva do conversor. Pode-se notar que não ocorreram sobretensões significativas após a eliminação das faltas.

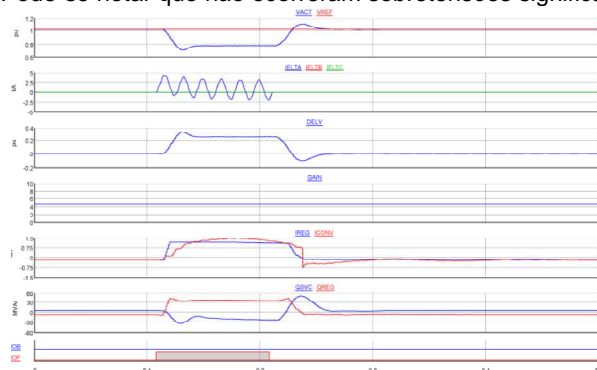


Figura 8 – (a) Curto-Cicuito Monofásico em Rio Branco

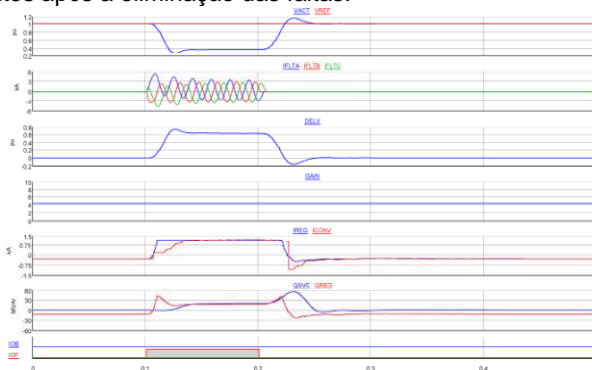


Figura 8 – (b) Curto-Cicuito Trifásico em Abunã

As Figuras 9 (a) e (b), mostram, respectivamente, as simulações dinâmicas, em Anatem, dos curtos-circuitos trifásicos nas SEs Rio Branco e Abunã. Ao comparar estas simulações com os ensaios em RTDS é possível

verificar que os tempos de estabilização das respostas em Anatem, após a eliminação dos curtos-circuitos, são em torno de 11 vezes maiores que os tempos de estabilização dos ensaios em RTDS.

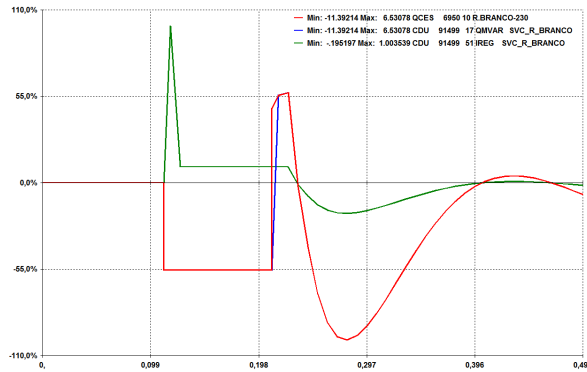


Figura 9 – (a) Simulação de Curto Trifásico R.Branco

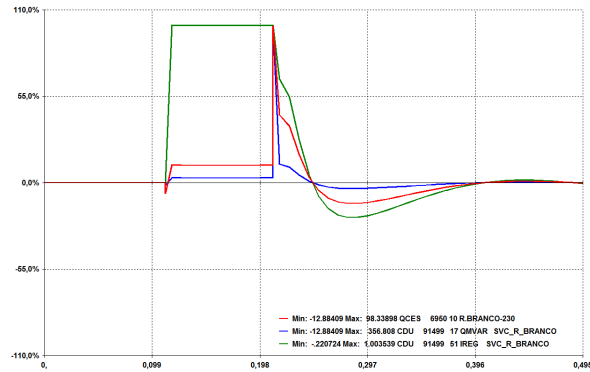


Figura 9 – (b) Simulação de Curto Trifásico Abunã

3.1.2 Respostas a Degraus na Referência com Baixo Nível de Curto-Circuito

As Figuras 10 (a) e (b) mostram, respectivamente, as respostas dos ensaios em RTDS do CE de Rio Branco a degraus de +15% e +12%, aplicados na sua referência de tensão. Nesses casos os SCL são, respectivamente, 0,36 GVA, considerado o mínimo valor especificado para operação do SVC PLUS, e 0,18 GVA, a metade deste valor mínimo.

Nesses ensaios todas as estratégias de sobrecarga estão desabilitadas, com exceção da limitação da corrente do conversor em ± 1.2 kA. Em ambos ensaios o controle automático de ganho está habilitado. Os “overshoots” e as respostas no tempo não atingiram os valores máximos especificados.

No ensaio em RTDS com o SCL em 0,18 GVA e com o controle automático de ganho desabilitado ocorreu um elevado “overshoot” na tensão de saída o qual levou à atuação da proteção de sobretensão do SVC PLUS.

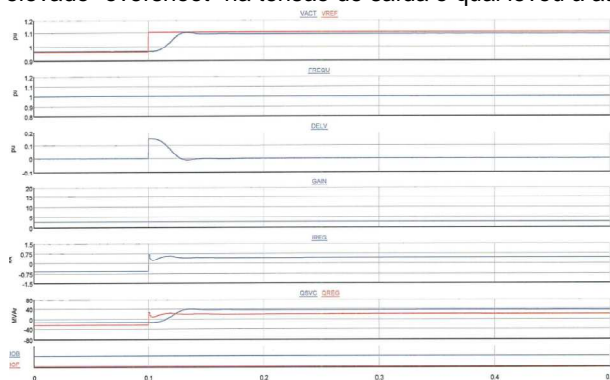


Figura 10 – (a) Degrau (+15%) com Mínimo SCL

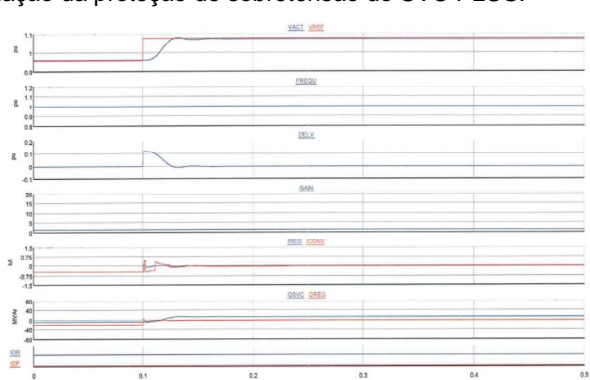


Figura 10 – (b) Degrau (+12%) com 50% do Mínimo SCL

3.2 Ensaio em Campo

Neste item serão mostrados o desempenho do CE de Rio Branco frente a degraus de $\pm 1\%$ e $\pm 3\%$, aplicados na sua referência de tensão, assim como a simulação em Anatem para este impactos. Será apresentado também o desempenho do SVC Plus respondendo à uma perturbação na rede, no caso, a energização de um transformador de 100MVA da SE Rio Branco.

3.2.1 Respostas a Degraus em carga na Referência de Tensão

As Figuras 11 (a) e (b) mostram, respectivamente, as respostas dos ensaios em campo do CE de Rio Branco a degraus de $\pm 1\%$ e $\pm 3\%$, aplicados na sua referência de tensão. Os tempos de resposta do SVC Plus estão em torno de 29 ms e os sobressinais máximos foram, respectivamente, 3,7% e 5,0%.

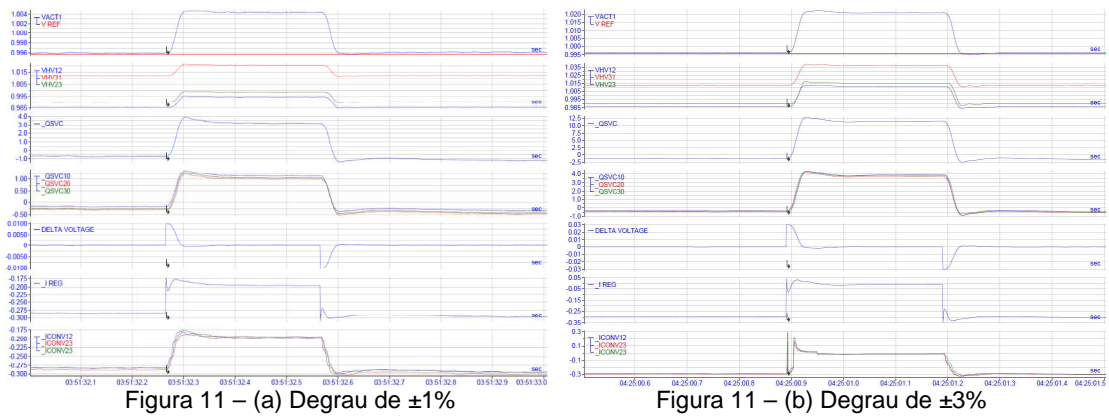


Figura 11 – (a) Degrau de $\pm 1\%$

Figura 11 – (b) Degrau de $\pm 3\%$

As Figuras 12 (a) e (b) mostram, respectivamente, as simulações dinâmicas, em Anatem, dos degraus de $\pm 1\%$ e $\pm 3\%$ aplicados na referência de tensão do equipamento. Ao compararmos estas simulações com os ensaios em campo verificamos, nos instantes de aplicação dos degraus, os elevados “overshoots” das respostas em Anatem, o que não ocorre nos ensaios em campo.

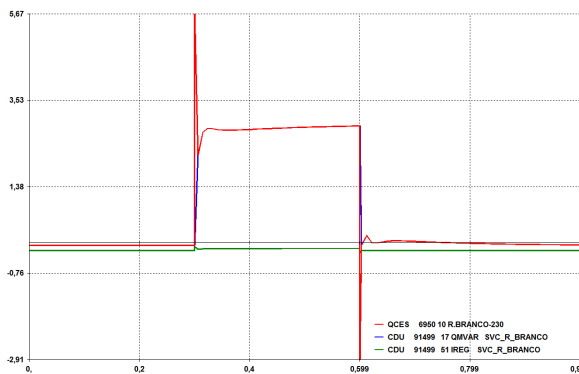


Figura 12 – (a) Simulação Degrau de $+1\%$

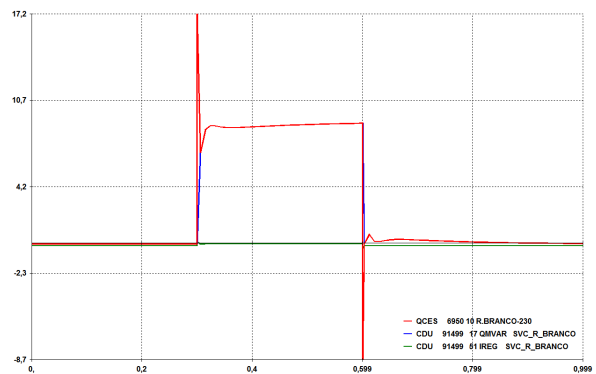


Figura 12 – (b) Simulação Degrau de $+3\%$

3.2.2 Resposta a Energização de um Transformador de 100 MVA da SE Rio Branco

A Figura 13 mostra o efeito da corrente de inrush devido a energização de um transformador de 100 MVA da SE Rio Branco nas grandezas relativas ao CE de Rio Branco. A saída do SVC Plus torna-se, temporariamente, mais capacitiva para enfrentar o afundamento da tensão causado pela corrente de inrush desse transformador.

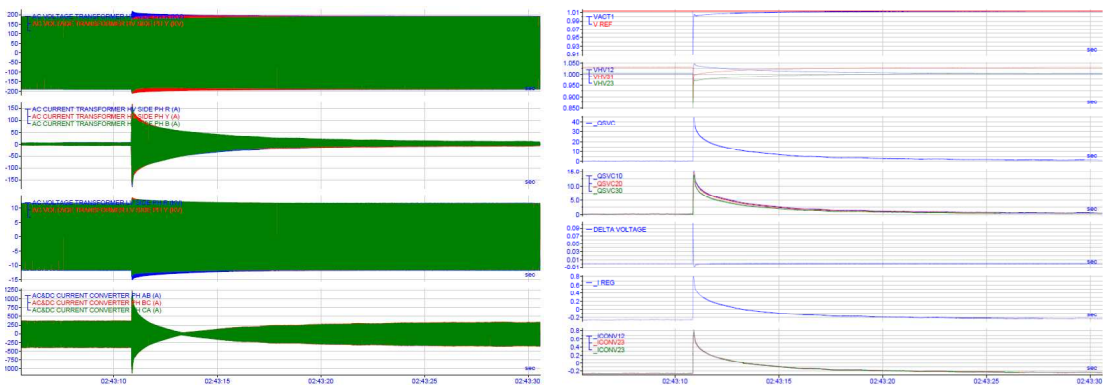


Figura 13 – Efeito da Energização de um Transformador Externo nas Grandezas Relativas ao CE de Rio Branco

3.3 Registro de Ocorrências

Neste item procuramos mostrar o desempenho do CE de Rio Branco frente a contingências no sistema elétrico.

3.3.1 Resposta a Curtos-Circuitos

Nos dias 01/04/2013 e 11/04/2013 ocorreram curtos-circuitos bifásicos, próximo a SE Abunã, no circuito 2 da linha de transmissão Abunã-Rio Branco 230 kV, com a consequente abertura deste circuito. A Figura 14 mostra as

respostas do CE de Rio Branco frente a esses curtos-circuitos bifásicos. Nesses casos, ocorreu o bloqueio do conversor de corrente pela estratégia de subtensão. Pode-se notar que o tempo de estabilização da potência reativa fornecida pelo SVC Plus é da ordem de 35 ms.

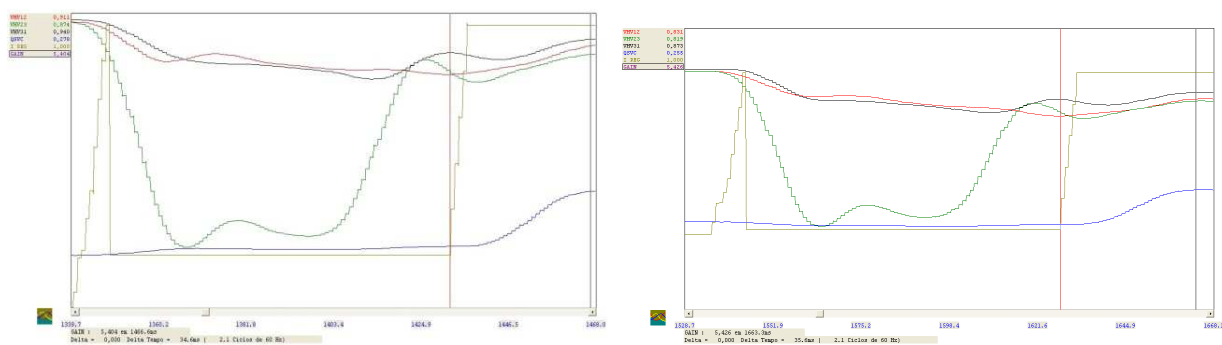


Figura 14 – Registros de Curtos-circuitos bifásicos no circuito 2 da LT Abunã-Rio Branco 230 kV

3.3.2 Resposta a Rejeição de Carga

No dia 15/04/2013 ocorreu o desligamento automático do lado de 69 kV de dois transformadores de 100 MVA da SE Rio Branco, correspondendo a 87% da carga total do Acre. Nesta condição o CE respondeu sem restrição. Nesta ocorrência, o oscilógrafo do SVC Plus não foi sensibilizado. A Tabela 1, apresentam os registros, copiados do Sistema de Gerenciamento de Energia (SAGE), da potência reativa fornecida pelo SVC Plus e da tensão (V_{BV}) na barra de 230 kV da SE Rio Branco, antes e durante a ocorrência.

Tabela 1 – Registros da Potência Reativa e da Tensão na Ocorrência do Dia 15/04/2013

Data	Hora	Descrição	Valor	Data	Hora	Descrição	Valor
15/04/2013	12:56:00	RBCE2-01	-4,15	15/04/2013	12:58:00	RBCE2-01	137,43
15/04/2013	12:56:30	RBCE2-01	-3,56	15/04/2013	13:03:30	RBCE2-01	138,00
15/04/2013	12:57:00	RBCE2-01	-3,68	15/04/2013	13:08:00	RBCE2-01	138,34
15/04/2013	12:58:00	RBCE2-01	23	15/04/2013	13:16:00	RBCE2-01	138,86
15/04/2013	13:08:00	RBCE2-01	23,16	15/04/2013	13:16:30	RBCE2-01	139,50

Os valores da Tabela 1 apresentam as leituras de potência reativa em Mvar e tensão eficaz por fase no ponto de conexão entre o barramento de 230 kV da SE Rio Branco e o Compensador Estático. Destaca-se que, para os valores de potência reativa, o sinal da amostra determina o fluxo da potência durante a leitura. Ou seja, a amostra com sinal positivo implica que o fluxo do Mvar está saindo da barra em direção ao CE, indicando que o equipamento está absorvendo esta potência, enquanto a amostra com sinal negativo implica que o Mvar do CE está entrando na barra de 230 kV, operando assim em sua região capacitiva.

Nota-se que, após a rejeição de toda a carga conectada aos transformadores, na ausência do equipamento, esperava-se uma tensão no barramento 230 kV muito acima dos valores praticados operacionalmente. Contudo, o CE operando em modo controle de tensão foi capaz de manter a tensão no barramento praticamente constante, absorvendo até 23 Mvar.

4.0 - CONCLUSÃO

O CE de Rio Branco foi concebido através da tecnologia Statcom, composto por Conversores Modulares Multiníveis (MMC) baseado em Conversores Fonte-de-Tensão (VSC). A sua estratégia de compensação reativa, baseada na sintetização de uma forma de onda de tensão quase senoidal em fase com a tensão da rede, diminui consideravelmente a necessidade de filtros externos visando eliminação de distorções causados pelo CE, muito comum em outros equipamentos de compensação reativa conectados ao SIN.

Por não se tratar de um equipamento baseado em chaveamento de elementos passivos, a resposta deste compensador é extremamente rápida e eficiente, melhorando a estabilidade dinâmica do sistema elétrico de potência.

Ao comparar os registros dos ensaios em RTDS com os registros dos ensaios em campo e das ocorrências verifica-se que o tempo de estabilização da potência reativa fornecida pelo SVC Plus está em torno de duas vezes maior (35 ms) nos casos reais do que os ensaios em RTDS (15 ms).

As respostas do Compensador Estático de Rio Branco frente às ocorrências do sistema demonstram que o equipamento responde de maneira eficaz, representando um importante reforço para a qualidade do atendimento de energia elétrica ao estado do Acre.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) A. L. P. de Oliveira, P. O. F. Borin, C.H. Roth, M.C. Lima, D.R. Garcia, W.A. Campos, "The SVC Plus® Rio Branco: A Statcom Using the VSC Modular Multilevel Converters Technology", XII SEPOPE, Maio 2012, Brasil
- (2) Cigre Working Group WG B4.37, VSC Transmission
- (3) SIEMENS. CE de Rio Branco, Resultados dos Testes de Aceitação em Fábrica em RTDS.
- (4) Siemens Technical Report, "SVC Plus Rio Branco" – P-008272, 24-09-2010
- (5) E. H. Watanabe, P.G. Barbosa, K. C. Almeida, G. N. Taranto, "Tecnologia FACTS – Tutorial", XI CBA, 1996

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Filipe Rodrigues Lopes nasceu no Rio de Janeiro, Brasil, em 1983. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora em 2006. Trabalha desde 2007 na Eletrobras Eletronorte como Engenheiro de Operação desenvolvendo estudos elétricos nas áreas de Fluxo de Potência, Transitórios Eletromagnéticos e Transitórios Eletromecânicos.



Patrícia de Oliveira Freitas Borin nasceu em 1983, Brasília-DF (Brasil). Formada em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília em julho de 2005. Atuou na empresa Engevix Engenharia de 2005 a 2007, com projetos de usinas hidrelétricas e na empresa Themag Engenharia de 2007 a 2008, com projetos de subestações de transmissão. Desde 2008 trabalha na Eletrobras Eletronorte, na área de expansão da transmissão, onde está envolvida com equipamentos de alta tensão para transmissão de energia, FACTS e transmissão em corrente contínua.



Ricardo Marcelo Teixeira nasceu em Goiânia em 1958, graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília em 1980, em 2003 recebeu o grau de Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília. Atua na área de estudos elétricos da operação de sistema da Eletrobras Eletronorte.



José Guilherme Correa Nonato nasceu em Belém em 1959, graduado em Eletrotécnica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará em 1986, em 2003 recebeu o grau de Tecnólogo em Redes de Computação pela Faculdade Barão de Rio Branco - Acre. Atua na área de proteção, comando, controle e supervisão sistema elétrico de potência da Eletrobras Eletronorte.