



**XXIII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GAT/14  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO - IV**

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

**OPERAÇÃO INICIAL DO BIPOLO 1 DO ELO DE CORRENTE CONTÍNUA DO COMPLEXO DO RIO MADEIRA**

**Antônio Augusto Camargo Pagioro  
Paulo Fischer Toledo  
Felipe Cassarotti  
Felipe Alves Sobrinho**

**ABB**

**Filipe Rodrigues Lopes (\*)  
Joaquim Neto de Rezende Jr.  
Rogério Antônio da Silva  
Antônio Spalenza  
Eduardo Martins Rocha  
Manoel Lima Garcia Filho  
Cláudio Vinícius Duarte Cabral  
Ulisses Gomes Galvão**

**Eletrobras Eletronorte**

**Marcus Danilo Perfeito  
ETE**

**RESUMO**

Atualmente o Bipolo 1 do Complexo do Madeira opera em sua capacidade nominal, transmitindo até 3150 MW da Estação Coletora Porto Velho, localizada no Estado de Rondônia, para a Estação Araraquara 2, localizada no Estado de São Paulo. O Bipolo 1 possui funções de controle e proteção que permitem uma transmissão flexível, com confiabilidade e robustez. Dentre estas funções destacam-se a capacidade de sobrecarga em regime na perda de um pólo, o *restart* automático do pólo pós-falta na linha CC, operação em tensão reduzida em situações de baixa isolamento na LT  $\pm$  600KVcc, o controle automático de potência reativa e o controle de frequência. Essas funções se encontram em diferentes níveis hierárquicos de controle e foram minuciosamente testadas durante os testes de comissionamento.

Testes de comissionamento com transmissão de potência visam garantir o devido funcionamento das lógicas de proteção e controle, diante perturbações externas provocadas em ambiente controlado pelos agentes e pelo Operador Nacional do Sistema, antes da entrada em operação comercial do equipamento.

Este trabalho apresentará os principais testes realizados com os respectivos resultados, desafios encontrados e as soluções encontradas que viabilizaram a operação do primeiro Bipolo do Complexo do Rio Madeira com todas as funções disponíveis a plena potência.

**PALAVRAS-CHAVE**

Complexo do Rio Madeira, Testes de Comissionamento, Transmissão HVDC/LCC, Bipolo 1

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O Aproveitamento Hidrelétrico do Rio Madeira, formado pelas usinas hidroelétricas de Santo Antônio (Configuração definitiva com 44 unidades geradoras, distribuídas em 3 casas de força e potência total de 3.150 MW) e de Jirau (Configuração definitiva com 50 unidades geradoras e potência total de 3.750 MW), está integrado ao Sistema Interligado Nacional (SIN) através de um sistema de transmissão em CCAT composto de 2 bipolos (3150 MW  $\pm$

(\*) SCN Quadra 06 Conj. A, Bloco C, Sala 1107-C – Ana Norte – CEP 70716-901 Brasília, DF – Brasil  
Tel: (+55 61) 3429-5157 – Fax: (+55 61) 3328 -6084 – Email: filipe.lobes@eletronorte.gov.br

600 kV), entre as SE 500 kV Coletora Porto Velho (RO) e Araraquara 2 (SP), por duas linhas de transmissão  $\pm 600$  kVcc com extensão aproximada de 2.375 km, e uma estação conversora Back-to-Back com tecnologia CCC (Capacitor Commutated Converter) composto de 2 blocos de 400 MW ( $\pm 51$  kV), conectado através de duas linhas de transmissão de 20 km em CAAT em 230 kV à SE Porto Velho (RO). O mapa abaixo apresenta o sistema de transmissão mencionado:

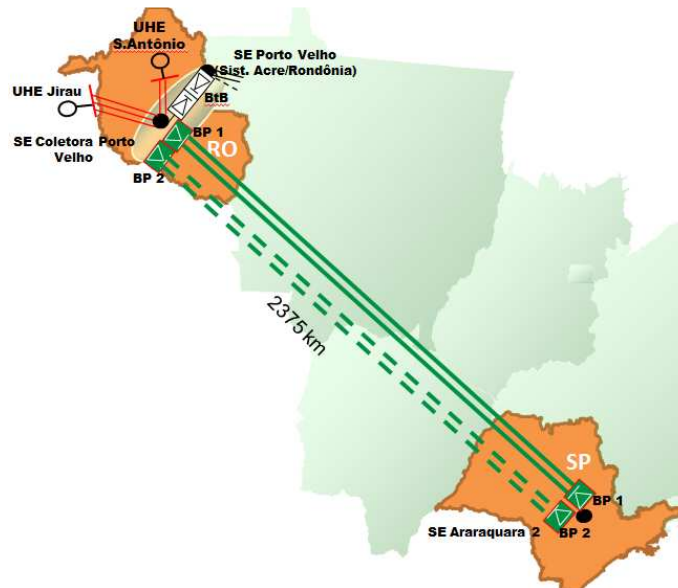


FIGURA 1 – Diagrama Simplificado do Complexo do Rio Madeira.

Esta integração teve início com a entrada em operação comercial das primeiras unidades geradoras da usina de Santo Antônio, a partir de março de 2012 conectadas de forma síncrona ao Sistema Acre-Rondônia, pertencente ao SIN, através de transformador provisório 525/230 kV – 450 MVA, instalado na SE Coletora Porto Velho. A partir deste momento, o número de unidades geradoras nas usinas em operação comercial foi aumentando paulatinamente. Como consequência, a transmissão da potência gerada pelas usinas passou a ser realizada também pelo Bipolo 1 nessa configuração temporária de rede. A quantidade de máquinas em operação foi o fator decisivo que definiu as etapas dos testes conforme a capacidade total de despacho de potência ativa.

O comissionamento e testes foram iniciados em agosto de 2012 e intensificados a partir de outubro de 2013 com a disponibilização da linha de transmissão  $\pm 600$  kVcc Coletora Porto Velho / Araraquara 2. Em novembro de 2013, foram concluídos o comissionamento e os testes iniciais permitindo a transmissão em corrente contínua com o Bipolo 1, no modo de operação “monopolar com retorno metálico”, sem a presença do Generator Station Coordinators (GSC) nas UHE Santo Antônio e Jirau, sem a estação conversora Back-to-Back, com o transformador provisório, e com um total de até 15 máquinas nas usinas. No fim desta etapa, foi liberada a operação comercial do Bipolo 1, limitando a transmissão em modo monopolar a uma potência máxima de 700 MW, devido as condições de segurança para o sistema e equipamentos.

A operação simultânea do 1º bipolo e do Back-to-Back não foi viável nesta etapa inicial, visto que, para a quantidade de filtros necessária para a operação de ambos requisitava um número de máquinas superior a quantidade de unidades geradoras em operação disponíveis neste momento.

Em janeiro de 2014 foram retomados o comissionamento e testes do Bipolo 1 com as atividades de integração do GSC ao Controle Mestre e o início dos testes de transmissão Bipolar de Baixa Potência. Contudo os testes foram interrompidos nos meses de Fevereiro, Março e Abril de 2014 em decorrência da enchente do Rio Madeira acarretando o desligamento das unidades geradoras da UHE Santo Antônio e impossibilitando a transmissão de potência pelo Bipolo 1.

No período de Maio a Junho de 2014, após o retorno da operação das usinas de Jirau e Santo Antonio, foram realizados novos testes de transmissão de Alta Potência, que viabilizaram a operação do Bipolo 1 do elo de transmissão CCAT do Madeira, em configuração bipolar, juntamente com a estação conversora Back-to-Back. Nessa configuração de rede mais completa, foi necessária a presença do Controle Mestre do sistema de transmissão em corrente contínua e os respectivos GSCs nas usinas de Santo Antônio e Jirau. Entretanto, nestes testes foi verificada a necessidade de ajustes nos controles, devido a alguns resultados inesperados. No final desta etapa, o Bipolo 1 foi liberado para operação em modo de operação bipolar, com transmissão de potência em modo de controle bipolar BPC (*Bipole Power Control*) até 1575 MW e, para valores de transmissão acima desse nível, em modo controle monopolar PPC (*Pole Power Control*).

Estes ajustes foram implementados na réplica do sistema de controle e proteção do Bipolo 1 instalada no RTDS (Simulador Digital em Tempo Real), localizado nas dependências do Operador Nacional do Sistema (ONS) no Rio de Janeiro. Após a obtenção de resultados satisfatórios em ambiente simulado, estes ajustes foram implantados e devidamente testados no sistema de controle do Bipolo 1, permitindo a sua operação com maior confiabilidade e robustez.

Este trabalho apresentará os principais testes de cada etapa, com os respectivos resultados, desafios encontrados e as soluções propostas que viabilizaram a operação do primeiro Bipolo do Complexo do Rio Madeira.

## 2.0 - COMISSONAMENTO E TESTES DE TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA

O comissionamento e os testes de transmissão de potência foram executados de forma não sequencial em função do histórico de eventos mencionados acima. Em outros casos, somente através dos testes de comissionamento com transmissão de potência, bem como a experiência operacional, foi possível verificar a necessidade de desenvolver novas soluções que não constavam no projeto inicial, mas indispensáveis para uma transmissão estável. Para isso, foi essencial recorrer a testes em softwares de simulação digital e equipamentos de simulação em tempo real, interrompendo temporariamente os testes em campo.

Basicamente, os testes de comissionamento com transmissão de potência visam garantir o devido funcionamento das lógicas de proteção e controle, diante de perturbações externas provocadas em ambiente controlado pelos agentes e pelo Operador Nacional do Sistema, antes da entrada em operação comercial do equipamento.

Os testes foram executados conforme a disponibilidade de geração nas Usinas de Santo Antônio e Jirau, como descrito no item 1.0. O fabricante dividiu os testes em diferentes etapas:

- Testes de Transmissão Monopolar em Baixa e Alta Potência
- Testes de Transmissão Bipolar em Baixa e Alta Potência

Os sub-itens a seguir apresentam os principais testes de cada etapa, com seus respectivos resultados com comentários, quando relevantes.

### 2.1 Testes de Transmissão Monopolar em baixa potência

Os testes executados com até 250 MW, transmitindo potência por apenas um dos pólos no modo de operação “monopolar com retorno metálico”, visaram garantir as funções básicas do equipamento, antes da potência ser aumentada a valores mais altos. Todos estes testes foram executados em cada polo, utilizando o modo de controle monopolar PPC (Pole Power Control ou seja, modo de Controle de Potência de Polo), nível hierárquico de controle mais baixo que o de controle bipolar, onde a gestão das funções de controle e proteção se limitam ao polo, individualmente. Dentre estes testes merecem destaque:

- i. **Fast stop/Ação protetiva no retificador e no inversor:** Desbloqueio e bloqueio por ação de proteção forçada;
- ii. **Testes de Operação Normal e Rampa de Carga, chaveamento de filtros CA em baixa potência:** Rampa de potência para verificação de entrada de filtros. Perda forçada de filtros para verificar entrada automática de sobressalente;
- iii. **Resposta ao Degrau:** Degrau na ordem de corrente do retificador;
- iv. **Operação com consumo elevado de potência reativa no inversor:** Teste da lógica de HMVAr, que modifica o valor de  $\gamma$  no inversor para aumento de consumo de reativo nesta estação;
- v. **Operação sem telecomunicações:** Verificação do funcionamento da lógica de BSC (*Backup Synchronos Control*), permitindo a transmissão na interrupção de comunicação entre as estações;
- vi. **Transferência entre operação em retorno pela terra para retorno metálico:** Verificação da sequência automática de manobra sem interrupção de transmissão;
- vii. **Testes de perturbações: Indução de falha de comutação, faltas na linha CC e perda de alimentação CA:** Verificação dos controles de nível de conversor/polo/bipolo;
- viii. **Operação em tensão reduzida:** Operação em tensão reduzida sem religamento;
- ix. **Testes de perda de alimentação de serviços auxiliares nos cubículos de controle:** troca de sistemas redundantes.

As figuras a seguir apresentam alguns resultados relevantes dos testes monopolares em baixa potência .

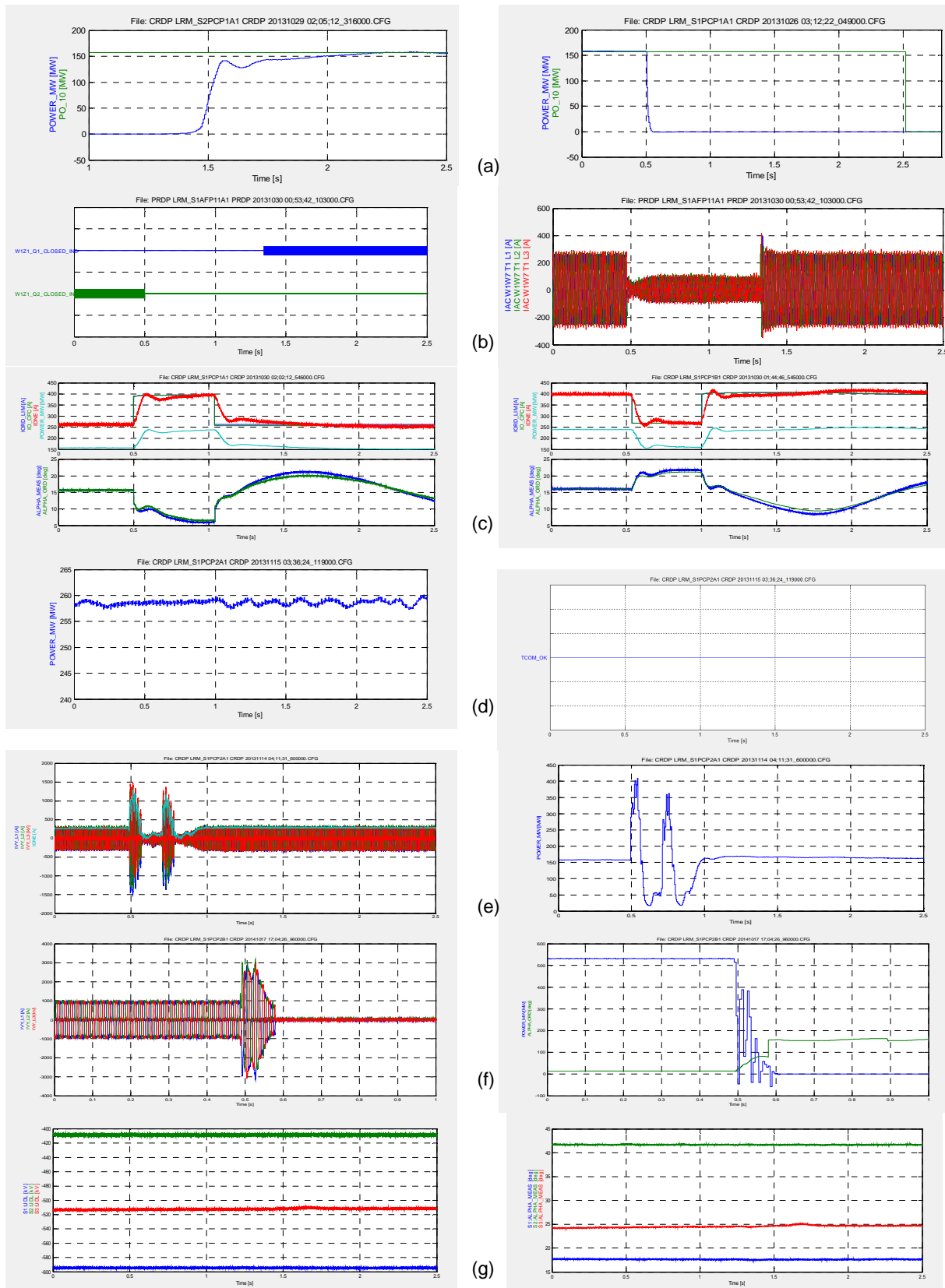


FIGURA 2 – Testes de Transmissão Monopolar em Baixa Potência: (a) Desbloqueio de polo e parada protetiva; (b) chaveamento de filtro CA; (c) Resposta ao degrau na ordem de corrente  $I_o$ ; (d) Operação normal sem telecom (*Backup Synchronos Control*); (e) Aplicação Falhas de Comutação; (f) Falta permanente na Linha DC; (g) Operação em tensão reduzida

Nesta fase de testes, foram necessários introduzir alguns ajustes nos controles. Entre eles, a lógica de Max Filter, que relaciona o número de filtros em operação com a quantidade de máquinas sincronizadas no sistema. Outro ponto que merece destaque foi a verificação de oscilações de potência, reflexo de uma oscilação de frequência no terminal Coletora Porto Velho. Este fenômeno foi minimizado a partir da conexão do transformador provisório 500/230 kV – 450 MVA em paralelo a estação conversora Back-to-Back na SE Coletora Porto Velho. Com o transformador provisório, a SE Coletora Porto Velho 500 kV foi conectada ao resto do sistema interligado de forma síncrona e isso ajudou na extinção dessas oscilações de frequência.

Após a conclusão dessa fase com sucesso, foi liberada a operação comercial do Bipolo 1 em condição de operação monopolar com retorno metálico limitado a 700 MW.

## 2.2 Testes de Transmissão Bipolar em Baixa Potência

Com a entrada em operação de mais máquinas em Santo Antônio e Jirau, foi possível realizar os testes de transmissão bipolar em baixa potência. Estes testes foram executados em modo BPC (*Bipole Power Control*), nível hierárquico de controle superior ao PPC, garantindo que a gestão das funções de controle e proteção ocorram no nível de bipolo. Dentre estas funções, se destacam o BRPC (*Bipole Reactive Power Control*), o BAPC (*Bipole Active Power Control*) e o MOD (*Power Modulation*).

Nestes testes, também, já foi possível avaliar o desempenho de algumas funções inerentes ao Controle Mestre (*Master Control – MC*), nível de hierarquia mais alto no elo de corrente contínua, responsável pela gestão do despacho da potência ativa entre os Bipolos, o Back-to-back e as usinas, bem como adequar o consumo de potência reativa conforme a solicitação do sistema.

Os mesmos testes de baixa potência foram repetidos para alta potência com o acréscimo dos seguintes testes:

- i. **Testes de desbloqueio em modo bipolar BPC:** Desbloqueio automático dos pólos;
- ii. **Testes de Perda de um dos pólos em operação e verificação da ação do Master Control:** O MC efetua a adequação do despacho das usinas equilibrando o novo nível de transmissão;
- iii. **Teste capacidade nominal monopolar:** Operação do polo na sua capacidade máxima de transmissão;

As figuras a seguir apresentam alguns dos resultados dos testes bipolares em baixa potência.

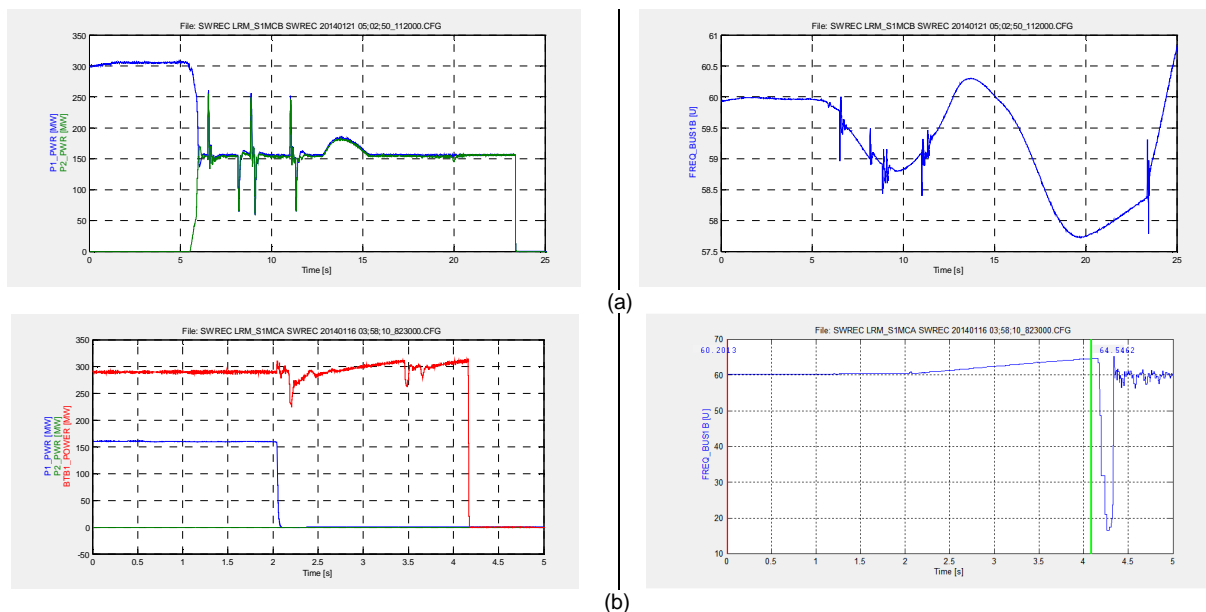


FIGURA 3 – Testes de Transmissão Bipolar em Baixa Potência: (a) Desbloqueio de polo com trip do bipolo por atuação de proteção de desbalanço de filtro – consequência de variação da frequência; (b) teste de bloqueio manual de polo resultado em trip do BtB por atuação de proteção de sobrefrequência

Baseado nos resultados desta primeira etapa dos testes transmissão bipolar em baixa potência, foi observado certa dificuldade de regulação de velocidade das turbinas das usinas de Santo Antônio e Jirau, e portanto, no controle da frequência no barramento de 500 kV da SE Coletora Porto Velho, sendo esta a causa de vários desligamentos e trazendo dificuldade à continuidade dos testes.

Em função da dificuldade de melhoria dos parâmetros dos reguladores de velocidade das usinas, a ponto de resolver o problema de oscilação de frequência, chegou-se ao consenso entre o ONS e a Eletronorte/ABB em melhorar a performance do Controle de Frequência do Bipolo 1, introduzindo uma malha integral – que a princípio

teria apenas a função de eliminar o erro/desvio de regime após a atuação da malha proporcional – conferindo ao controle de frequência a capacidade de controlar a frequência diante de perturbações mais severas.

A seguir, resultado de teste de contingência simples do polo em baixa potência, após melhoria no Controle de Frequência:

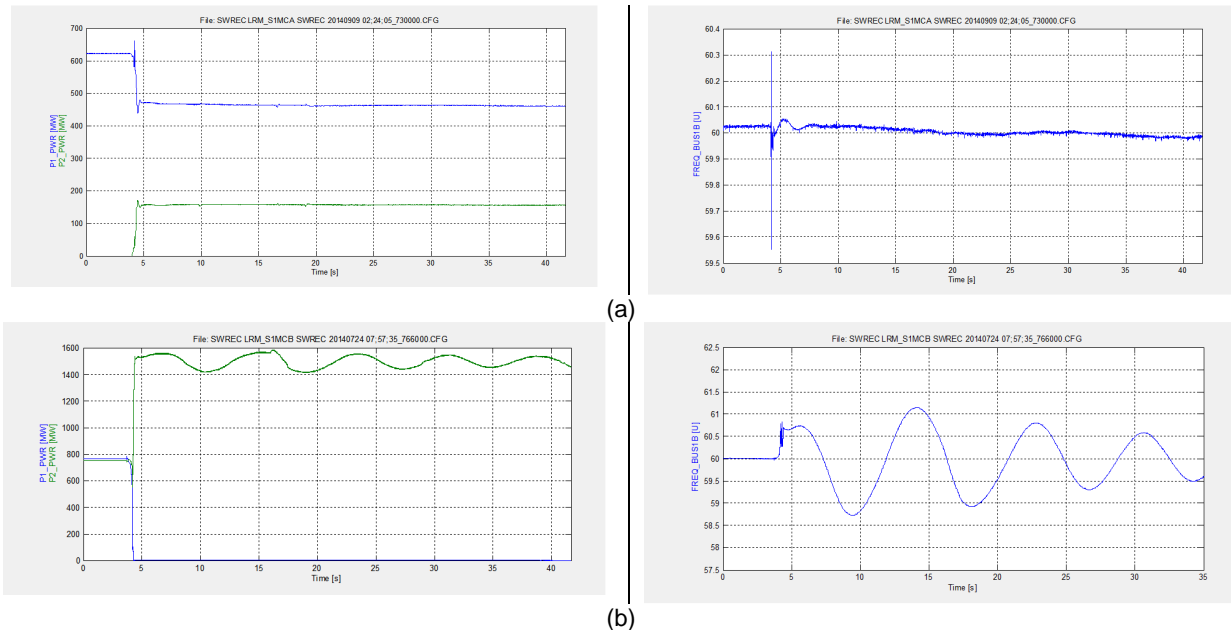


FIGURA 4 – Testes de Transmissão Bipolar em Baixa Potência com sucesso: (a) Desbloqueio de polo com sucesso; (b) Contingência de polo com sucesso

Tendo concluída essa fase de testes, foi liberada a operação do do Bipolo 1 nos dois modos de operação: monopolar e bipolar, porém limitado em 1575 MW na transmissão.

### 2.3 Testes de Transmissão Bipolar em Alta Potência

Os testes de Transmissão Bipolar em Alta Potência visam garantir o pleno funcionamento do bipolo, tanto na condição nominal de potência, bem como na capacidade de sobrecarga monopolar, permitindo a liberação em entrada comercial do Bipolo sem restrições. Nesta fase, os testes foram realizados integralmente em modo BPC, ou seja, operação com o controle de potência bipolar. Foi possível avaliar o desempenho dos controles associados ao Controle Mestre e ao Controle de Bipolo, especialmente das funções de Redistribuição de Potência Ativa em Emergência (EAPD), em casos da perda de polo, e do Controle de Potência Reativa (RPC), especialmente quando da rampa de carga no Bipolo.

Nesta fase de testes as usinas de Santo Antônio e Jirau já tinham capacidade de despachar uma potência superior a 2000 MW.

Nesta etapa, os testes que mereceram destaque foram:

- i. **Contingência simples em um polo em alta potência com absorção de potência pelo polo remanescente;** operação bipolar e trip em um dos polos com o outro polo em BPC, de modo que o polo em operação irá assumir a potência do outro pólo até seu limite disponível, contando com sobrecarga
- ii. **Operação monopolar em sobrecarga;** Operação acima da capacidade nominal do polo.
- iii. **Falta em uma das linhas CC e restart do polo em tensão normal - FVO (Full Voltage Operation);** Falha na linha de transmissão CC com religamento em tensão plena (igual a tensão de operação anterior a falta). Pode ser selecionado pela operação entre 1 e 4, sempre sendo o último religamento com tensão reduzida.
- iv. **Falta em uma das linhas CC e restart do polo em tensão reduzida - RVO (Reduced Voltage Operation);** Falha na linha de transmissão CC com religamento em tensão reduzida. Esse modo ocorre todas as vezes em que os religamentos com tensão plena resultaram em novas falhas.

As figuras a seguir apresentam uma amostra dos primeiros resultados dos testes bipolares em baixa potência:

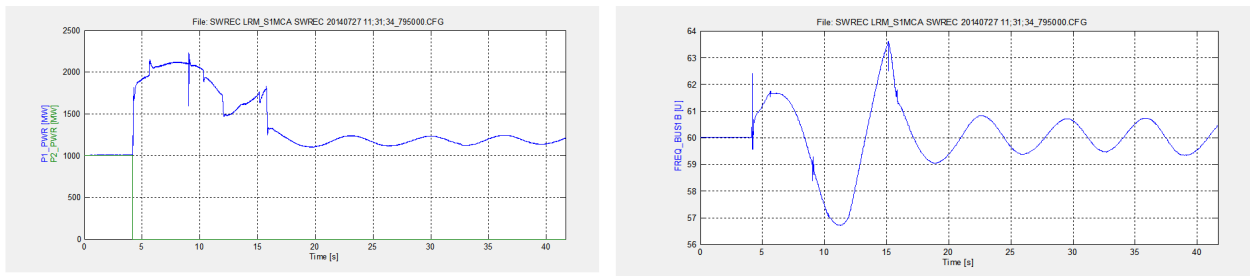


FIGURA 5 – Testes de Transmissão Bipolar em Alta Potência: Contingência simples do polo em alta potência sem sucesso

Ao contrário dos testes de sobrecarga em transmissão monopolar, os testes de distribuição de potência não obtiveram êxito numa primeira fase de testes de Alta Potência. Testes envolvendo religamento de polo em tensão reduzida também foram executados e falharam. Isso motivou a realização de um trabalho mais cauteloso de adaptação do sistema dos controles para adequar a operação do Bipolo 1 às condições de rede diferente das utilizadas na fase de projeto da transmissão. Como conclusão desta fase, foi verificado que ajustes mais apurados deveriam ser implementados, especialmente no Controle de Frequência.

Ao contrário do que acontecia nas outras fases de testes, quando ajustes eram realizados online em campo, decidiu-se que as alterações necessárias para liberar a operação do Bipolo 1 em modo BPC até 3150 MW seriam realizadas offline, isto é, utilizando a réplica dos controles do Bipolo 1 conectado ao equipamento de RTDS, lotado nas dependências do ONS.

Durante o período em que os estudos de adequações dos controles estavam sendo realizados e com o intuito de se aproveitar todo o potencial energético das usinas do Rio Madeira, ficou decidido que o Bipolo 1 estaria liberado para a operação nas seguintes condições:

- Operação bipolar em modo de controle de potência bipolar (BPC) até a potência de 1575 MW;
- Operação bipolar em modo de controle de potência polar (PPC), isto é, com cada polo operando através de controle individual de potência, para valores superiores a 1575 MW.

As principais alterações dos controles do Bipolo, visando corrigir os problemas observados nos testes iniciais de transmissão bipolar em alta potência estão listados na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Principais alterações nos controles do Bipolo1 visando a operação do Bipolo 1 até potencia plena

FUNÇÃO	LÓGICA
MOD (Controle de Frequencia)	Limitação dinâmica da parcela integral do controlador de frequência
	Corte de geração para obtenção de margem para modulação de potência
	Reset da parcela integral
	Atualização automática da ordem de potência do bipolo
	Alteração da estrutura e dos parâmetros do controlador de frequência
RVO (Operação em Tensão Reduzida)	Ajuste no HAS (High Angle Supervision)
	Adequação da proteção de linha na operação em RVO
RPC (Controle de Potência Reativa)	Adequação da função Max Filter
	Adequação da função UMax

Tendo sido implantadas essas modificações na planta, os testes de campo foram retomados. Os principais resultados dessa nova etapa são apresentados a seguir:

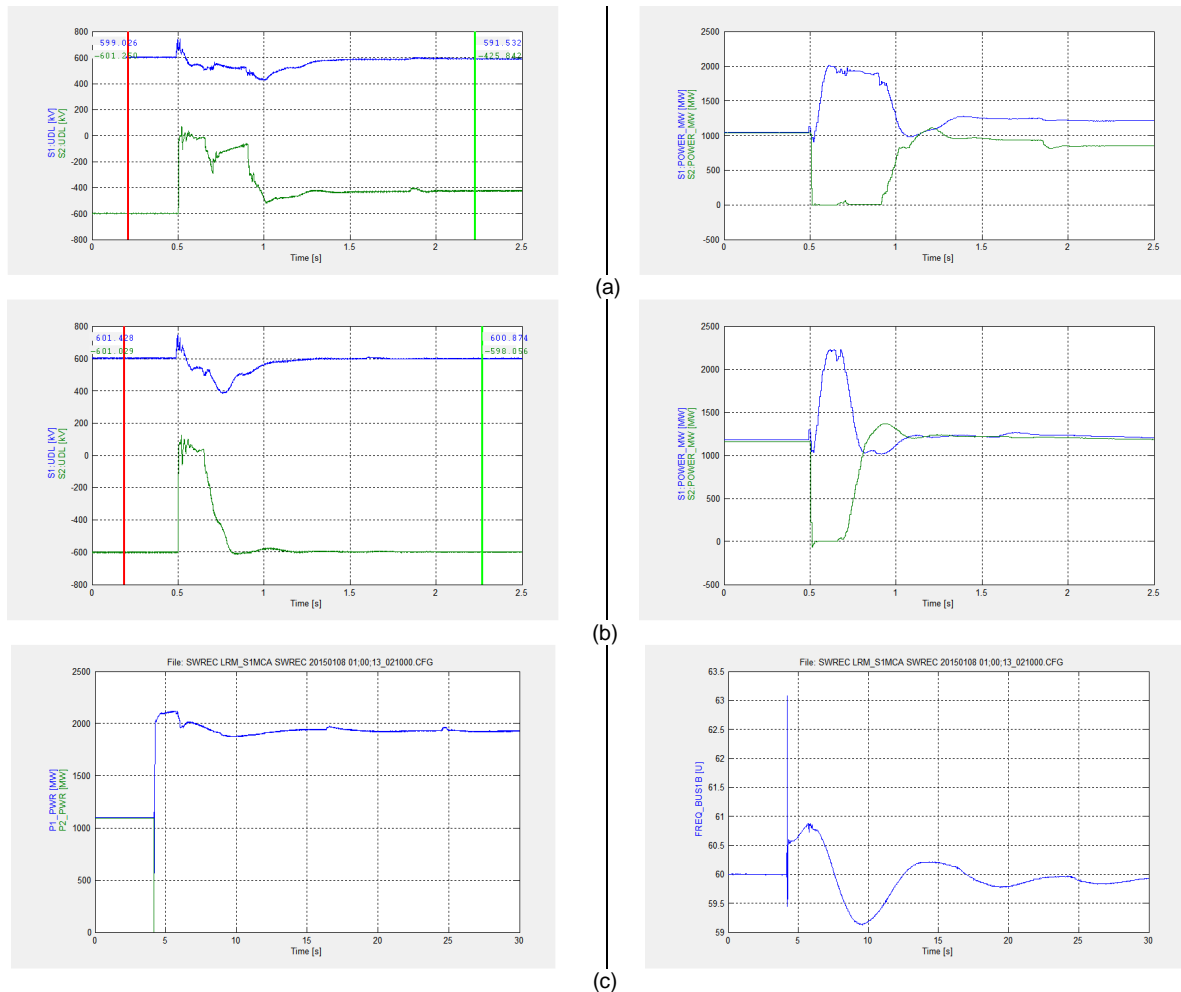


FIGURA 6 – Testes de Transmissão Bipolar em Alta Potência: (a) Perda do polo e restart em tensão reduzida com sucesso; (b) Perda do polo e restart em tensão normal com sobrecarga durante tempo-morto; (c) Contingência simples do polo em alta potência com absorção integral de potência com sucesso

Diante do resultado satisfatório dessa segunda etapa de testes de transmissão em alta potência, os testes de transmissão foram finalizados e o Bipolo 1 foi disponibilizado em sua capacidade nominal sem restrições.

### 3.0 - CONCLUSÃO

A entrada em operação do Bipolo 1 do elo de corrente contínua do Rio Madeira se caracterizou pelo esforço conjunto entre as usinas de Santo Antônio e Jirau, o Operador Nacional do Sistema, a transmissora Eletronorte/EET e o fabricante ABB.

Os testes de comissionamento foram divididos em fases, de acordo com a disponibilidade de geração e o comissionamento do Bipolo 1, cada uma delas apresentando desafios que impactavam a operação do Bipolo 1 com confiabilidade e de forma estável, que foram devidamente superados.

Durante os testes de transmissão monopolar, além de pequenos ajustes em controle realizados online no campo, foi verificada oscilação de frequência. Nesta fase, e tão somente durante os testes, o Transformador 500/230 kV – 450 MVA (provisoriamente conectado em paralelo ao Back-to-Back), foi importante para permitir a operação do bipolo durante a fase de ajustes e adaptação dos controles, minimizando o risco de oscilações das máquinas geradoras de Jirau e Santo Antônio, permitindo a conexão do 500 kV da SE Coletora ao Sistema Interligado Nacional. Mudanças temporárias no Controle de Potência Reativa também foram introduzidas visando atender a demanda entre geração x transmissão. Terminada esta fase inicial de testes, o Bipolo 1 entrou em operação comercial.

Nos testes de transmissão bipolar, mudanças no controle de frequência do Bipolo 1 foram introduzidas, visando colaborar com a regulação de velocidade das usinas, e assim, minimizar as oscilações de frequência no barramento de 500 kV quando da operação sem o transformador provisório de 500/230 kV, condição primordial



para a operação do elo CC.

Os testes de Alta Potência, inicialmente não obtiveram sucesso e foram interrompidos visando encontrar soluções que permitissem o pleno funcionamento do Bipolo em condições de potência nominal e sobrecarga e durante falta na linha CC. As principais alterações se concentraram novamente nos controles de frequência e potência reativa, bem como na lógica de High Angle Supervision. Retomados os testes e comprovada a eliminação dos problemas, o Bipolo 1 entrou em operação com sua capacidade nominal, estando pronto, inclusive, para operar em sobrecarga.

#### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Operador Nacional do Sistema – ONS, “Estudos Pré-Operacionais Para Integração Do Complexo Gerador Do Rio Madeira Considerando A Entrada Em Operação Do 1º Bipolo VOL 2 - Operação Inicial Em Configuração Bipolar”, RE-3-047/2013, ONS Rio de Janeiro, 2014

[2] J. Magnusson, M. Schollin, “Monopolar Power Transmission Testing of Bipole 1”, 1JNL100141-863, ABB HVDC, Ludvika SE, 2011

[3] J. Magnusson, M. Schollin, “Bipolar Power Transmission Testing of Bipole 1”, 1JNL100141-864, ABB HVDC, Ludvika SE, 2011

#### 5.0 - 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.

**Antonio Spalenza** nasceu em 1959 em Santa Tereza, Espírito Santo (Brasil). Graduiu-se em 1983 em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, e concluiu Especialização em Automação e Controle de Processos pela Universidade Federal do Pará em 2005. É bacharel em Direito pela Universidade Federal de Rondônia, no ano de 2002. Atuou na área de Manutenção e Operação de Usinas Termoeletricas, Linhas de Transmissão e Subestações de Alta Tensão, na Eletronorte, onde trabalha desde 1984. Atualmente é engenheiro da equipe de Operação e Manutenção do Bipolo 1 no Terminal de Porto Velho, referente ao sistema de Transmissão 600 KV DC do Projeto Rio Madeira.

**Claudio Vinicius Duarte Cabral**, nasceu em 1982 na cidade de Timbaúba, Pernambuco (Brasil), Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco em 2005. No passado já trabalhou nas empresas Chesf e Eletrobras Distribuição Alagoas atuando na área de operação da transmissão e distribuição, respectivamente. Em 2007, ingressou na Eletrobras Eletronorte, atuando nos processos de Engenharia de Operação (Pré Operação, Normatização, Operação em Tempo Real e Pós Operação) e, em equipe, no desenvolvimento de ferramentas computacionais de suporte aos processos da operação. Atualmente ocupa o cargo de Gerente Executivo da Gerência de Programação de Operação, vinculada à Superintendência de Engenharia de Operação e Diretoria de Operação da Eletrobras Eletronorte

**Eduardo Martins Rocha** nasceu em 1970 em São Paulo, São Paulo (Brasil). Graduiu-se em 1995 em Engenharia Elétrica, pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET-PR. Concluiu pós-graduação em Engenharia de Sistemas Elétricos Industriais em 2000 pelo CEFET-PR. Atuou como Engenheiro Eletricista Júnior na Companhia Paranaense de Energia – COPEL entre 1996 e 1998. Trabalhou como Engenheiro de Manutenção na planta da Volkswagen/AUDI, em São José dos Pinhais-PR, entre 1998 e 2007. Em março de 2007 foi contratado como Engenheiro de Manutenção Elétrica pela Eletrobras Eletronorte, sendo que em 2009 foi integrado à equipe de comissionamento do projeto Rio Madeira – HVDC e atualmente faz parte da equipe de O&M do Bipolo 1 da Subestação Coletora Porto Velho.

**Joaquim Neto de Rezende Jr.** nasceu em Araguari, Minas Gerais, Brasil, em 1963. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia em 1988. Mestrado em sistemas de potência pela Universidade Brasília em 1999. Trabalha desde 1989 na Eletrobrás Eletronorte como Engenheiro de Operação desenvolvendo estudos de proteção e automação.

**Manoel Lima Garcia**, nascido em Belém – PA em 1979. Formado Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Federal do Pará, cursando Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Rondônia. Trabalhou nas Centrais Elétricas do Pará – CELPA atuando na área de projetos e estudos de subtransmissão, nas Centrais Elétricas de Rondônia – CERON e, desde 2005, está na Eletrobrás Eletronorte atuando na área de manutenção e comissionamento de controle e proteção de subestações de transmissão em 230 kV e 500 kV.

**Rogério Antônio da Silva** nasceu em Uberlândia – MG em 1960. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela universidade de Brasília – UnB em 1983. Possui curso de Especialização em Proteção de Sistemas Elétricos pela FUPAI da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Trabalha na Eletronorte desde 1984 na área de estudos de sistemas de proteção, controle e automação.

**Ulisses Gomes Galvão** nasceu em Anápolis, Goiás, Brasil, em 1962. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Goiás em 1988. Especialização em proteções digitais para sistemas elétricos pela Universidade Federal de Brasília

em 1999. Especialização em proteção de sistemas elétricos pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 2003. Trabalha desde 1989 na Eletrobrás Eletronorte como Engenheiro de Operação desenvolvendo estudos de proteção e automação.

**Antonio Augusto C. Pagioro** nasceu em Fernandópolis, São Paulo, em 1977. Graduiu-se em engenharia elétrica pela Universidade Estadual Paulista, Unesp Campus Ilha Solteira, em 2005. Iniciou sua carreira profissional em 2000 como estagiário na área de service de subestações da ABB em Osasco. Trabalhou em comissionamentos de alta e média tensões até 2005 quando transferiu-se para a área de CC da ABB em Guarulhos. Foi engenheiro supervisor de operação e manutenção das estações conversoras de Garabi 1 e 2 até 2009, quando transferiu-se para a unidade de CC da ABB em Ludvika, onde desde então executa funções relacionadas a Controle e Proteção de sistemas deCC. Participou no projeto do Rio Madeira como engenheiro líder daequipe de desenvolvimento do sistema de controle e proteção do Bipolo 1 e sistema de proteção das estações Back to Back 1 e 2.

**Felipe Alves Sobrinho** Formado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (2004). Trabalhou na Marte Engenharia e na Eletrobras Eletronorte na área de planejamento de sistemas de transmissão, participando de diversos estudos do projeto básico do Back-to-Back de Porto Velho e do Bipolo 1 entre Porto Velho e Araraquara. Desde 2014 trabalha na ABB na área de estudos elétricos e HVDC.

**Felipe Nascimento Cassarotti.** Formado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria em 2004, iniciou sua atividade profissional no mesmo ano na estação conversora Garabi como Especialista em Controle e Proteção até 2007. Atuou como Engenheiro de Manutenção na Veracel Celulose e, em 2008 transferiu-se para a ThyssenKrupp CSA onde atuou como engenheiro eletricitista no projeto de utilidades da siderúrgica. Em 2010 integra a equipe de desenvolvimento do projeto do Rio Madeira onde permanece como integrante da equipe e suporte de O&M.

**Paulo Fischer de Toledo** formado como Engenheiro Elétrico pela Faculdade de Engenharia Mauá em 1978, Licenciatura e Ph.D. pelo Royal Institute of Technology (KTH), Estocolmo, Suécia em 2003 e 2007, respectivamente. Tem trabalhado na área de transmissão de energia elétrica associado a sistemas de Corrente Contínua desde 1980. Ele é Engenheiro da ABB – Asea Brown Boveri, e trabalhou em vários departamentos técnicos dentro da empresa. Responsável pelo projeto e solução sistêmica do projeto Rio Madeira, lotes A e C.

**Marcus Danilo Perfeito** nasceu em 1962 em Morrinhos, Goiás (Brasil). Graduiu-se em 1984 em Engenharia Elétrica, modalidade Eletricista, pela Universidade de Brasília, Brasília, e concluiu pós-graduação em Engenharia de Sistemas Elétricos pela Universidade de Itajubá, Minas Gerais, em 1993. Atuou na área de estudos e projeto de sistemas de proteção e controle de subestações. Atualmente Coordenador da Engenharia de Proprietário da Estação Transmissora de Energia, empresa do Grupo Eletrobras Eletronorte.