



Grupo de Estudo de Análise e Técnicas de Sistemas de Potência-GAT

Maritime Link - O Primeiro Sistema de Transmissão Bipolar CCAT-VSC do Mundo

FELIPE ALVES SOBRINHO(1); PETER LUNDBERG(2);
ABB(1); ABB(2);

RESUMO

O elo CCAT de Maritime, no Canadá, é o primeiro bipolo no mundo a usar conversoras fonte de tensão (VSC). Em operação desde o ano de 2018, esta interligação conecta a ilha de Newfoundland à província de Nova Escócia. Esse artigo mostra conclusões interessantes dos estudos realizados durante a fase de projeto e como a conversora evita o corte de carga durante contingências.

PALAVRAS-CHAVE

CCAT, Bipolo, Linha aérea, VSC

1.0 - INTRODUÇÃO

O elo CCAT de Maritime, com capacidade de transmissão de 500 MW e tensão CC de ± 200 kV, é o primeiro bipolo VSC do mundo, além de ser o primeiro a usar linhas aéreas em parte de sua transmissão. Composto por conversoras de *half-bridge*, possui 14 níveis e conecta os sistema CA conectado à estação conversora de Bottom Brook em Newfoundland e o sistema CA conectado a estação de Woodbine na Nova Escócia através de 188 km de linhas aéreas, 170 km de cabos submarinos e 1 km de cabos subterrâneos.

Esta conexão permite que a energia renovável gerada na ilha de Newfoundland e a província de Labrador seja transmitida à rede norte-americana na Nova Escócia, facilitando também a transmissão de potência no sentido contrário quando necessário.

O elo de Maritime é a primeira conexão na história entre a província de Labrador e a ilha de Newfoundland com a rede norte-americana.

A Figura 1 mostra a localização geográfica da conexão CCAT.



Figura 1 – Mapa da região onde se localiza o bipolo de Maritime

Este artigo trata dos estudos que foram realizados durante a etapa de projeto, demonstrando a capacidade de conexões CCAT com tecnologia VSC com funções de controle que incluem o compartilhamento de reserva girante entre os dois sistemas CA conectados através do elo CCAT, o que tem a capacidade de evitar corte de carga em condições críticas de funcionamento da rede de transmissão ou após contingências severas. De uma forma geral, o elo de Maritime aumenta a estabilidade das redes CA conectadas às estações conversoras com controles emergenciais e de frequência.

Este artigo também apresenta os resultados de testes que demonstram a capacidade de variação rápida de potência ativa do elo CCAT, além de mostrar a evolução das conversoras CCAT como uma solução eficiente com a tecnologia VSC.

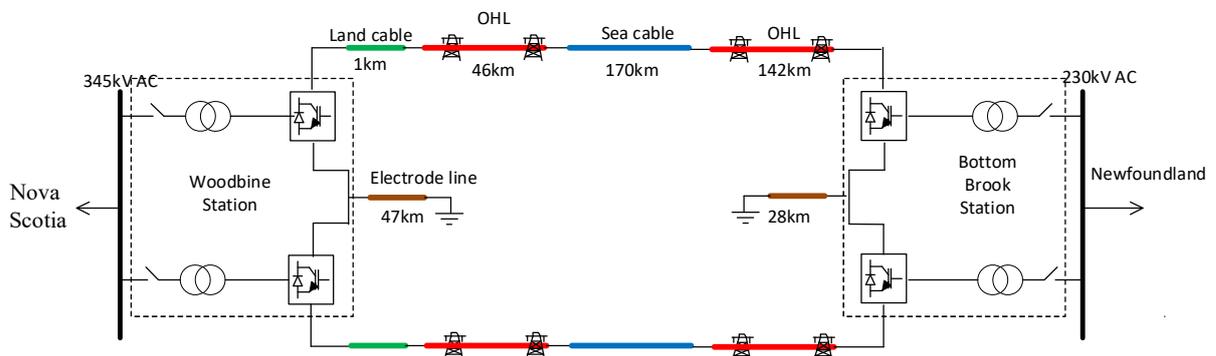


Figura 2 – Diagrama unifilar simplificado do bipolo de Maritime

Este artigo também apresenta o resultado de alguns testes de comissionamento do bipolo como onde são demonstrados a capacidade de rápida variação de potência ativa e o comportamento da conversora frente a uma falta na linha CC.

2.0 - ESTUDOS DE SISTEMA

Com a crescente integração de fontes renováveis à sistemas elétricos, alguns tipos de usinas mais tradicionais podem ser gradualmente descomissionadas o que pode levar a uma redução da capacidade girante nesses sistemas. Devido ao fato de que fontes hidráulicas e eólicas são variantes ao longo do ano e, no caso das eólicas, ao longo do dia, diferentes cenários de fluxo de potência devem ser considerados durante a fase de estudos.

Estudos complexos e abrangentes devem ser realizados de modo a que as funcionalidades da conversora que dão suporte à rede CA sejam bem dimensionadas sem que haja impactos negativos no sistema. Estes estudos vão desde a avaliação do desempenho dinâmico da conversora até estudos específicos como a avaliação de multi-infeed.

Para os estudos, condições de sistema críticas são avaliadas como, por exemplo, a relação de curto-circuito entre a conversora e a rede CA, conhecida por short-circuit ratio (SCR), que na estação de Woodbine situa-se entre 4,9 e 6,5 enquanto que na estação de Bottom Brook a rede CA mais fraca proporciona valores para o SCR inferiores a 3. Baseado em dados enviados pelas empresas transmissoras, dez cenários foram identificados como sendo críticos e foram considerados no estudo.

Nos estudos de fluxo de potência e estabilidade dinâmica, com a simulação de diversas faltas e contingências, os modos de oscilação eletromecânicas dos sistemas CA conectados às estações são analisados. Como um exemplo, uma instabilidade do sistema foi identificada para uma contingência em determinada condição da rede. Essa instabilidade é mostrada nas curvas em azul na Figura 3 que onde é visível que, após um distúrbio, uma oscilação com frequência entre 6 e 10 Hz aparece sem nenhuma tendência de amortecimento aparece nas curvas de tensão (2), potência (1) e frequência (3). Na mesma Figura 3, o gráfico (4) mostra o desvio de velocidade de uma máquina representativa do sistema CA em relação à velocidade síncrona e o gráfico (5) mostra a potência ativa transmitida em uma linha CA adjacente à estação conversora.

Após a análise do comportamento da conversora e da rede CA, o estudo para o controle emergencial de potência (EPC) foi realizado para analisar a possibilidade de utilizar o controle de potência da conversora CCAT para melhorar a estabilidade do sistema CA. Os casos estudados que apresentaram instabilidade foram analisados e o EPC foi projetado de modo a lidar com esses distúrbios.

A figura 3, nas curvas em verde, mostra a melhora da estabilidade do sistema frente ao mesmo distúrbio que causou as oscilações nas curvas em azul. A potência ativa transferida a partir da Nova Escócia para a ilha de Newfoundland, que inicialmente era de 325 MW, foi reduzida para um valor próximo de zero pelo controle emergencial de potência, o que fez com que o gerador se mantivesse com velocidade síncrona constante. Da mesma forma, a tensão e a frequência são também estabilizadas.

É importante ressaltar que a rápida redução de potência ativa na conversora teve um impacto significativo em Newfoundland já que a rede CA na ilha é mais fraca. No entanto, devido à presença de reserva girante pela presença de unidades geradoras hidroelétricas nesta ilha, a rede elétrica manteve-se estável com pequena redução em sua frequência. Assim, este exemplo fica clara a situação em que a reserva girante presente na rede CA em um dos lados da transmissão CC pode ser transferida para a rede conectada do outro lado.

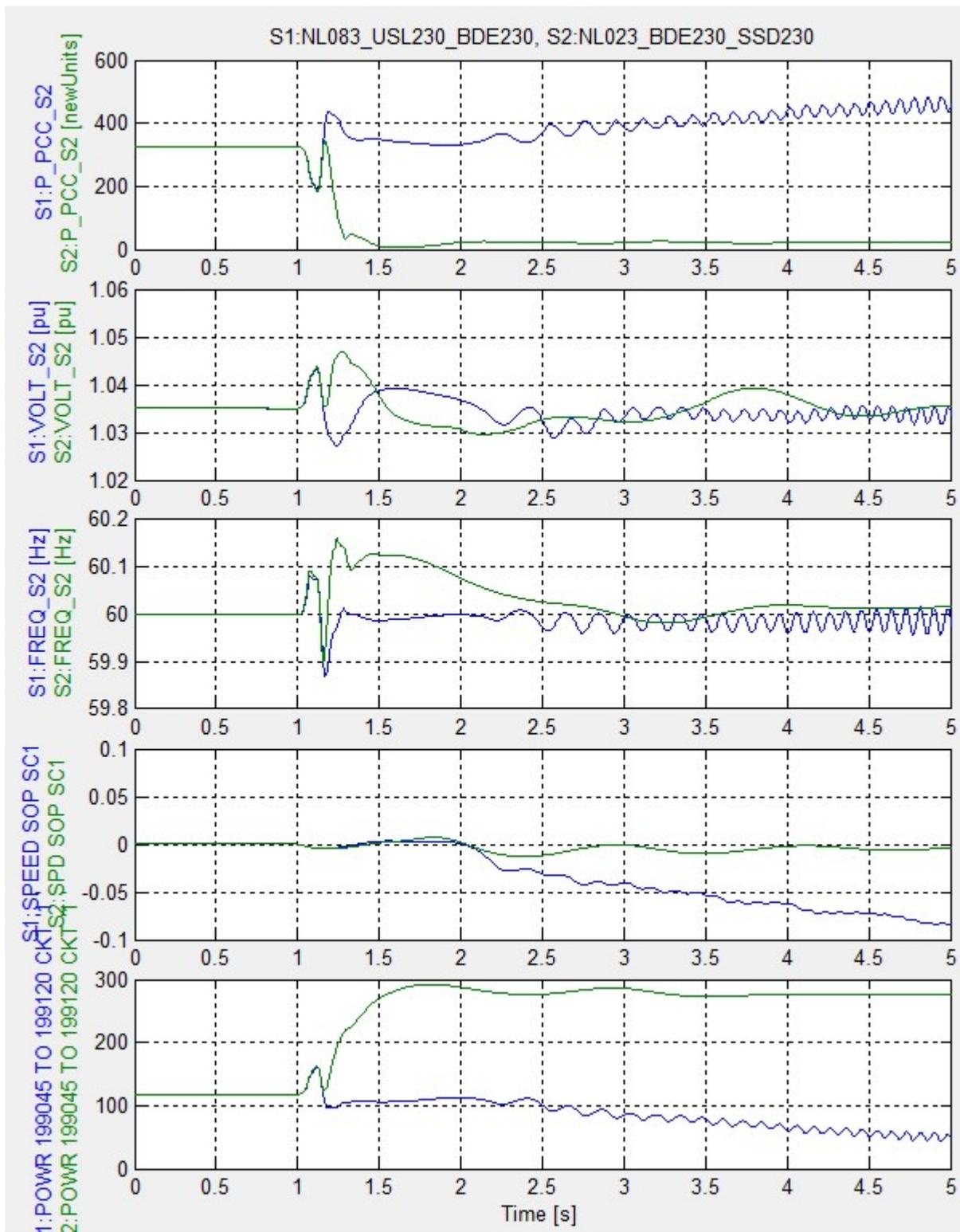


Figura 3 – Efeito do EPC em condições críticas da rede. Curva azul sem o EPC e curva verde com o EPC. Potência ativa no link CCAT (1), tensão no ponto de conexão com a rede CA (2), Frequência nas redes CA (3), Desvio de velocidade de uma das unidades geradoras de cada rede CA (4), Potência ativa transmitida em uma linha de transmissão CA conectada à conversora (5).

O estudo de comportamento da frequência do sistema também foi realizado de forma a determinar como as conversoras CCAT podem auxiliar no controle dessa grandeza durante distúrbios com o seu rápido controle da potência transmitida entre as redes CA conectadas às suas extremidades.

Para este estudo, as simulações foram realizadas para seis diferentes cenários de configurações das redes CA em Nova Escócia e Newfoundland e distúrbios que envolvem perda de geração ou de carga foram simulados e analisados. Um controlador de frequência foi desenvolvido para ajustar o fluxo de potência no elo de Maritime para minimizar as excursões de frequência e, assim, auxiliar a rede que sofre com a falta a manter a frequência dentro dos limites pré-determinados, evitando assim cortes de carga na região.

A Figura 4 mostra um exemplo do impacto do elo CCAT frente a uma perda de geração com o desempenho do controle de frequência (curvas verdes) comparado com o desempenho da rede sem este controle (curva azul). Sem a presença do controle de frequência, o elo CCAT mantém a transmissão de potência ativa inalterada e a frequência é reduzida em mais de 0,5 Hz o que acarreta na ativação de um esquema de alívio de carga para que a frequência volte a subir. Com o controle de frequência ativado, o elo CCAT ajusta o fluxo de potência automaticamente e o desvio de frequência é visivelmente menor sem a necessidade de corte de carga.

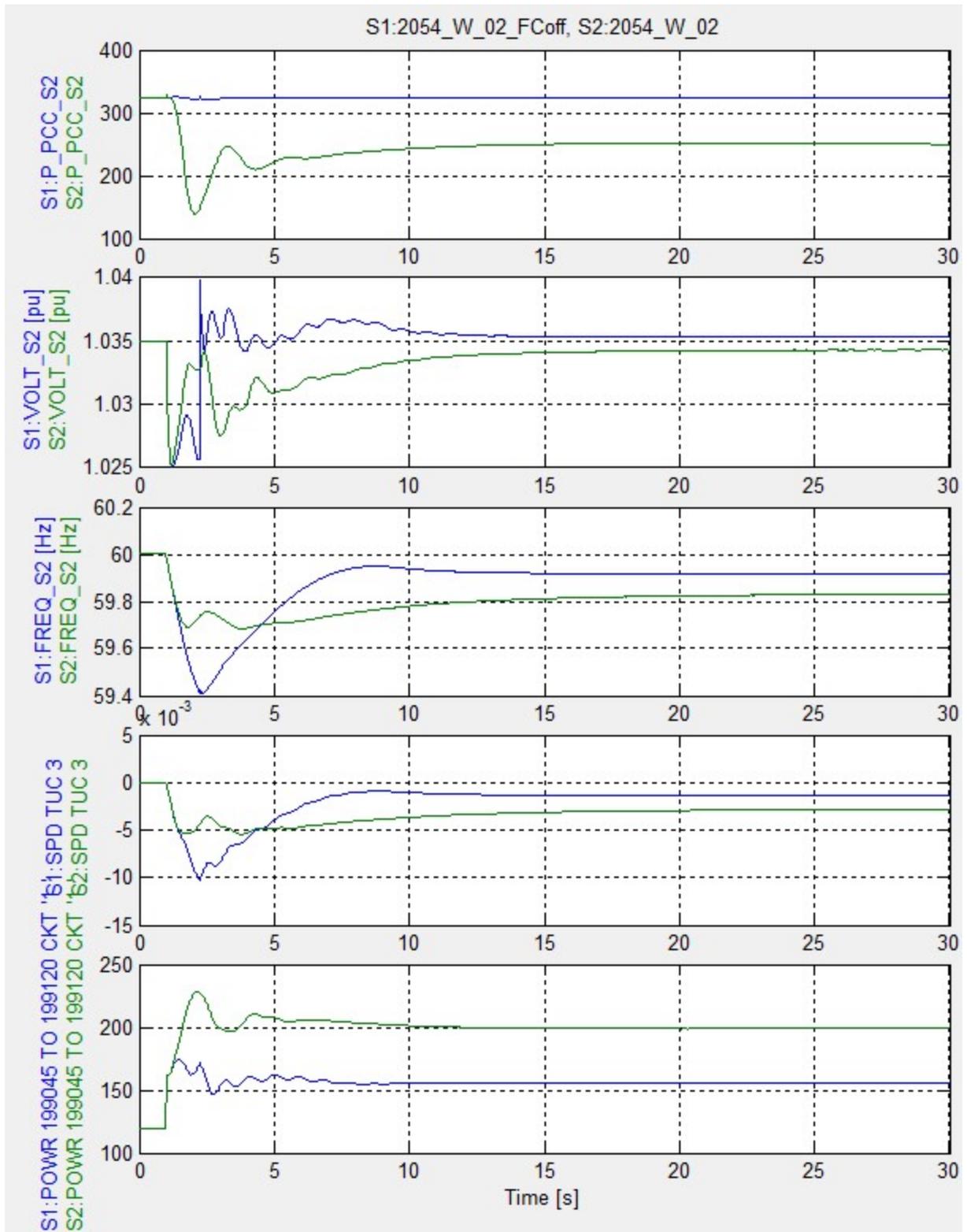


Figura 4 – Efeito do controle de frequência após perda de geração. Curva azul sem o controle de frequência e curva verde com o controle de frequência. Potência ativa no link CCAT (1), tensão no ponto de conexão com a rede CA (2), Frequência nas redes CA (3), Desvio de velocidade de uma das unidades geradoras de cada rede CA (4), Potência ativa transmitida em uma linha de transmissão CA conectada à conversora (5).

3.0 - TESTES DE COMISSONAMENTO

Durante o comissionamento, vários testes são realizados para verificar se o desempenho esperado durante a fase de projeto se concretiza. Nesta seção, os resultados de dois testes especiais são apresentados.

Como demonstrado na seção anterior, o elo CCAT tem a capacidade de aumentar a estabilidade do sistema se as estratégias de controle adequadas como, por exemplo, um controle emergencial de potência ou um controle de frequência são implementadas.

Não é tarefa simples ter a oportunidade de testar o EPC ou o controle de frequência durante o período de comissionamento. No entanto, a capacidade de variação rápida na potência ativa, que é fundamental para o correto funcionamento desses sistemas pode ser testada.

A Figura 5 mostra a resposta ao degrau na ordem de potência ativa. Pode ser observado que o tempo de resposta é extremamente curto e leva aproximadamente um ciclo. A tensão e corrente CC também apresentam comportamentos estáveis.

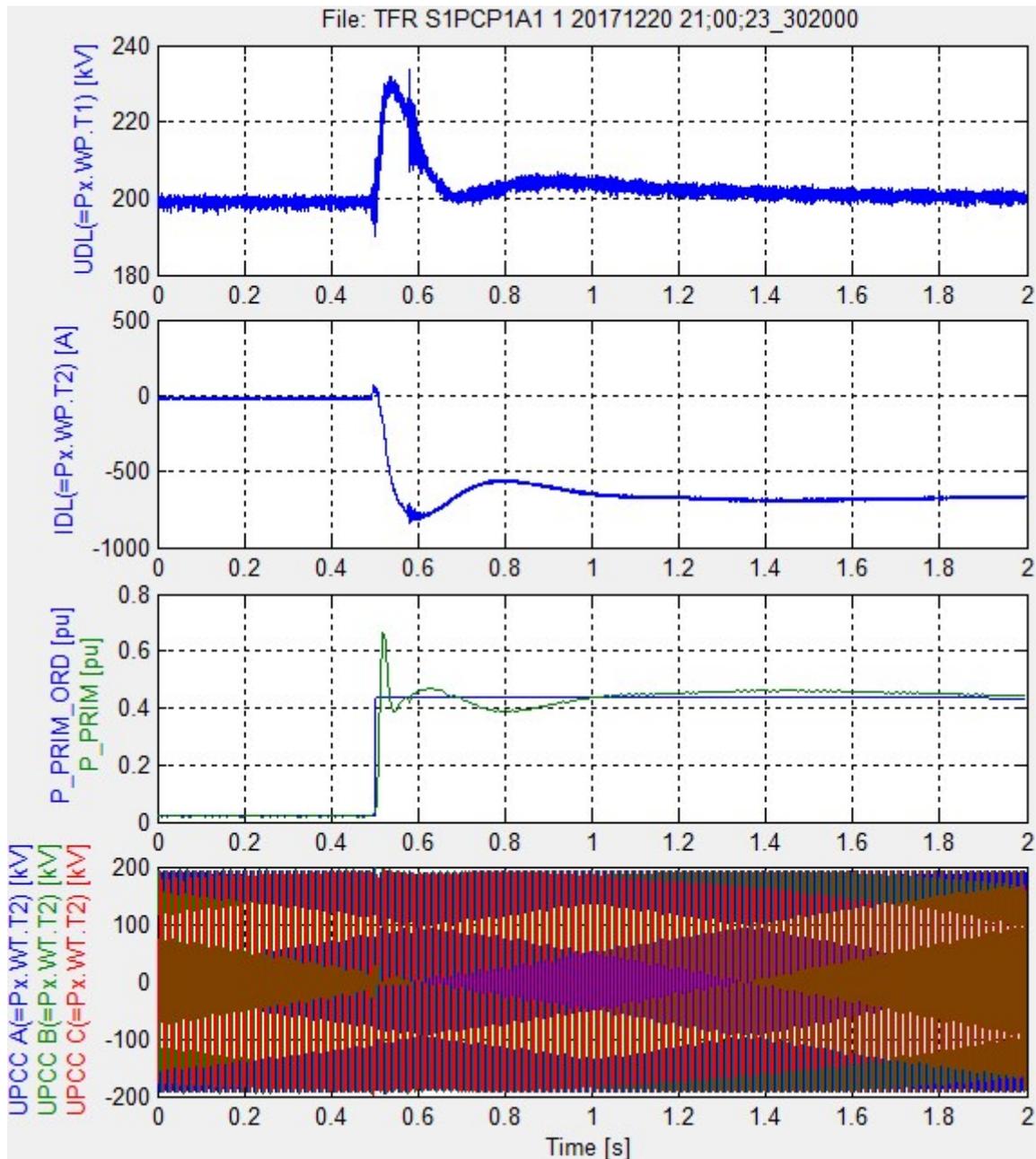


Figura 5 – Tensão CC (1), Corrente CC (2), ordem de potência (curva azul) e potência transmitida (curva verde) (3), tensão CA no ponto de conexão (4).

Outro teste realizado foi o da falta na linha CC com resultados apresentados na Figura 6. Como pode ser observado nos gráficos, a corrente que alimentava a falta foi extinta com a abertura do disjuntor CA (ACBUS CB1 OPEN) enquanto a corrente residual da falta foi eliminada com a abertura da chave da barra de neutro conhecida

como NBS (NBS_OPEN_ORD). Embora o período de deionização tenha sido relativamente longo (300 ms), a conversora foi desbloqueada 700 ms depois do fechamento da chave NBS (ver sinal DEBLOCK).

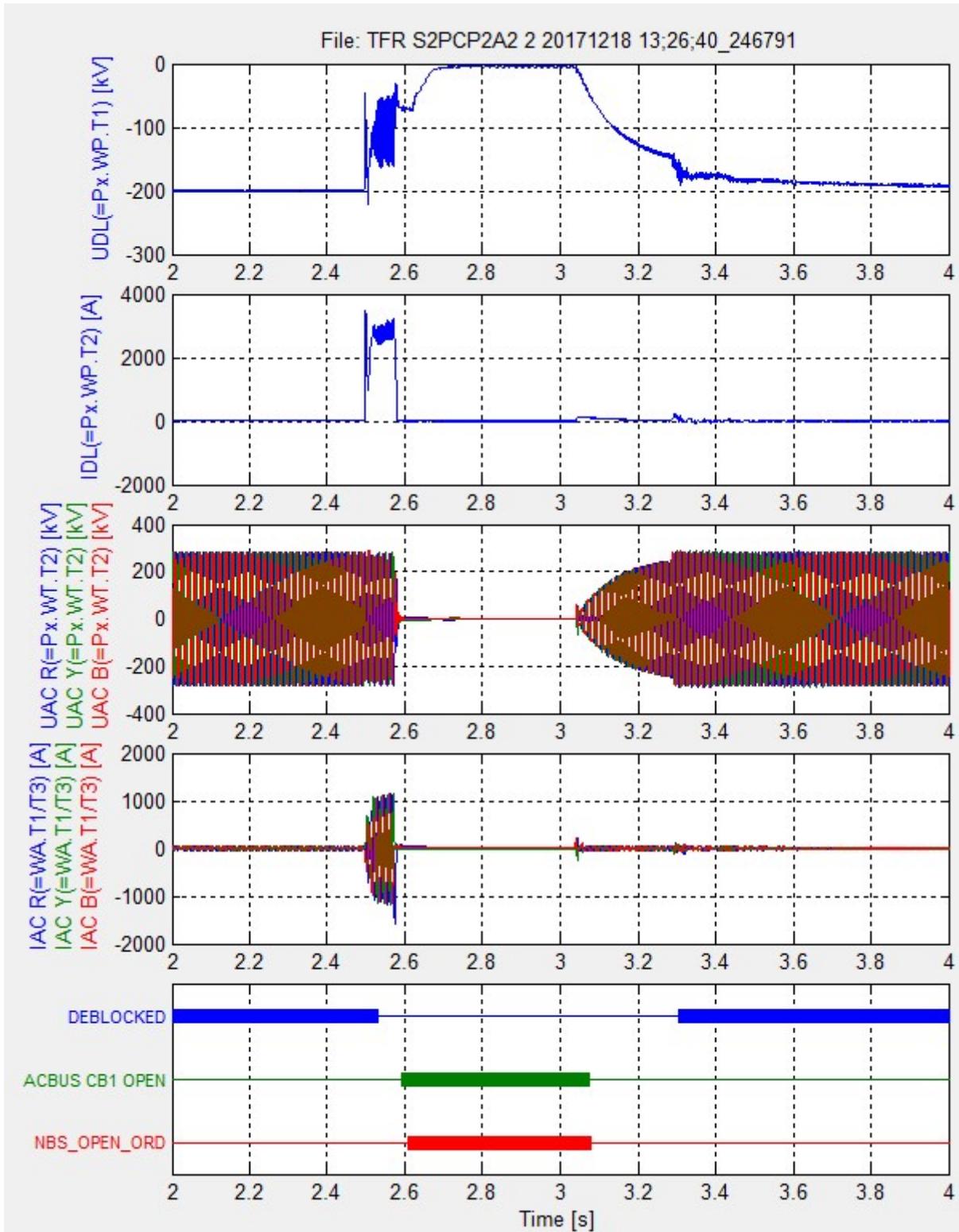


Figura 6 – Tensão CC (1), Corrente CC (2), tensão CA no ponto de conexão (3), corrente CA medida no primário do transformador conversor (4), sinal de desbloqueio do polo, status do disjuntor da conversora e da chave da barra de neutro (5).

4.0 - CONCLUSÃO

Este artigo apresentou diferentes funções do elo CCAT de Maritime, o primeiro VSC do mundo que opera como bipolo e com linha aéreas, que possibilitam uma maior estabilidade das redes CA conectadas às suas extremidades.

Com os exemplos demonstrados no artigo fica clara a capacidade de compartilhamento de reserva girante entre redes que não estão conectadas por linha CA, o que evita cortes de carga em situações críticas da rede.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Hafner, Y.J, JOHANSON, F., VESTERGAARD, O., LUNDBERG, P. Maritime Link – The First Bipolar VSC HVDC Enabling Integration of Renewable Energy and Stabilization of Electricity Grid Connection

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Peter Lundberg trabalhou como líder técnico em projetos de HVDC Light e atualmente é gerente de produto do HVDC Light da ABB



Felipe Alves Sobrinho trabalhou por 7 anos na Eletrobras Eletronorte com estudos de planejamento de transmissão incluindo equipamentos FACTS e conversoras HVDC. Nesse período também trabalhou nos estudos das conversoras HVDC do bipolo 1 do Rio Madeira. Na ABB desde 2014, trabalhou por dois anos na ABB Suécia na área de estudos de dimensionamento de equipamentos para subestações conversoras HVDC. Atualmente trabalha como especialista de FACTS e HVDC da ABB para a América Latina.