



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

Controle Emergencial de Potência em um Link CCAT.

**FELIPE ALVES SOBRINHO(1); CLAUDIO OLIVEIRA(1); RODRIGO PERES(1);
ABB(1);**

RESUMO

Em sistemas elétricos de transmissão cada vez mais complexos, os operadores necessitam de ferramentas confiáveis para garantir a confiabilidade e estabilidade da rede. Nesse cenário, sistemas de transmissão CCAT são ferramentas poderosas na estabilização do sistema após distúrbios dada a rápida resposta de seu controle que pode ser configurado, durante os estudos de planejamento ou operação, para intervir em situações pré-definidas. Este informe técnico apresenta o Controle Emergencial de Potência desenvolvido pela ABB e mostra algumas formas em que ele pode ser usado.

PALAVRAS-CHAVE

CCAT, Estabilidade, Controle de Potência

1.0 - INTRODUÇÃO

O controle de frequência é uma função bastante útil que pode ser implementada no controle do elo CCAT, uma vez que o desvio de frequência pode levar a ações de pequenas ou grandes proporções, desde ações de proteção para evitar danos ao equipamento até mesmo ações de equilíbrio de controle e/ou corte de cargas. Os três principais fatores que afetam a resposta dinâmica da frequência incluem o tamanho do desequilíbrio de energia devido a uma perturbação, disponibilidade de reservas girantes e inércia total do sistema. Este artigo avalia as possibilidades de controle de frequência do SEP em relação as possibilidades de controle de potência de emergência (EPC) dos elos de corrente contínua (CCAT).

Elos de corrente contínua em alta tensão (CCAT) são cada vez mais usados em diferentes partes do mundo como uma forma eficiente e confiável de transmissão de energia em curta ou longa distância. Um dos principais diferenciais nos elos CCAT é a sua capacidade de controle rápido da potência ativa transmitida tanto em conversoras LCC (conversores de comutação natural) como VSC (conversores fonte de tensão), sendo que no caso da segunda, esse controle também se aplica à potência reativa absorvida ou injetada na rede CA pela conversora.

Este controle de potência ativa permite não só a flexibilidade operativa na transmissão da potência desejada, mas também pode atuar automática e rapidamente no amortecimento de diferentes tipos de distúrbios na rede CA, com malhas de controle especiais projetadas para reagir a diferentes situações onde o engenheiro projetista ou o operador pode definir critérios, limites, taxas máximas de variação de resposta, etc.

Funções de modulação com diferentes tipos de contribuições na potência podem ser utilizadas. Estas contribuições são sobrepostas na ordem de potência determinada pelo operador e são especificadas para cada particularidade de projeto com foco na estabilidade do sistema de corrente alternada. Dentre as principais funções de modulação destaca-se o controle emergencial de potência (EPC). A Figura 1 mostra um esquemático simplificado do controle de um elo CCAT.

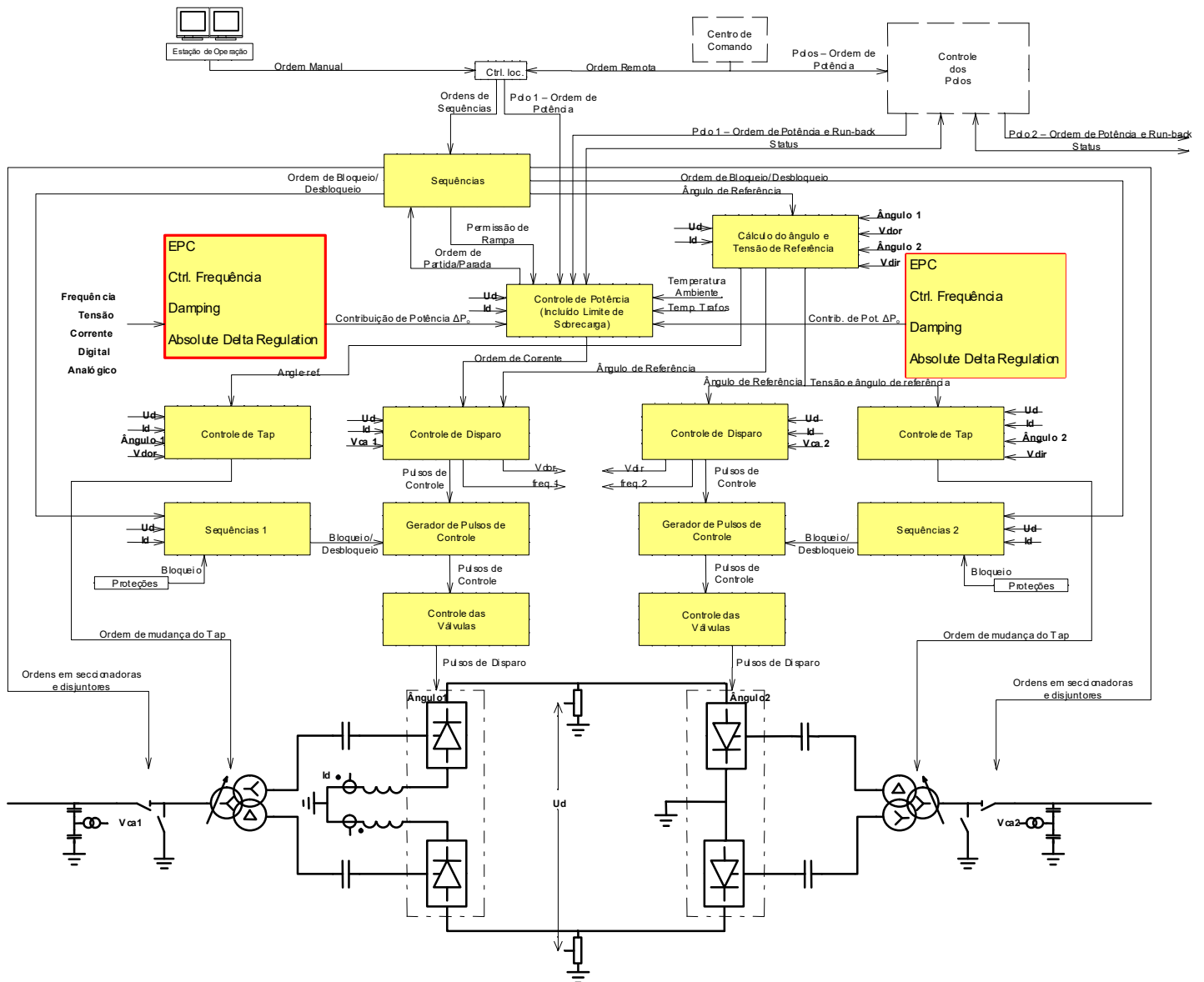


Figura 1

O propósito do Controle Emergencial de Potência é aumentar ou diminuir a potência CC transmitida de modo a ajudar a rede CA a manter certas grandezas como tensão, corrente e frequência dentro de limites definidos no projeto.

A ativação do EPC se dá de forma automática e independe da potência transmitida no elo CC no período pré-distúrbio e elos transmitindo no modo de tensão reduzida também podem ser programados para realizar esse controle de potência emergencial se assim for desejado. O EPC pode, inclusive, inverter a direção do fluxo de potência DC se assim for decidido no projeto.

A estação que requer o controle emergencial de potência torna-se, imediatamente após o distúrbio, a estação mestre, ou seja, a estação que tem o controle da ordem de potência DC.

Um esquemático simplificado dos sinais de modulação na saída do EPC e como eles se somam ao controle de potência é mostrado na Figura 2.

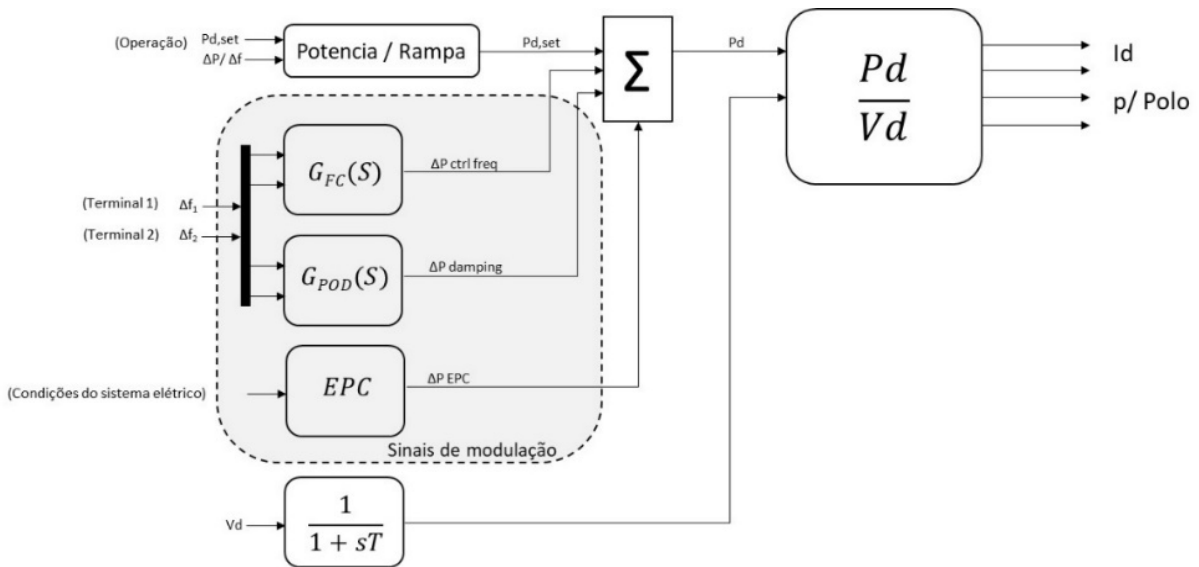


Figura 2

2.0 - FILOSOFIA DE CONTROLE

Cada estação conversora possui diversas lógicas conhecidas como módulos de ativação que possuem parâmetros ajustáveis. Esses módulos são ativados com base em diversos critérios como frequência, corrente ou tensão. Além dessas grandezas, critérios como limites superiores e inferiores, constantes de tempo para filtragem de sinais e valores de desativação do módulo também podem ser mudados pelo operador.

Caso o módulo de ativação detecte que um dos critérios foi ultrapassado, este envia um sinal para o controle emergencial para que este proceda como foi programado até que o critério de desativação seja satisfeito.

A Figura 3 mostra um esquemático simplificado do módulo de ativação.

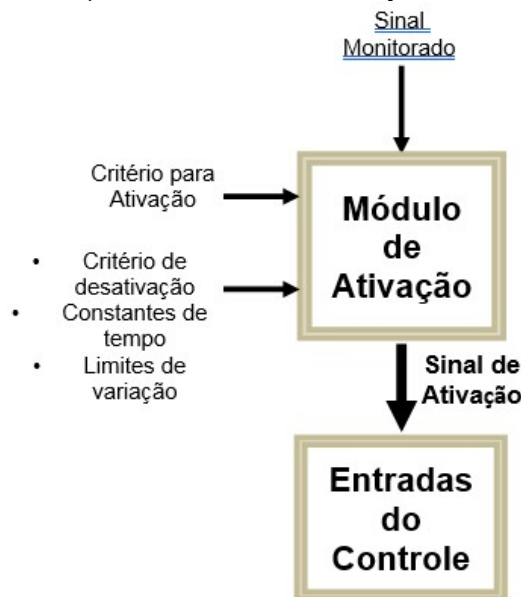


Figura 3

As entradas de controle podem ser na forma de uma variação de potência ativa ou de um valor absolutamente definido e, a depender da grandeza que ativou o EPC, a conversora pode ser desbloqueada, de acordo com critérios pré-definidos. Uma inversão no sentido de transmissão da potência CC também pode ser ordenada.

Uma função presente no EPC é o amortecimento de oscilações de potência (POD). Um sistema de energia CA está sujeito a oscilações de potência devido a oscilações eletromecânicas. Baseado em medições de ângulo de fase, de frequência ou de tensão em uma ou ambas as extremidades do link CCAT, o regulador POD modula automaticamente a ordem de potência DC por um valor (ΔP_{POD}), amortecendo as oscilações de potência de baixa frequência em qualquer um dos sistemas de energia CA interconectados pelo link CCAT.

3.0 - CARACTERÍSTICAS DA FUNÇÃO

As principais características do EPC são:

- As entradas do sistema são definidas por prioridades de execução;
- Limites de função e limites do HVDC;
- Ambas áreas podem solicitar regulação do EPC:
 - Caso a regulação seja na mesma direção do sentido da potência pré-falta, a função prossegue;
 - Caso a regulação seja na direção oposta ao sentido de potência pré-falta, a função interrompe a regulação no último valor de potência antes do evento.
- A Reversão de potência pode ser executada caso a variação de potência a ser executada necessite a realização desse procedimento;
- Desbloqueio com EPC também é possível caso o sistema esteja com esta função habilitada e em condições de partida (RFO – pronto para a operação).

As grandezas configuráveis são o valor a partir do qual o EPC é ativado, a máxima variação de potência que pode ser usada, os ganhos dos controladores, a máxima taxa de variação de potência e o atraso na ativação do controle (td).

Os critérios de ativação podem ser uma combinação de frequência medida, tensão, corrente em linhas CA ou outras condições que são transferidas ao sistema de controle como entradas digitais ou analógicas (sinais de 20 mA).

As Figura 4 mostra o funcionamento da função droop de potência no controle de frequência que consiste em degraus na ordem de potência ativa todas as vezes que os valores da frequência ultrapassam certas grandezas limites definidos pelo usuário.

A primeira função (Dpactual19) introduz uma contribuição de potência em relação à frequência a uma determinada taxa. Quando esta função atinge o seu limite e, ainda assim, a frequência está fora dos limites estabelecidos, uma nova função (Dpactual20) se soma à anterior. Essa função tem uma taxa de variação de potência em relação à frequência maior do que a anterior.

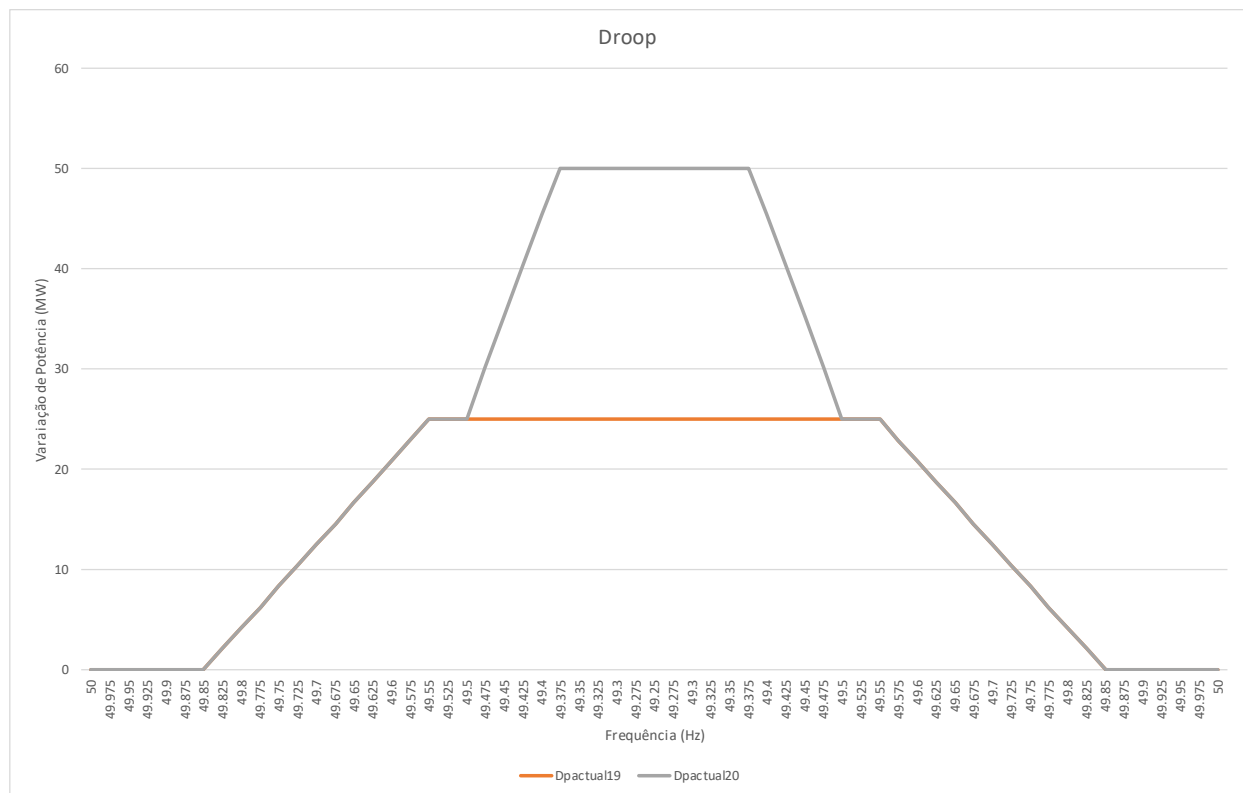


Figura 4 – Sinais que enviam ordens de redução de potência em relação à frequência.

4.0 - SIMULAÇÃO EM MATLAB

Para demonstrar o funcionamento do controle emergencial da potência, simulações foram realizadas em um modelo desenvolvido em MATLAB. O esquemático do modelo é apresentado na Figura 5. A modelagem do EPC para este modelo é mostrada na figura 6. A Figura 7 mostra algumas grandezas medidas no modelo.

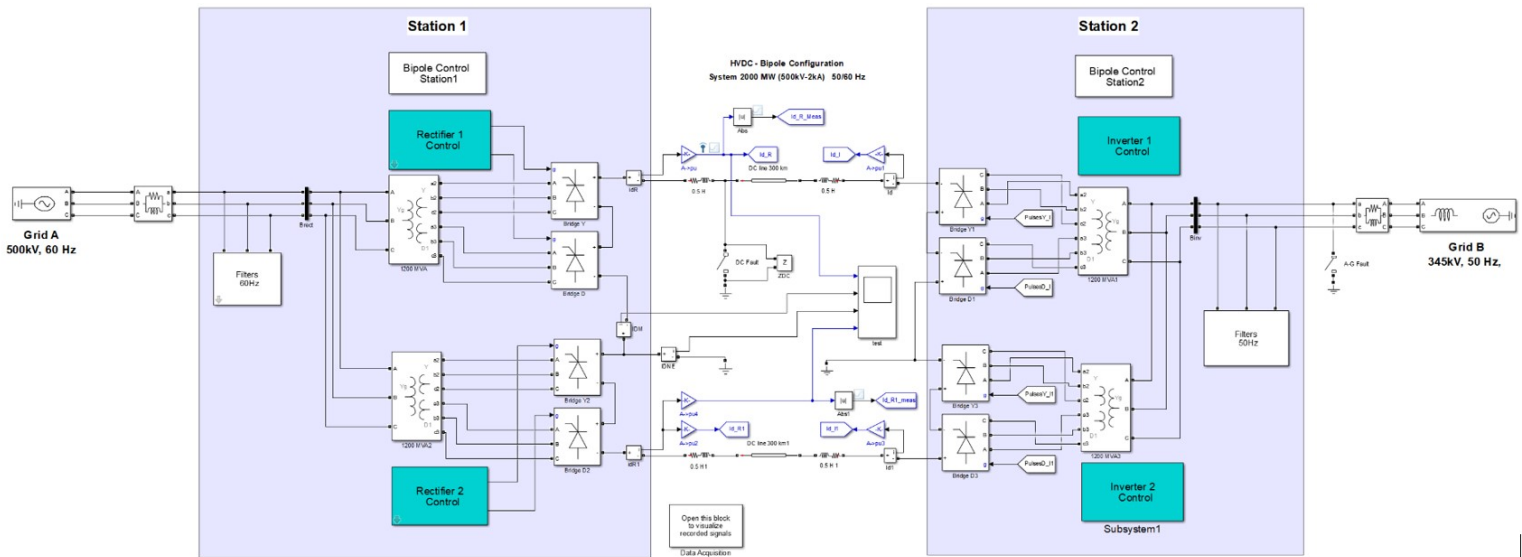


Figura 5

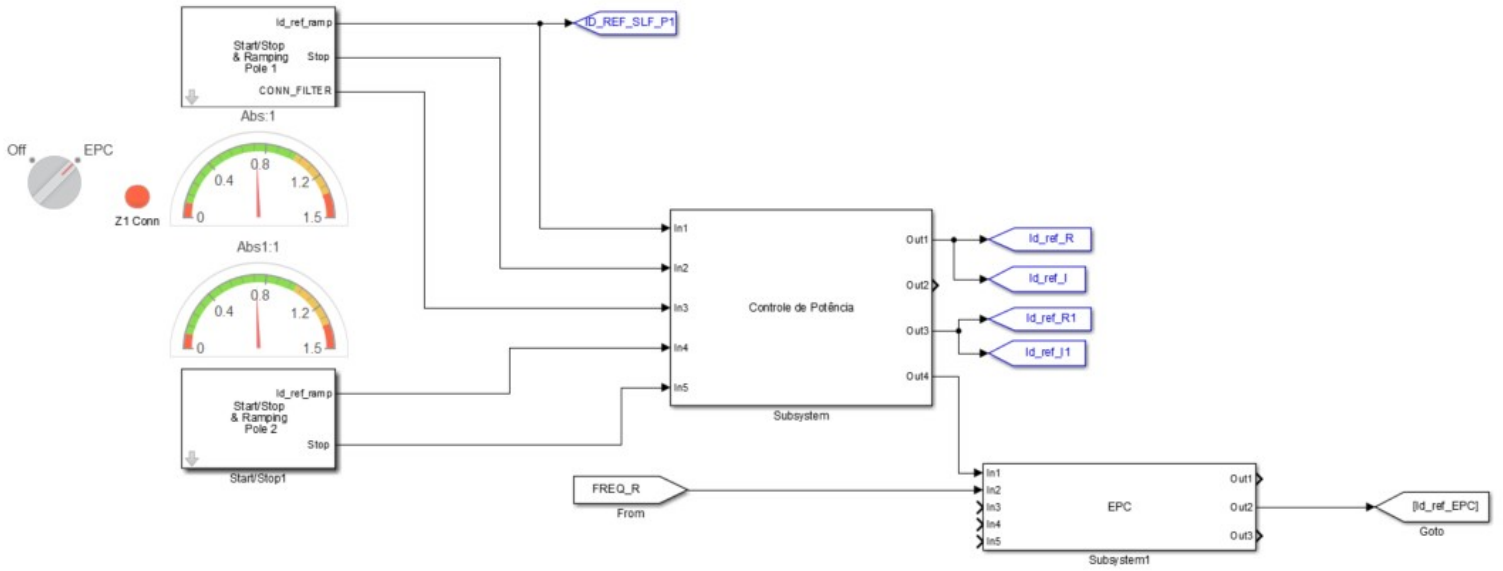


Figura 6

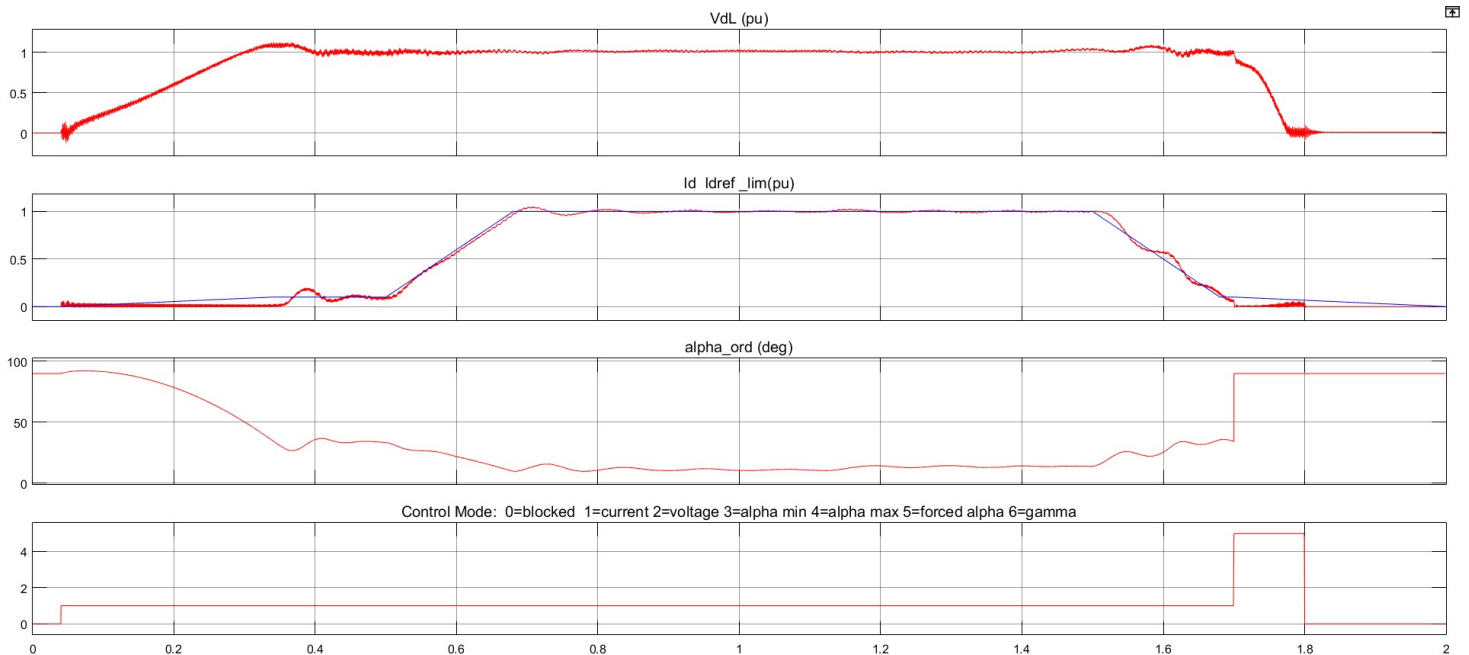


Figura 7 – Grandezas no retificador: tensão CC, corrente CC, ângulo de disparo e modo de operação.

A primeira falta simulada foi uma rejeição de carga na rede CA conectada à conversora. A Figura 8 mostra o comportamento do sistema com o EPC desligado. É possível observar que, sem a ajuda do controle emergencial de potência, a frequência eleva-se sem controle.

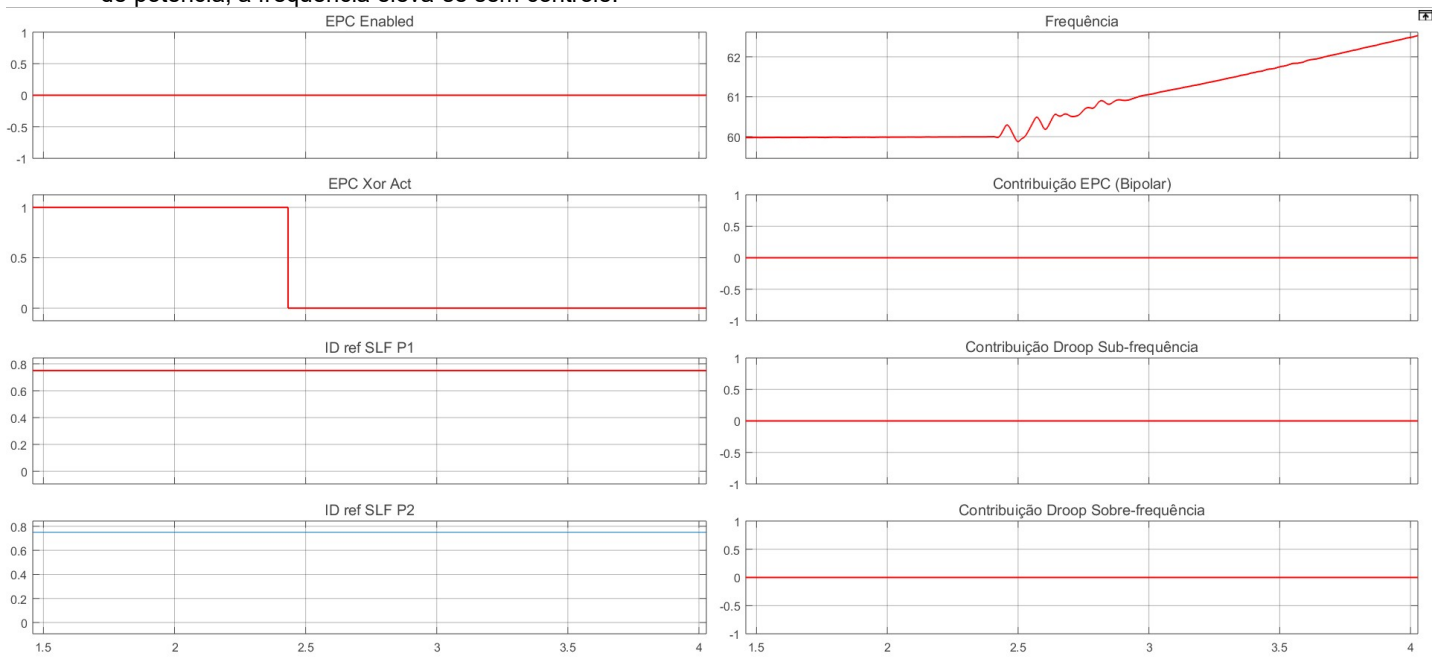


Figura 8 - Falta remota com perda de bloco de carga sem ação do EPC

Repetindo-se a mesma contingência, com o controle emergencial de potência ativado, fica claro como a modulação da potência ativa do elo CCAT traz a frequência de volta ao valor de 60 Hz rapidamente. A Figura 9 mostra essa simulação.

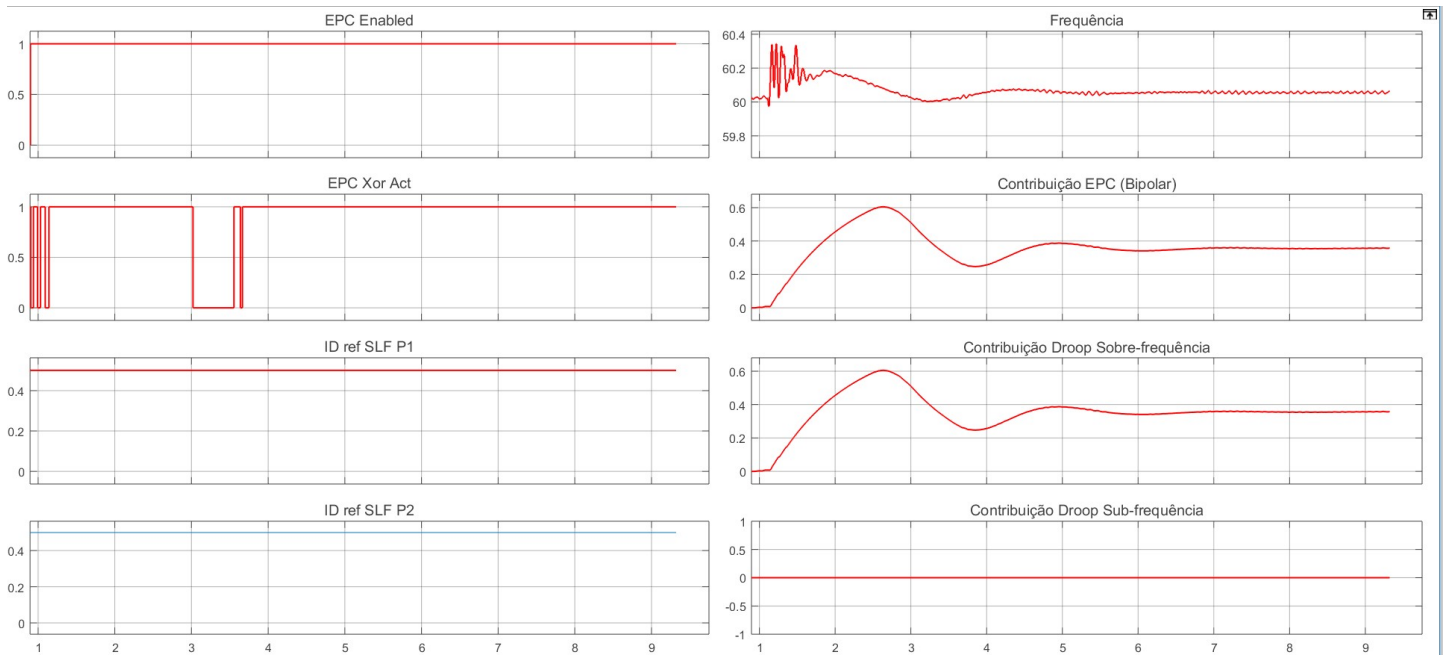


Figura 9 - Falta remota com perda de bloco de carga com ação do EPC

Foi feita também uma simulação de uma falta na rede seguida de perda de geração. Também nesse caso observa-se a modulação na potência ativa no elo CCAT para estabilizar a frequência. A Figura 10 mostra essa simulação.

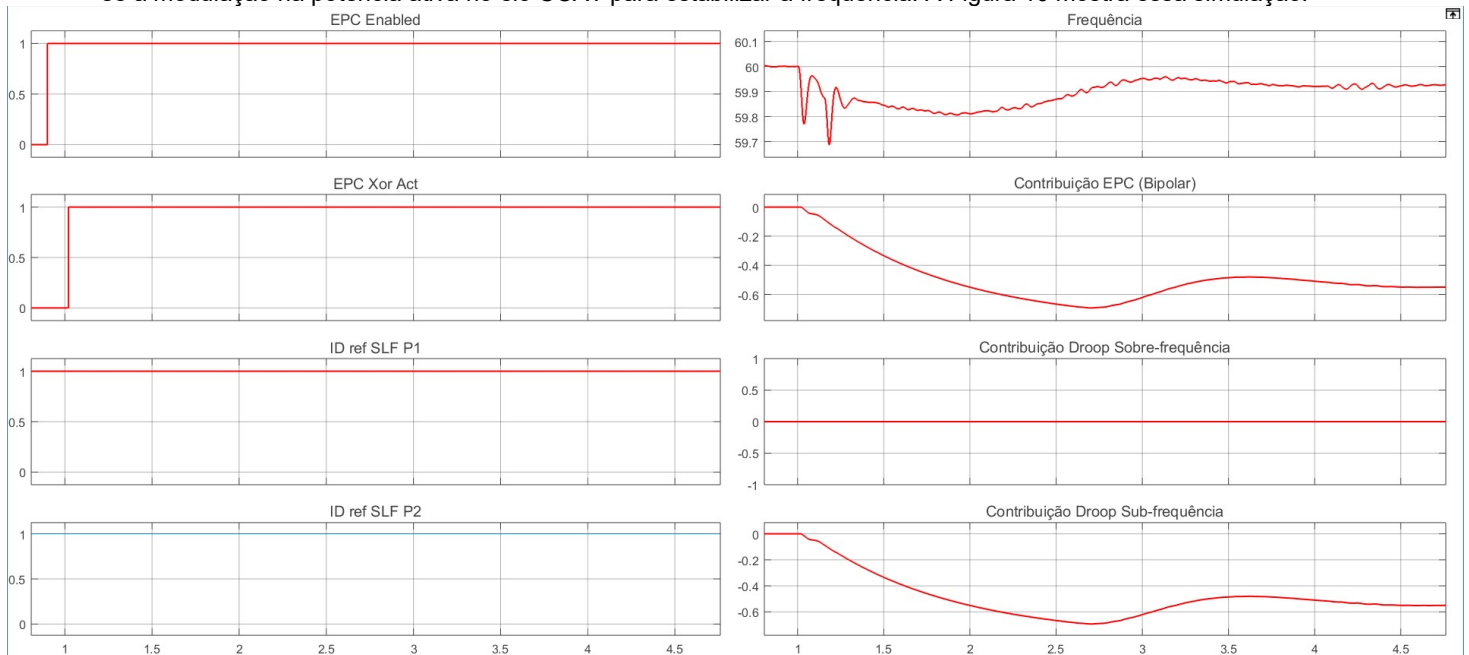


Figura 10 - Falta remota com perda de bloco geração com ação do EPC

5.0 - CONCLUSÕES

O controle emergencial de potência é uma ferramenta poderosa na estabilização de uma rede de transmissão CA, aproveitando-se da flexibilidade dos elos CCAT no tangente à modulação de potência transmitida. O controle pode ser customizado de forma a maximizar o seu desempenho, aproveitando-se da velocidade de resposta do controle de potência CC.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Claudio Pereira de Oliveira nasceu em São Paulo em 1977 graduou-se em Engenharia elétrica em 2006, formou-se em especialista em sistemas de energia em 2012 e atualmente cursa mestrado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Itajubá. Trabalha na ABB desde 2009 na área de service de HVDC e FACTS. Atualmente trabalha na função de design engineer na área de engenharia de controle de HVDC para o link HVDC Kontiskan entre Dinamarca e Suécia.



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.

Rodrigo Gonzalez Peres trabalhou por 2 anos como responsável técnico de projetos turnkey de subestações. Trabalha a 6 anos na área da ABB Consulting no Brasil com estudos sistêmicos e de proteção da rede elétrica.