



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

BR/GAT/29
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - IV

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

**COMPENSADOR ESTÁTICO DE EXTREMOZ:
ESTUDOS EM SIMULADOR DIGITAL EM TEMPO REAL (RTDS) PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE
EQUIPAMENTOS FACTS ASSOCIADOS À INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS**

Manfredo Correia Lima (*)
Chesf

Claes Brisby
ABB

Huang Wenkan
ABB

RESUMO

Este IT apresenta os testes em RTDS realizados para avaliação do desempenho do compensador estático (CE) Extremoz, parte dos reforços de transmissão do Lote A do Leilão ANEEL 006/2010 vencido pela Chesf, e requeridos para a integração ao Sistema Interligado Nacional de parques eólicos. São realizados testes de aplicação de pequenas e grandes perturbações utilizando-se os painéis reais de controle do compensador. A presença do CE Campina Grande, operando eletricamente próximo do CE Extremoz, é também analisada, visando assegurar que ambos os equipamentos respondem satisfatoriamente, sem presença de oscilações não amortecidas entre seus controles durante distúrbios na região de influência comum aos dois compensadores.

PALAVRAS-CHAVE

Compensador Estático, Simulador Digital em Tempo Real (RTDS), Parques Eólicos, Sistemas de Controle

1.0 - INTRODUÇÃO

Através do Edital ANEEL nº 006/2010, foi realizado o leilão do Lote A (1), associado aos reforços de transmissão necessários para permitir a integração ao SIN (Sistema Interligado Nacional) de parques eólicos previstos para instalação no Estado do Rio Grande do Norte, região Nordeste do Brasil. O lote A é composto pelas subestações Extremoz II e João Câmara, além de trechos de linhas de transmissão em 230kV (FIGURA 1) e teve como vencedora a Chesf. Para assegurar que o escoamento da energia produzida pelos mencionados parques eólicos se dará em conformidade com os procedimentos de rede, foi contemplada neste lote a instalação na subestação (SE) Extremoz II de um compensador estático (CE) com nominais (-75 a +150 Mvar / 230kV).

Neste IT, são descritos os testes em simulador em tempo real (RTDS) realizados para avaliação do desempenho do referido equipamento, apresentando os principais resultados e conclusões. Para isto, os painéis reais do CE Extremoz foram conectados ao RTDS onde é efetuada a representação da rede elétrica, sendo realizados os testes de avaliação do desempenho do referido equipamento.

A primeira etapa dos testes foi realizada utilizando-se uma representação simplificada da rede elétrica, variando-se o nível de curto-circuito no ponto de conexão do CE Extremoz, da condição correspondente a sistema fraco (baixo nível de curto-circuito – 1790MVA) àquela correspondente a sistema forte (elevado nível de curto-circuito – 5330MVA). A resposta ao degra do CE Extremoz foi analisada. Os parâmetros de performance do compensador foram determinados e avaliados, comparando-se com os valores especificados.

Em sequência, foi realizada a etapa final dos testes, que consistiu na aplicação de grandes perturbações tais como curto-circuitos locais e remotos, manobra de linhas, energização de transformadores e manobra de elementos shunt externos, considerando-se uma representação completa da rede elétrica (FIGURA 1). A presença do CE Campina Grande (0 a 200Mvar, 230kV) requer especial atenção, tendo em vista a sua proximidade elétrica do CE Extremoz. Simulações de aplicação de distúrbios na região de influência comum a ambos os compensadores foram realizadas, visando assegurar que tais equipamentos respondem de forma satisfatória, livres da presença de

oscilações não amortecidas entre os seus controles. O desempenho de funções de proteção que fazem parte do sistema de controle, tais como limitação de tensão e corrente primárias, limitação de tensão secundária, limitação de componente DC e estratégias de sobretensão e subtensão, foi também avaliado.

Concluindo, é destacada a importância da realização de testes em RTDS com a utilização dos painéis de controle reais para avaliação da performance de equipamentos FACTS, o que garante a fiel representação do seu sistema de controle e contribui para abreviar de forma significativa os trabalhos de campo, além de permitir a realização de testes cujo grau de distúrbio na rede elétrica não permite a sua reprodução no sistema elétrico de potência real, tais como a aplicação e eliminação de faltas.

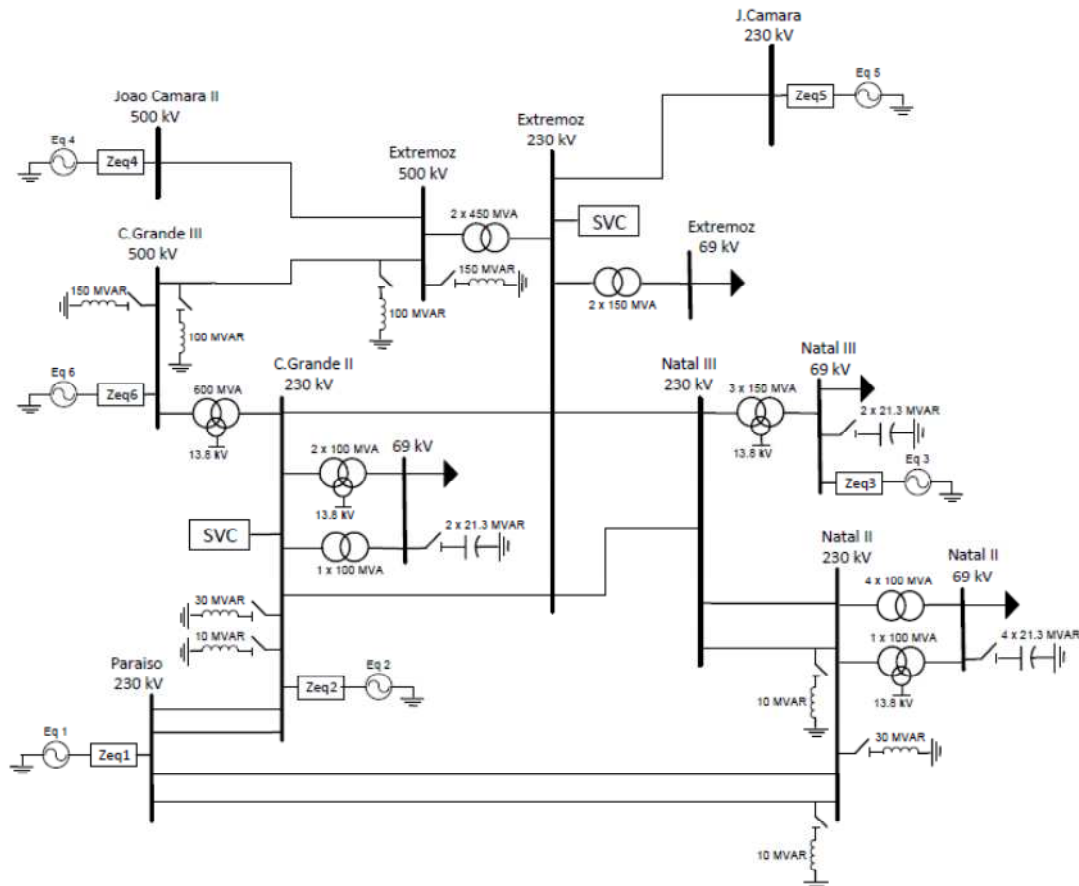


FIGURA 1 - Sistema de Transmissão Associado à Subestação de Extremoz II

2.0 - COMPENSADOR ESTATICO DE EXTREMOZ

O CE Extremoz é composto pelos seguintes elementos (FIGURA 2). As potências reativas são referidas à tensão de 0,95pu no 230kV:

- Banco de transformadores 230/17,1kV, 150MVA, unidades monofásicas, Y aterrado – Δ , uma unidade reserva.
- Dois reatores controlados a tiristores (TCR) de 60,6Mvar cada.
- Dois capacitores manobrados a tiristores (TSC) de 64,2Mvar cada.
- Um filtro capacitivo de 16Mvar sintonizado na terceira harmônica.
- Um filtro capacitivo de 22Mvar sintonizado na quinta harmônica.

A malha principal do CE Extremoz baseia-se em um controle integral e tem por objetivo controlar a sua tensão terminal de 230kV com base na medição da componente de sequência positiva, variando a susceptância de saída do referido equipamento. O ganho desta malha depende do coeficiente de sensibilidade entre tensão e potência reativa, medido no ponto de acoplamento com a rede CA, sendo necessário modificar o seu valor para manter os parâmetros de desempenho do CE Extremoz conforme especificado quando ocorrem mudanças de configuração da rede elétrica. Para assegurar desempenho estável, mesmo em condições de operação originalmente não previstas, um esquema de Supervisão de Ganho é implementado. Este esquema detecta oscilações na susceptância de saída do compensador e reduz o seu ganho até que tais oscilações sejam adequadamente amortecidas. Após a operação do esquema de Supervisão de Ganho, este parâmetro pode ser definido manualmente pelo operador ou através do Otimizador de Ganho, cuja função é determinar um valor de ganho que proporcione desempenho estável com atendimento aos parâmetros de desempenho especificados. O Otimizador

de Ganho atua aplicando pequenos degraus na tensão de referência do compensador e com base na sua resposta eleva ou reduz o valor do ganho.

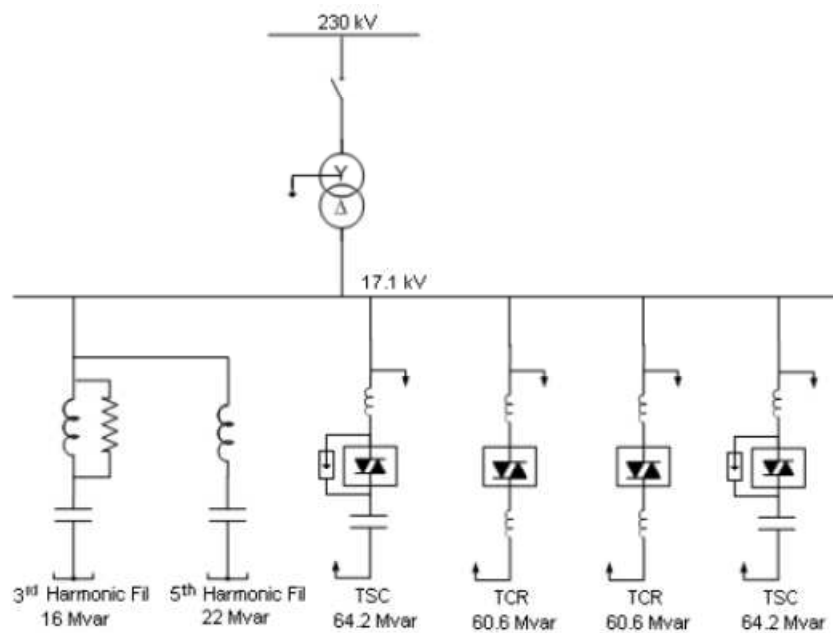


FIGURA 2 – Compensador Estático de Extremoz

2.1 Influência do Compensador Estático de Campina Grande

Como mostrado na FIGURA 1, encontra-se instalado eletricamente próximo do CE Extremoz o CE Campina Grande (0 a 200Mvar, 230kV), operando com ganho fixo. Para analisar eventuais interações entre os referidos equipamentos durante os eventos dinâmicos aqui abordados, o CE Campina Grande foi representado por um modelo típico, disponível no RTDS, com um controle proporcional integral (PI) sem ajuste automático de ganho, conforme a seguir.

- Banco de transformadores 230/26kV, 200MVA, unidades monofásicas, Y aterrado – Δ.
- Um reator controlados a tiristores (TCR) de 200Mvar.
- Um filtro capacitivo sintonizado na quinta harmônica de 200Mvar.

2.2 Esquema que Considera a Influência de outros Compensadores sobre o CE Extremoz

Uma malha adicional de controle para considerar a influência de outros compensadores operando nas proximidades do CE Extremoz foi implementada durante os testes de aceitação em fábrica deste equipamento. Os resultados obtidos mostram que o ganho calculado pelo Otimizador de Ganho deve ser ligeiramente reduzido se outro CE encontra-se operando em automático nas suas proximidades, sendo este efeito particularmente relevante para condições de sistema fraco. A ativação da referida malha de controle é efetuada através da ação do operador via Interface Humano Máquina (IHM). Os resultados a seguir apresentados neste IT comprovam o adequado desempenho desta malha.

3.0 - ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES EM RTDS

3.1 Energização, Desenergização do CE Extremoz e Energização de Transformador Externo

O objetivo deste grupo de testes é avaliar o desempenho do CE Extremoz durante as suas sequencias automáticas de energização e desenergização, bem como durante manobras de energização de transformadores 500/230kV, 450MVA e 230/69kV, 150MVA na SE Extremoz. A energização de um transformador dá origem a elevadas correntes transitórias de magnetização, normalmente ricas em segundo harmônico, devido à saturação do seu núcleo. É necessário comprovar que o desempenho do sistema de controle do compensador não é afetado pela presença de tais correntes. Por outro lado, durante a energização do CE Extremoz, os TCR devem compensar as correntes dos filtros de forma a minimizar a corrente injetada pelo compensador na rede elétrica.

As simulações de energização de transformador externo foram realizadas nas configurações de sistema forte e fraco, com representação completa da rede. As simulações de energização e desenergização do CE Extremoz foram realizadas também nas configurações de sistema forte e fraco, com representações simplificada e completa da rede elétrica, conforme item 1.0 deste IT. Os principais resultados das simulações são destacados a seguir:

- A energização do CE Extremoz se dá de forma satisfatória, sem a introdução de distúrbios significativos na rede elétrica.
- Não há estresses relevantes sobre o disjuntor de 230kV do CE Extremoz durante a sua desenergização, mesmo considerando a operação deste equipamento em pontos indutivos e capacitivos.
- Não foram registrados problemas no disparo nos TCR nem anormalidades na operação do CE Extremoz durante a energização de transformadores externos nas suas proximidades.
- Optou-se por utilizar durante a partida do CE Extremoz, em todas as configurações da rede elétrica analisadas neste IT, o valor mínimo de ganho correspondente a 30% do valor máximo definido nos testes de aplicação de degrau.

3.2 Resposta ao Degrau

A resposta do CE Extremoz à aplicação de degrau na tensão de referencia, com o objetivo de definir valores adequados para o ganho da sua malha principal de controle, foi analisada. Os testes foram divididos em duas etapas. Na primeira, a rede elétrica foi representada por equivalentes de Thévenin correspondentes às condições de sistema forte e fraco descritas no item 1.0 deste IT. Na segunda, a referida rede foi representada de forma completa, considerando configurações de sistema forte (5633MVA) e sistema fraco (1866MVA), com o CE Campina Grande operando inicialmente em manual e em seguida em automático. O desempenho do CE Extremoz foi avaliado de acordo com os seguintes parâmetros de performance, definidos em (2) e (3):

- Máximo Tempo de Subida (T_R): 33,3mseg
- Máximo Overshoot Percentual (PO): 30%
- Máximo Tempo de Estabelecimento (T_S): 100mseg

Os resultados obtidos comprovam o atendimento aos parâmetros de performance do CE Extremoz em todos os casos onde não ocorreu o chaveamento de TSC, desde que utilizados valores adequados de ganhos. Uma vez que conforme (2) e (3), a utilização dos parâmetros de performance acima definidos baseia-se em uma aproximação de segunda ordem para sistema sob análise e que o chaveamento dos TSCs inviabiliza esta aproximação por sua característica de controle ON / OFF, a avaliação de desempenho do CE Extremoz com a utilização destes critérios foi realizada sem considerar a influencia da manobra de TSCs.

As simulações indicam que um ganho integral de 2500seg permite o atendimento aos parâmetros de performance para o CE Extremoz em condições de sistema forte. Para a operação com sistema fraco, valores de ganho de 700 e 800seg proporcionam o atendimento aos referidos parâmetros. Em ambos os casos, um estatismo de 2% foi utilizado. Durante a operação normal do CE Extremoz, o ganho real será determinado pelo Otimizador de Ganho, com base no valor máximo obtido durante os testes de resposta ao degrau.

Para o CE Campina Grande, foram utilizados os valores de ganho integral, com estatismo de 5% correspondentes a 800seg para sistema forte e 250seg para sistema fraco. Conforme mostrado na Tabela 1, a elevação da magnitude do degrau de 3,3 a 3,4% para 6,0% em condições de sistema forte provoca a manobra de um TSC, causando a elevação do Overshoot Percentual apresentada, o que não caracteriza violação nos critérios de atendimento aos parâmetros de performance, com base nos argumentos apresentados neste item. Em todos os demais casos apresentados, é verificado o atendimento aos parâmetros de performance especificados.

Tabela 1 – CE Extremoz: Ensaios de Resposta ao Degrau

Rede	Sistema	CE CGD	Degrau (%)	T_R (mseg)	PO (%)	T_S (%)
Completa	Forte	Manual	3,3 (+)	23,0	15,2	47,2
Completa	Forte	Automático	3,4 (+)	22,4	14,3	46,6
Completa	Forte	Manual	6,0 (+)	26,6	46,7	71,4
Completa	Forte	Automático	6,0 (+)	26,6	44,9	71,4
Completa	Fraco	Manual	7,5 (+)	27,0	26,8	82,4
Completa	Fraco	Automático	5,5 (+)	26,4	28,2	87,0
Completa	Fraco	Manual	7,0 (-)	26,2	21,5	86,6
Completa	Fraco	Automático	6,0 (-)	26,6	27,9	91,4

As FIGURAS 3 e 4 apresentam os resultados dos testes correspondentes à aplicação de um degrau positivo na tensão de referencia do CE Extremoz com o CE Campina Grande em manual e automático em condições de sistema forte, comprovando o atendimento aos parâmetros de performance para o valor de ganho selecionado. Os seguintes sinais de controle do CE Extremoz medidos em pu são plotados: V_{REF} - Tensão de Referencia, V_{RESP} - Tensão de Saída do Controlador Principal, B_{REF} - Susceptância de Saída, Q_{SVC} - Potencia Reativa de Saída.

3.3 Manobra de Cargas e Elementos Shunt Externos

Foram analisados os casos de chaveamento de cargas de forma simétrica e assimétrica (Fase A) no 69kV da SE Extremoz em condições de sistema forte. Em condições de sistema fraco, foi analisada a manobra de um reator shunt de barra de 150Mvar / 500kV em Extremoz. Em ambos os casos, o CE CGD foi considerado em operação automática. Para ambos os compensadores, foram considerados os parâmetros de controle indicados no item 3.2 deste IT. Os resultados obtidos comprovam o desempenho satisfatório do CE Extremoz.

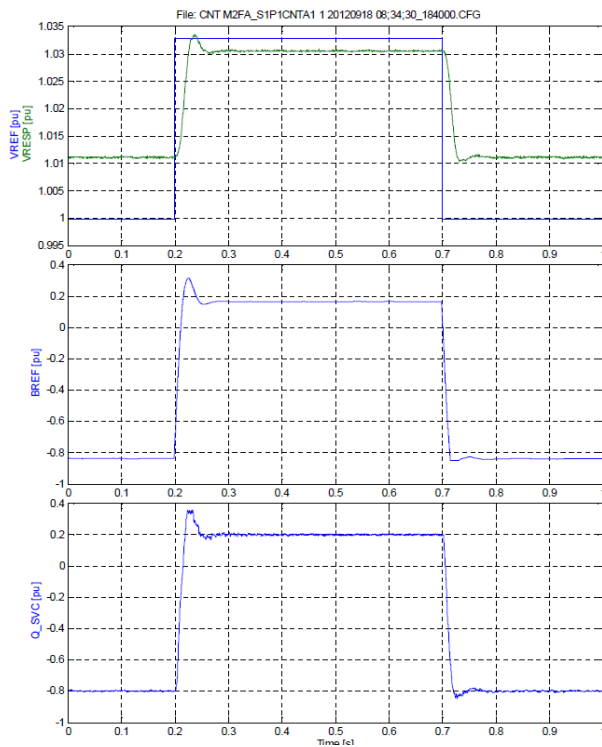


FIGURA 3 – Resposta do CE Extremoz a um degrau de 3,3% com o CE CGD em manual e sistema forte

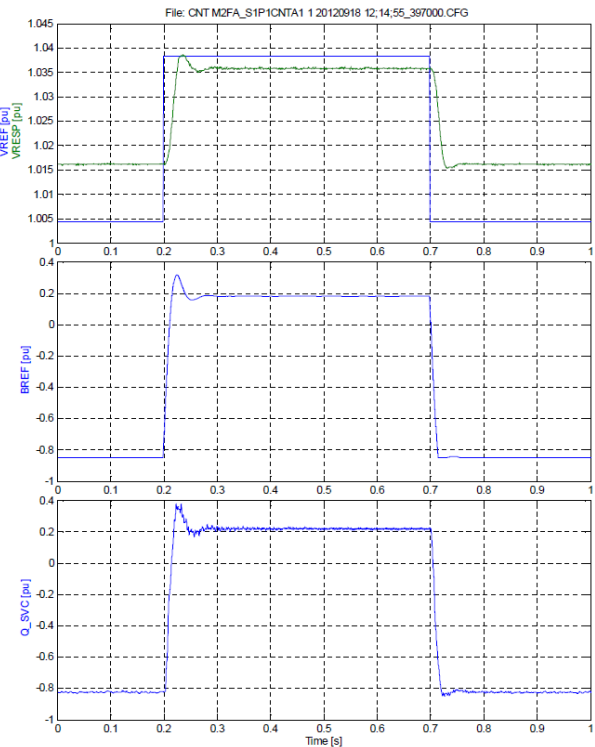


FIGURA 4 – Resposta do CE Extremoz a um degrau de 3,4% com o CE CGD em automático e sistema forte

3.4 Esquema de Supervisão de Ganho

Mudanças na configuração da rede elétrica tais como chaveamento de linhas, transformadores e perda súbita de unidades geradoras que produzam forte redução nos níveis de curto-circuito na barra de conexão do compensador podem provocar oscilações não amortecidas nos sinais de saída deste equipamento. Isto ocorre devido ao elevado valor do ganho em relação ao nível de curto-circuito registrado em tais situações. Por este motivo, o sistema de controle do CE Extremoz possui um esquema de supervisão de ganho que assegura um desempenho estável mesmo durante a operação em condições degradadas associadas a reduzidos níveis de curto-circuito na rede elétrica. Desta forma, caso a magnitude e a duração das oscilações no sinal de saída do compensador sejam superiores a valores definidos em projeto, o ganho integral será reduzido até que tais oscilações sejam adequadamente amortecidas.

Durante os testes em RTDS reportados neste IT, o desempenho desta função de controle foi verificado conforme a seguir. Em condições de sistema fraco e representação simplificada da rede elétrica, o ganho do compensador foi elevado para 2500seg e um degrau de 5% foi aplicado na sua tensão de referência. Oscilações não amortecidas surgem no seu sinal de saída, o ganho do compensador é reduzido ao seu valor mínimo e o amortecimento satisfatório é obtido (FIGURA 5). Os seguintes sinais de controle do CE Extremoz medidos em pu são plotados: BREF - Susceptância de Saída, VRESP - Tensão de Saída do Controlador Principal, IP1_A, B, C – Correntes Primárias, REL_GAIN – Ganho da malha principal do CE.

3.5 Aplicação de Faltas na Rede Elétrica

Este grupo de testes tem por objetivo verificar o desempenho dinâmico do CE Extremoz e sua contribuição na recuperação do sistema na eliminação de faltas na rede elétrica, bem como o correto funcionamento do seu esquema de bloqueio por subtensão (4) e a definição de ajustes preliminares. Para tal, foram aplicadas faltas locais e remotas, trifásicas à terra, bifásicas e monofásicas, eliminadas em 100mseg com abertura dos dois terminais da linha em falta em linhas de 230 e 500kV.

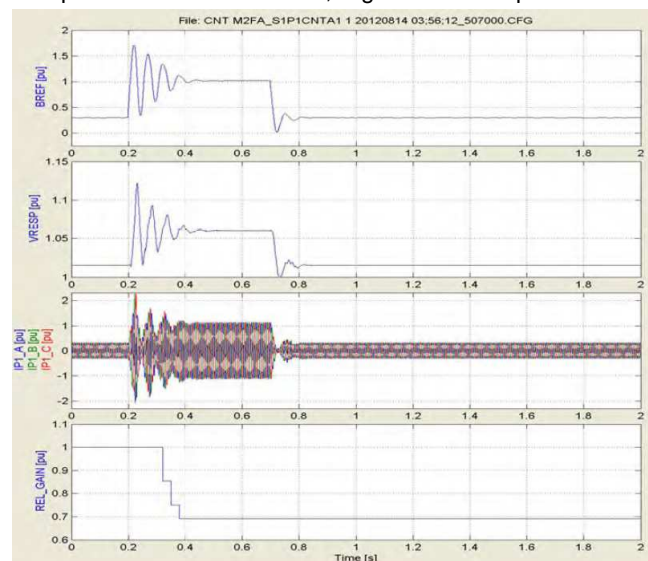


FIGURA 5 – Teste do Esquema de Supervisão de Ganho do CE Extremoz

Para facilitar a análise dos resultados, optou-se por desativar o esquema de cálculo automático de ganho do CE Extremoz, tendo sido utilizados ganhos de 2200seg para configuração de sistema forte e 800seg para configuração de sistema fraco. Um estatismo de 2% foi utilizado em ambos os casos. Para o CE CGD, foram utilizados ganhos de 800seg para configuração de sistema forte e 400seg para configuração de sistema fraco, com estatismo de 5% em ambos os casos.

O desempenho do esquema de supervisão de ganho descrito no item 3.4 deste IT foi também avaliado nesta etapa dos testes, pois na recuperação da tensão em alguns casos de aplicação de faltas são registradas oscilações que levam à sua atuação. Com base nos resultados das simulações de aplicação de faltas externas ao CE Extremoz, foram determinados ajustes preliminares para o esquema de bloqueio por subtensão, resumidos na Tabela 2. Tais ajustes deverão ser reavaliados com base em estudos pré-operacionais de dimensão sistêmica a serem realizados pelo ONS. De forma geral, os resultados dos testes de aplicação de faltas na rede elétrica comprovam o desempenho satisfatório do CE Extremoz.

Tabela 2 – CE Extremoz: Ajustes Preliminares do Esquema de Bloqueio por Subtensão

Parâmetro	Ajuste
Nível de Bloqueio (pu)	0,70
Nível de Desbloqueio (pu)	0,75
Retardo no Bloqueio (mseg)	20
Retardo no Desbloqueio (mseg)	20
Susceptância do CE no Bloqueio (pu)	0

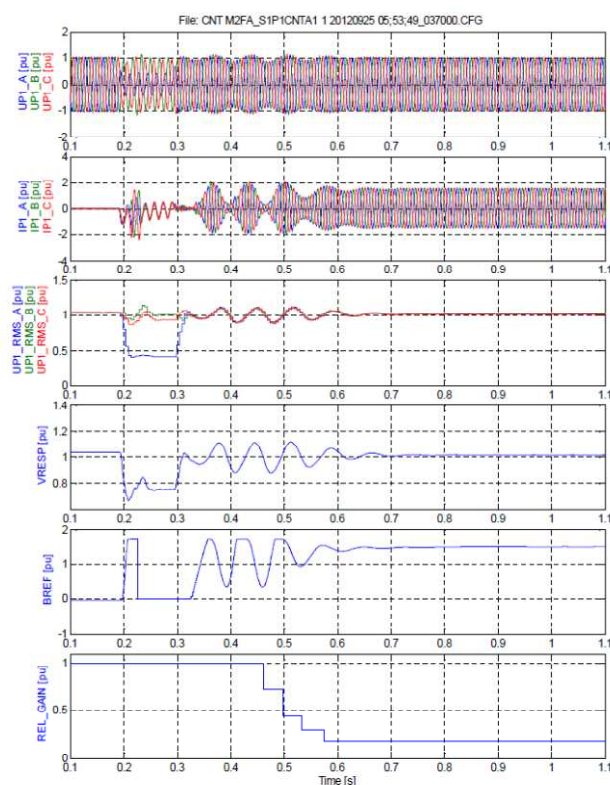


FIGURA 6A – Falta 1φ na Linha Extremoz – João Câmara 500kV, lado João Câmara, Sistema Fraco

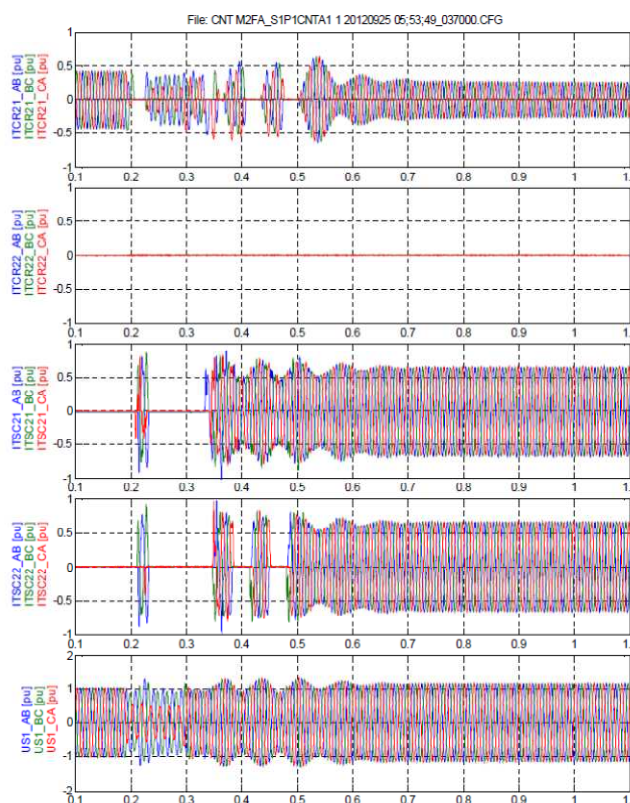


FIGURA 6B – Falta 1φ na Linha Extremoz – João Câmara 500kV, lado João Câmara, Sistema Fraco

Para ilustrar o desempenho do CE Extremoz, as FIGURAS 6 apresentam os resultados da simulação em RTDS da aplicação de uma falta monofásica na linha Extremoz – João Câmara 500kV, terminal João Câmara, sistema fraco, CE Campina Grande em operação automática. Com os ajustes utilizados, registra-se a atuação do esquema de bloqueio por subtensão do CE Extremoz, forçando este equipamento a operar com susceptância nula durante a falta. O CE Campina Grande opera no seu limite capacitivo durante a falta, devido ao reduzido afundamento de tensão que ocorre nos seus terminais. Na eliminação da falta, o CE Extremoz tenta efetuar o controle da tensão através da injeção de potência reativa capacitiva. Para isto, seu controle comanda a inserção de dois TSCs (Figura 6B). Durante o chaveamento do TSC2, ocorrem interações entre os controles dos CEs Extremoz e Campina Grande suficientes para sensibilizar o esquema de supervisão de ganho do primeiro, que reduz o ganho até o seu valor mínimo, proporcionando o desejado amortecimento das referidas oscilações (FIGURA 6A).

Caso o CE Campina Grande possuísse também um esquema de supervisão de ganho, a redução de ganho do CE Extremoz necessária para o amortecimento das oscilações verificadas na eliminação da falta seria bem menos expressiva. Destaca-se que um regime permanente estável pós falta é atingido, com o CE Extremoz operando fortemente capacitivo, com ambos os TSCs inseridos e um TCR bloqueado, para suprir a potência reativa capacitiva antes fornecida pela linha desligada na eliminação da falta. O CE Campina Grande opera em ponto ligeiramente capacitivo. As grandezas plotadas neste teste são indicadas a seguir.

FIGURA 6A (CE Extremoz):

- UP1_A, B, C: Tensões fase-neutro em Extremoz 230kV (pu)
- IP1_A, B, C: Correntes injetadas no 230kV pelo CE Extremoz (pu)
- UP1_RMS_A, B, C: Tensões RMS em Extremoz 230kV (pu)
- VRESP: Tensão de controle (pu)
- BREF: Susceptância de saída (pu)
- REL_GAIN: Ganho Integral (pu)

FIGURA 6B (CE Extremoz):

- ITCR21_AB, BC, CA: Correntes no TCR1 (pu)
- ITCR22_AB, BC, CA: Correntes no TCR2 (pu)
- ITSC21_AB, BC, CA: Correntes no TSC1 (pu)
- ITSC22_AB, BC, CA: Correntes no TSC2 (pu)
- US1_AB, BC, CA: Tensões entre fases no 17,1kV (pu)

FIGURA C (CE Campina Grande)

- QSVC: Potência Reativa de Saída (Mvar)
- TCR Current: Corrente no TCR (pu)
- Vresp: Tensão de controle (pu)
- Bprim: Susceptância de saída (pu)
- Alpha in deg: Angulo de disparo do TCR (graus)

4.0 - CONCLUSÕES

- Os principais resultados dos testes de desempenho dinâmico do CE Extremoz realizados em simulador digital em tempo real com os painéis de controle reais do referido equipamento são apresentados neste IT, destacando-se o desempenho satisfatório do referido equipamento, tanto nos ensaios de resposta ao degrau, quanto durante a aplicação de grandes perturbações no sistema elétrico.
- A influência do CE Campina Grande no desempenho do CE Extremoz é analisada, concluindo-se que mediante a utilização de ajustes adequados, uma operação conjunta satisfatória é obtida, sem presença de oscilações não amortecidas entre seus controles durante distúrbios na região de influencia comum aos dois compensadores.
- A realização de testes em simulador digital em tempo real para avaliação do desempenho de equipamentos FACTS possibilita a realização de testes cujo grau de severidade impossibilita a sua realização em campo, tais como a aplicação de faltas internas e externas ao compensador, garante a fiel representação dos seus sistemas de controle e contribui para abreviar de forma significativa os trabalhos de comissionamento em campo.

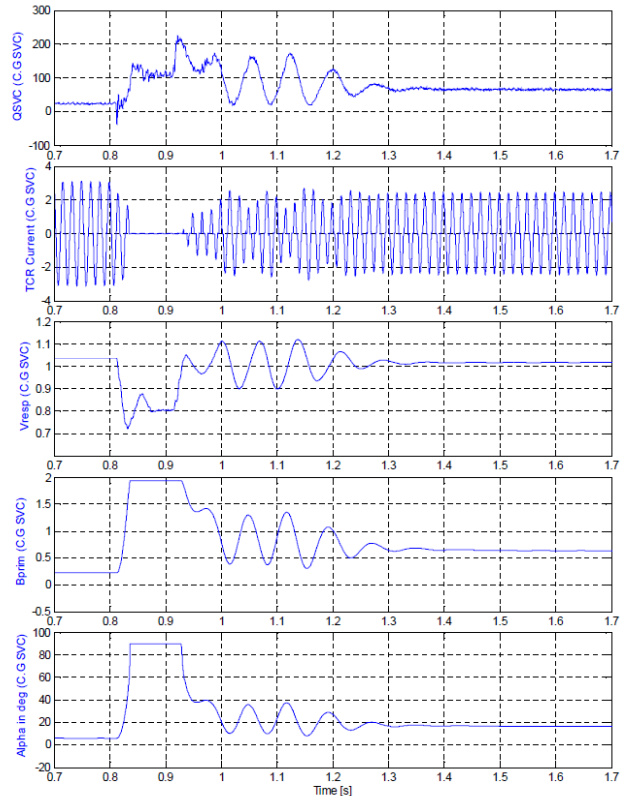


FIGURA 6C – Falta 1 ϕ na Linha Extremoz – João Câmara 500kV, lado João Câmara, Sistema Fraco

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Edital de Leilão nº 006/2020-ANEEL, ANEXO 6A – LOTE A – LT Extremoz II – João Câmara 230kV, LT Açú II – Paraíso 230kV – C3, LT Açú II – Mossoró II 230kV C2, SE Extremoz II 230kV, SE João Câmara 230/69kV – 360MVA, disponível em www.aneel.gov.br.
- (2) OGATA, K., Engenharia de Controle Moderno; 5ª Edição, Pearson Education do Brasil, pp.150 -163.
- (3) DORF, R., BISHOP, R., Sistemas de Controle Modernos, 8ª Edição, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., pp. 183 – 188.
- (4) M. Correia Lima, A. Calazans, M. de Oliveira, M. Åberg, R. Ellstrom-Jonforsen, “Análise do Desempenho de Equipamentos FACTS através de Testes em Simulador Digital em Tempo Real (RTDS™): O Exemplo do Compensador Estático de Silves”, XXI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Florianópolis, Brasil, Outubro de 2011.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Manfredo Correia Lima nasceu em Recife, Brasil, em 1957. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em 1979, recebeu o grau de Mestre em Engenharia Elétrica pela UFPE em 1997 e o de Doutor em Engenharia Mecânica, com ênfase em automação de sistemas pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em 2005. Dr. Correia Lima ingressou na Chesf em 1978, onde desenvolve atividades nas áreas de eletrônica de potência, equipamentos FACTS, qualidade de energia, sistemas de controle, transitórios eletromagnéticos e transmissão em CCAT. Em 1992, ingressou na Universidade de Pernambuco (UPE), onde é responsável pelas disciplinas Eletrônica de Potência e Controle de Processos e desenvolve atividades de pesquisa. É representante da Chesf no CE - B4 (Eletrônica de Potência e Elos CCAT) da Cigré Brasil.



Claes Brisby trabalha na ABB Power Systems em Vasteras, Suécia. Recebeu o grau de Mestre em Engenharia Elétrica em 1996, pelo Instituto Real de Tecnologia de Estocolmo, naquele País. Ao longo da sua carreira profissional, tem trabalhado com o desenvolvimento de softwares em diferentes áreas de aplicação, tais como interfaces para usuários e sistemas de controle em malha fechada. Desde 2010, atua no departamento de sistemas de controle de FACTS da ABB Power Systems, onde é responsável pelo desenvolvimento das funções de controle de vários projetos de compensadores estáticos para aplicação em empresas de transmissão de energia elétrica.

Huang Wenkan recebeu o grau de Mestre em Engenharia Elétrica pelo Instituto Real de Tecnologia de Estocolmo, Suécia, em 2007. Atualmente trabalha na Divisão de FACTS da ABB Power Systems, onde encontra-se envolvido em projetos de compensação de potência reativa voltados para o controle e estabilidade de tensão, além de realizar estudos de sistemas em simulador digital em tempo real (RTDS).