

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA INSERÇÃO DE DISPOSITIVOS FACTS EM ESTUDOS DE ESTABILIDADE E PROTEÇÃO DE GERADORES SÍNCRONOS

Iderson Almeida de Souza¹ (IC), Aurélio Luiz Magalhães Coelho (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá - Campus Itabira

Palavras-chave: Facts. linhas de transmissão. anarede. anatem. proteção

Introdução

O sistema elétrico de potência (SEP) é composto por usinas geradoras, linhas de transmissão e sistema de distribuição de energia elétrica, com o objetivo de fornecer energia elétrica aos consumidores, conforme os padrões de qualidade e segurança.

Com a expansão do sistema elétrico em decorrência do aumento das demandas de energia elétrica, o uso de Dispositivos FACTS (Flexible AC Transmission Systems) nas Linhas de Transmissão (LTs) tornou-se necessário, pois permitem o aumento da capacidade de transmissão e controle do fluxo de potência [1]. Contudo, com a inserção destes dispositivos nas linhas podem afetar diretamente os valores de amplitude e ângulo de tensão e corrente do sistema, assim alterando a impedância medida e prejudicando a operação dos relés de proteção que utilizam essa característica.

O Compensador Estático de Reativos (CER) é um dos tipos de Dispositivos FACTS, onde é composto de reatores e capacitores conectados em derivação, junto com dispositivos de chaveamento. Ele possui como característica o controle rápido e contínuo da tensão no ponto onde está conectado. Assim, o controle é feito através da troca de potência reativa entre a rede elétrica e os elementos reativos passivos (reatores e capacitores) do CER [2].

A partir da modelagem do sistema IEEE 33 barras nos softwares ANAREDE (Análise de Redes Elétricas) e ANATEM (Análise de Transitórios Eletromecânicos), desenvolvidos pelo CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) que dispõe de um banco de dados de todo o Sistema Interligado Nacional, o estudo tem como objetivo analisar diferentes cenários com a inserção de dispositivos FACTS, visando avaliar a resposta da proteção contra perda de excitação (ANSI 40) e estabilidade das máquinas síncronas.

Metodologia

O sistema IEEE de 33 barras, também

conhecido como sistema Sul, é apresentado na Figura 1. Este sistema foi desenvolvido a partir de dados da malha de 500 kV da região Sul do Brasil, ligado com um trecho de 230 kV, assim formando um anel.

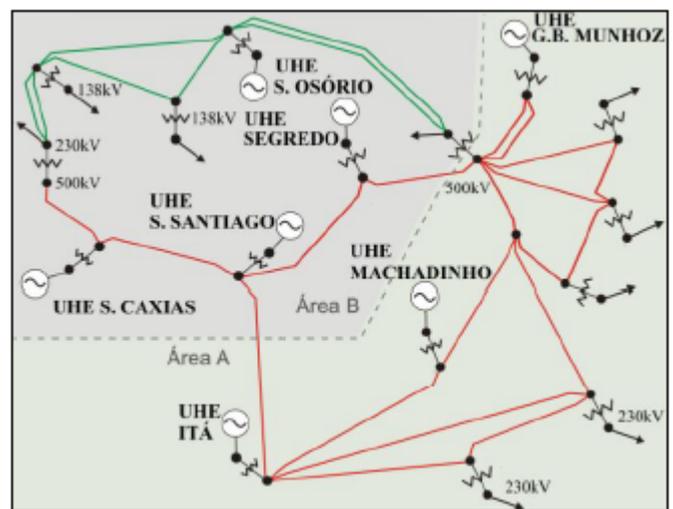


Figura 1 - Diagrama unifilar do sistema IEEE 33 barras [3].

O fluxo de potência do sistema é realizado através do software ANAREDE e a partir desse fluxo é montado um sistema equivalente no software ANATEM, onde foram inseridos todos os componentes de potência, controle e regulação.

Para avaliar o comportamento da proteção contra perda de excitação [4], aplicada ao gerador conectado à barra 915 de Machadinho, foram definidos 2 casos de estudo com perdas parciais de excitação.

Resultados e discussão

No instante de 5 segundos é aplicado o evento de perda parcial de excitação e nas Figuras de 2 e 3 apresentam o comportamento das potências, onde as potências nas cores vermelho e azul correspondem ao sistema com CER e nas cores verde e preto correspondem o sistema sem a presença do CER.

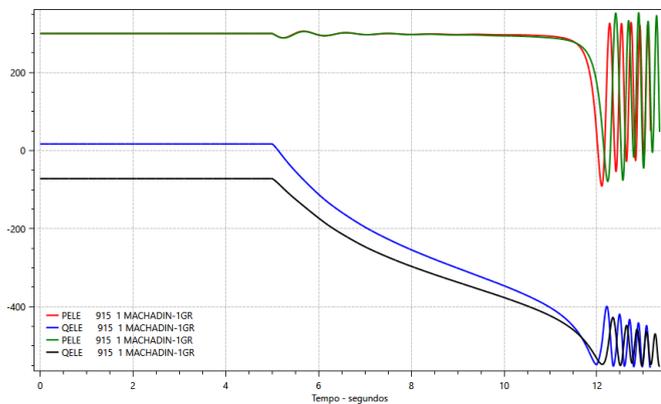


Figura 2 – Comportamento das potências ativa e reativa para o Caso 1.

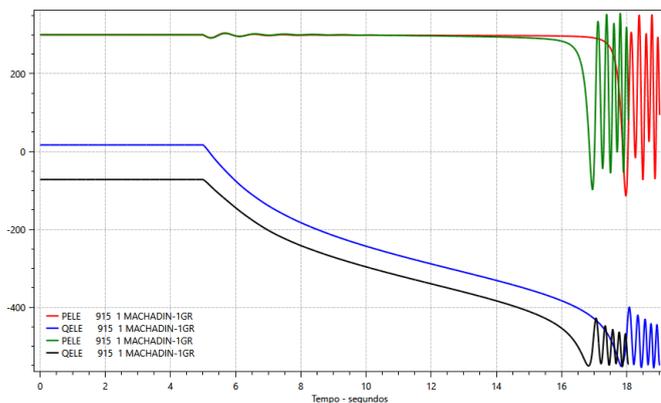


Figura 3 – Comportamento das potências ativa e reativa para o Caso 2.

A partir dos casos simulados, verificou-se que houve alteração no comportamento das potências com a inserção do CER. Percebeu-se que nas figuras 2 e 3 que com a presença do CER, o sistema manteve a potência ativa por um período maior antes de perder o sincronismo comparado com o sistema sem a presença do CER. Já relacionado a potência reativa, observou-se que com a presença do CER o sistema passou a absorver mais reativo, além da máquina estar operando como um gerador de indução.

A trajetória da impedância para 2 casos de perda parcial de excitação, com e sem a presença do CER, é apresentada nas Figuras 4 e 7.

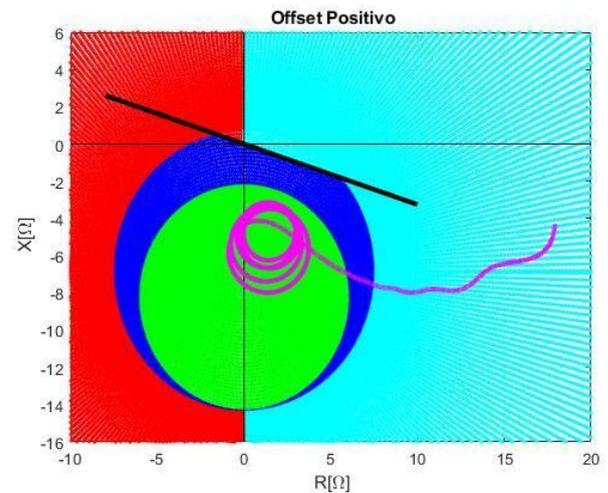


Figura 4 – Trajetória da impedância para o Caso 1 sem CER.

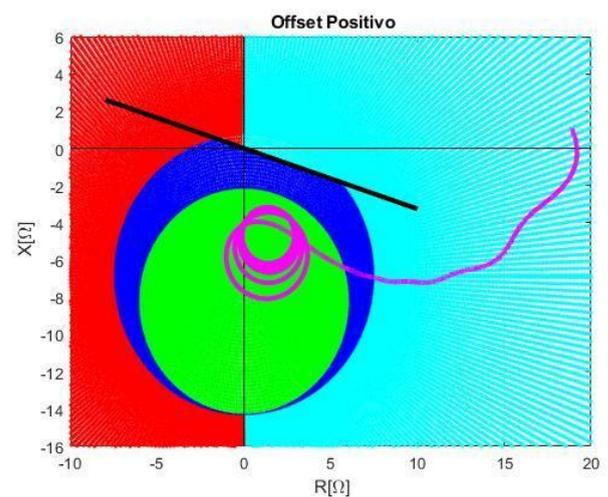


Figura 5 – Trajetória da impedância para o Caso 1 com CER.

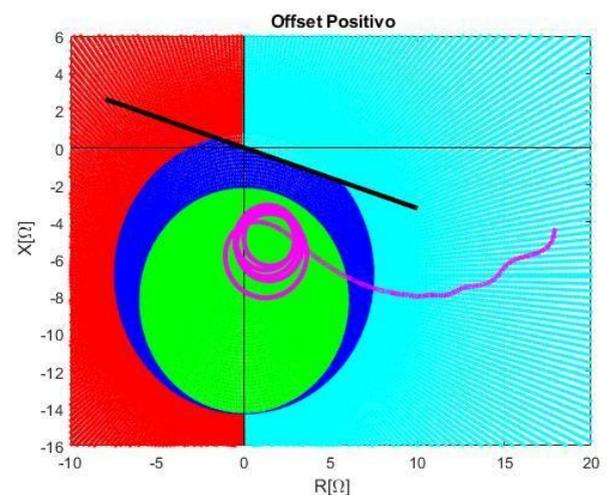


Figura 6 – Trajetória da impedância para o Caso 2 sem

CER.

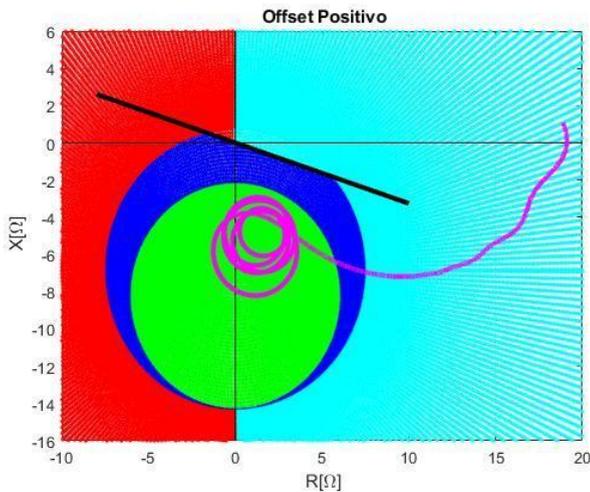


Figura 7 – Trajetória da impedância para o Caso 2 com CER.

Tabela 1 - Dados da atuação da proteção ANSI 40 com offset positivo

CASO	CER	START Z2 (s)	TRIP (s)	ZONA TRIP (s)
1	OFF	8,08	9,08	Zona 2
	ON	8,44	9,44	Zona 2
2	OFF	10,21	11,21	Zona 2
	ON	11,40	12,40	Zona 2

Os resultados com o tempo de atuação das zonas da proteção ANSI 40 é apresentado na Tabela 1, onde START Z2 é a sensibilização da zona 2, TRIP o tempo de atuação da zona e ZONA TRIP a zona em que ocorreu a atuação da proteção.

A partir dos dados da Tabela 1, é possível fazer uma análise com a diferença entre o tempo de atuação para os 2 casos com e sem a presença do CER, onde esses dados com a diferença são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Diferença do tempo de atuação com e sem presença do CER.

CASO	Δ TRIP (ms)
1	360
2	1190

Observou-se que com a presença do CER houve um maior atraso da sensibilização da zona. É possível perceber através das Figuras 5 e 7 que a trajetória da impedância para os casos com a presença do CER partiu do primeiro quadrante do plano R-X.

Conclusões

Através do presente estudo, verificou-se que a presença do CER no sistema causou um atraso no tempo de atuação da proteção ANSI 40 em todos os casos. Consequentemente, essa situação pode levar o gerador síncrono a operar de forma indesejável em um certo período de tempo, assim reduzindo a vida útil do ativo mais caro do sistema.

Nas simulações realizadas, percebe-se que a trajetória da impedância com a presença do CER o deslocamento é maior, onde inicia do primeiro quadrante do plano R-X, diferente do caso quando não há presença do compensador, que inicia do quarto quadrante, isso ocorre devido ao aumento da corrente e elevação da tensão provocado pelo CER no sistema.

Para o estudo de estabilidade, nos primeiros casos onde há uma maior perda parcial de excitação, o sistema manteve a potência ativa por um pequeno período antes de perder o sincronismo.

Agradecimento

Ao meu professor e orientador Aurélio Luiz Magalhães Coelho pela oportunidade concedida de participar desse projeto e pelos conhecimentos compartilhados.

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro e a UNIFEI por todo suporte para desenvolvimento desse projeto.

Referências

[1] CÁRDENAS, S. L. E. **Aspectos Técnicos e Econômicos da Utilização dos Controladores FACTS na Operação dos Sistemas de Energia Elétrica**. 2005. 222 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Engenharia Elétrica, Centro de Ciência Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, São

Luís, 2005.

[2] FRONTIN, S. O. et al. **Equipamentos de alta tensão-prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas**, Finatec 1ª Edição, Brasília, 2013.

[3] ALVES, W. F. **Proposição de Sistemas-Teste para Análise Computacional de Sistemas de Potência**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2007.

[4] BERDY, J. **Loss of Excitation Protection for Modern Synchronous Generators**. IEEE Transactions. Vol. 94. n° 5, pp. 1457-1463, 1975.