

XV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SENDI 2002

Avaliação da Integridade e Segurança da Operação do Sistema Elétrico da CEEE quando da conexão de Produtores Independentes ao Sistema de Distribuição – Estudo de Caso

M. Telló - CEEE, R. S. Dias – CEEE, R. D. Lana– CEEE, M. C. C. Silva –CEEE, M. T. Gobbo - CEEE

E-mail: MarcosT@ceee.com.br

Palavra-chaves - Auto Produtores de Energia, Estudo de Estabilidade e Norma de Conexão.

Resumo Neste trabalho indicam-se os estudos realizados quando da conexão de produtor independente ao Sistema Elétrico da CEEE. Especificamente, em um primeiro momento, analisou-se o autoprodutor conectado a uma barra infinita e, devido às peculiaridades da conexão, foram realizados, em um segundo momento, estudos considerando o sistema elétrico em sua totalidade. Um dos resultados do estudo foi a indicação da colocação de um Estabilizador de Sistema de Potência (ESP), alteração de alguns parâmetros do Regulador Automático de tensão e inclusão de estudos mais elaborados na Norma de Conexão de Produtores Independentes ao Sistema Elétrico da CEEE.

I. INTRODUÇÃO

A conexão no sistema elétrico de produtores independentes de energia, em nível de distribuição, impõem efeitos que não estão totalmente estabelecidos, tais como a competição por controle de tensão, a manutenção e ajuste da frequência na extremidade de alimentadores e a manutenção do sincronismo em relação ao sistema. Especificamente, no presente trabalho, há um alimentador longo (com aproximadamente 132 km de extensão), na tensão de 23 kV, em cujo percurso estão conectados diversos consumidores e, em sua extremidade, estão conectadas cargas de madeiras. O alimentador tem como fonte a Usina Termelétrica Presidente Médice (UPME). Para atender a carga local (madeiras), bem como os principais municípios da região, a saber: Pinheiro Machado (distante 40 km da UPME) e Piratini (distante 80 km da UPME) um produtor independente conseguiu licença para a implantação de uma usina (UTPIR) de 10 MVA. A partir das características do alimentador e do sistema da CEEE, foram realizadas Análises (Estudos) em regime permanente considerando o Alimentador e o Sistema da CEEE completos e Análise em regime transitório, bem como outros estudos importantes para a conexão do autoprodutor de energia ao sistema elétrico da CEEE. Os últimos estudos referidos (estudos completos referentes ao segundo momento) foram contratados pela CGDE. Os resultados dos Estudos permitiram: (a) elaborar critérios operativos entre a CEEE (UPME) e a UTPIR, (b) definir a filosofia das proteções a serem utilizadas na UTPIR e

na UPME, bem como os respectivos ajustes, (c) estabelecer limites para geração da usina UTPIR, (d) definir a necessidade de colocar regulador de tensão bidirecional ao longo do alimentador, (e) definir limites de tensão e frequência na UTPIR, (f) aprimorar a Norma para a conexão de autoprodutores de energia ao sistema elétrico da CEEE, entre outros resultados.

II. PICTOGRAFIA DO SISTEMA DE CONEXÃO DO AUTOPRODUTOR DE ENERGIA AO SISTEMA DA CEEE

A figura 2.1, a seguir, indica de forma simplificada a conexão existente entre a UTPIR e o sistema elétrico da CEEE (UPME).

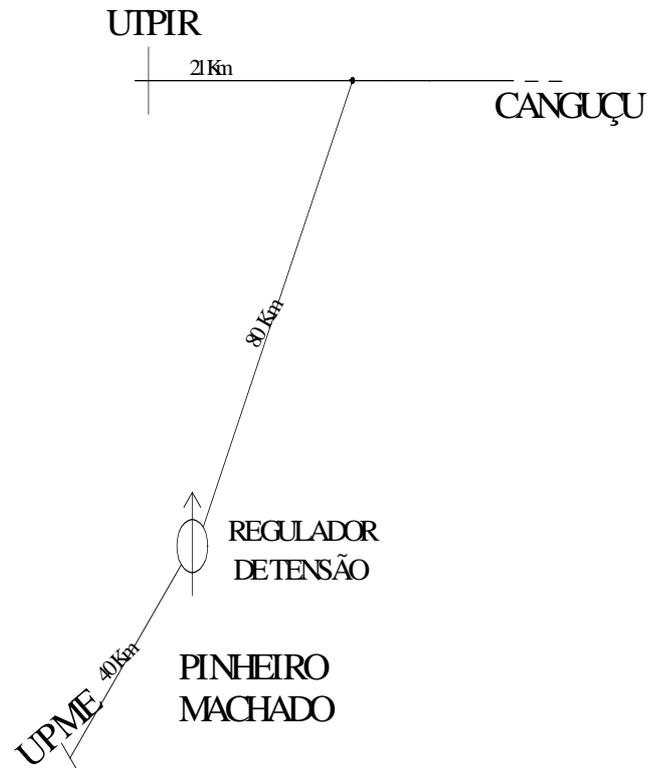


Figura 2.1 Conexão entre o autoprodutor e o sistema elétrico da CEEE.

A inserção da UTPIR ao sistema elétrico da CEEE indicou a necessidade de estudos mais específicos pois o sistema elétrico, onde a UTPIR está inserida, apresenta as

seguintes características: (a) a UTPIR está localizada no final de um alimentador longo (distante mais de 106 km da fonte de energia, ou seja, alimentador na SE da UPME), (b) a UTPIR interligar-se-á com a Usina Presidente Médica (UPME), (c) entre a UTPIR e a UPME existem municípios importantes que devem ser alimentados por ambas as usinas. Inicialmente, os estudos de estabilidade transitória consideraram a UTPIR conectada a uma barra infinita (UPME). Tal consideração indicou a necessidade de estudos mais específicos pois, além das características acima referidas, os estudos iniciais indicaram que oscilações no ângulo da máquina e nas potências ativa e reativa do gerador não eram amortecidas após 10 segundos da aplicação de específicas perturbações.

III. A USINA TÉRMICA PIRATINI (UTPIR) CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os dados do gerador síncrono e dos controladores de tensão e velocidade da UTPIR são:

III.I. A Máquina Síncrona:

Marca Westhinghouse, com potência nominal de 12,5 MVA.

III.II. O Regulador de Tensão

Tipo analógico padrão para excitação do tipo brushless.

III.III. O Regulador de Velocidade

Tipo mecânico-hidráulico.

IV. OS SISTEMAS ACESSADOS

O sistema de distribuição/transmissão que interliga a UTPIR e UPME apresenta as seguintes características:

IV.I. O Sistema de Distribuição

O ponto de acesso da UTPIR será no alimentador AI 4, da Subestação UPME pertencente à Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), na tensão nominal de 23 kV. A conexão da UTPIR ao alimentador AI 4 será realizada através de um transformador elevador de 13,8/23kV. O sistema de distribuição em que ocorrerá a conexão do acessante pertence a CEEE. Na Figura 4.1 está representado o Diagrama unifilar da conexão UTPIR com a CEEE.

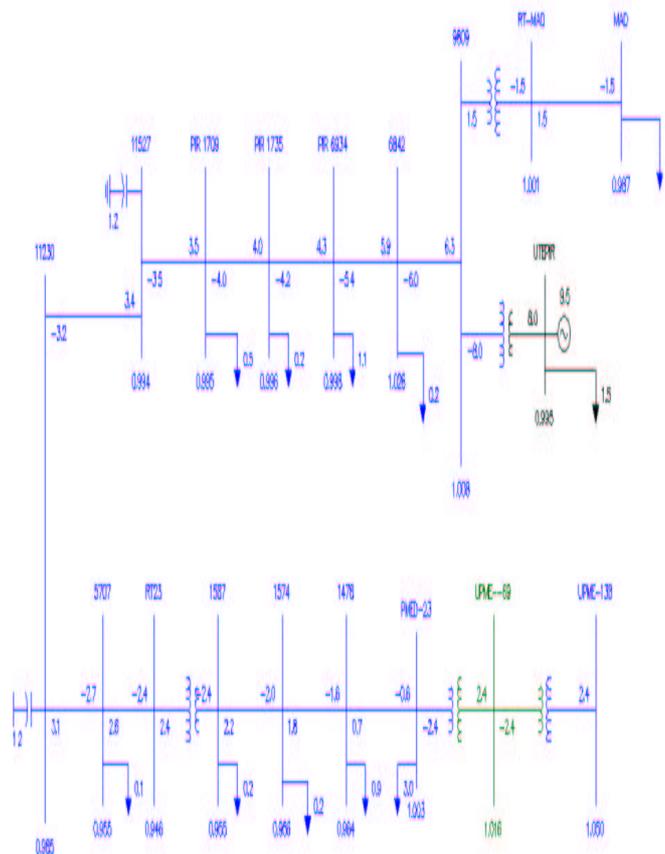


Figura 4.1 – Diagrama Unifilar Reduzido do Sistema de Distribuição da CEEE onde será realizada a conexão da Usina UTPIR

IV.II. O Sistema de Transmissão

O Sistema de transmissão acessado pelo sistema de distribuição, à partir da Subestação UPME, pertence à CEEE e integra a rede básica. A subestação UPME é suprida através de 3 linhas de transmissão na tensão de 230 kV.

V. ESTUDOS PRELIMINARES REALIZADOS

V.I. Análise Estática

A análise em regime permanente constou da solução do problema de fluxo de carga para situações de paralelismo da UTPIR com o sistema CEEE e na condição da UTPIR isolada.

V.I.I. Fluxo de Potência

A base de dados utilizada para os estudos de fluxo de potência, foram os casos base fornecidos pelo ONS e complementados com o sistema de distribuição, a representação de cargas concentradas no troncal do alimentador, a representação das cargas foi por potência constante.

Os estudos de fluxo de potência foram realizados para as condições de cargas pesada e leve e realizadas simulações, com e sem a usina em operação, visando manter níveis adequados de tensão em todos os patamares de carga. Os estudos identificaram a necessidade de retirar os dois reguladores de tensão existente na rede e instalar apenas um regulador de tensão bidirecional. Este regulador de tensão foi localizado em ponto estratégico da rede, permitindo operar na posição neutra (tap central) com a usina em operação e no modo com controle automático quando da inversão do fluxo de potência, com a usina fora de operação.

Para adequar os níveis de tensão quando da indisponibilidade da usina, simulou-se a instalação de bancos capacitores shunt com controle automático por tensão, para serem ligados quando da indisponibilidade da usina e desligados com a usina em operação.

Foi necessário adequar-se o sistema de proteção do AL4 (religador NULEC), inibiu-se a função de religamento automático e utilizou-se as funções de proteção direcional 67 e 67N, adequando-se aos novos valores de curto-circuito e compatibilizando-se com as proteções no módulo da Usina Piratini.

Constatou-se também a fragilidade do sistema de distribuição existente (distância excessiva e condutor inadequado) com consumidores em percurso, dificultando as condições operacionais. Na condição de operação da usina com geração máxima, ocorre um aumento considerável nas perdas elétricas e uma contribuição excessiva de potência reativa no AL1 4 da UTE Presidente Médici.

VI. ANÁLISE DINÂMICA

Nos estudos específicos onde a UTPIR não foi considerada conectada a uma barra infinita foram modelados o gerador (modelo IV da máquina), o Regulador Automático de Tensão (Modelo IEEE-DC1), o Regulador Automático de Velocidade (modelo clássico), as cargas dos sistemas de distribuição e transmissão da área em estudo (Modelo polinomial) e, também, um Estabilizador de Sistema de Potência (ESP) cuja necessidade foi indicada pelos estudos realizados.

VII. ANÁLISE DA ESTABILIDADE TRANSITÓRIA (TODOS OS EVENTOS FORAM SIMULADOS CONSIDERANDO A UTPIR SEM E COM ESP)

Os eventos simulados para ajuste de operação da UTPIR/CEEE foram: (a) degrau na referência do regulador de tensão, (b) Energização de banco de capacitores, (c) Variação de carga no alimentador AI 4, (d) Comutação do Transformador da UPME (138/69 kV), (e) Potência Ativa na UTPIR para o evento de comutação do LTC da SE UPME (138/69 kV) – sem ESP e com ESP e (f) Potência Reativa na UTPIR para o evento de comutação do LTC da SE UPME (138/69 kV) – sem ESP e com ESP.

Os eventos simulados tem o objetivo de: (a) verificar as condições de amortecimento e estabilidade do gerador após a aplicação do evento, (b) simular os efeitos que surgem no sistema quando é energizado um banco de capacitores presente no alimentador AI 4, (c) simular as condições que surgem no sistema e na UTPIR quando acontecem variações de carga no alimentador, (d) simular as condições de ajuste da operação diária do sistema através da comutação automática do Tap do Transformador localizado na SE UPME, o qual alimenta o AI 4 através do Transformador 69/23 kV,

Os eventos simulados **de Perda de Geração**: (a) Perda de uma máquina (66 MW) na UPME – Fase A (UPME-A), (b) Perda de uma máquina (160 MW) na UPME – Fase B (UPME-B), (c) Perda da LT UPME – BAG 230 kV, (d) Perda da LT UPME – QUI 230 kV, (e) Perda da LT UPME – CAM 230 kV.

Os eventos simulados tem o objetivo de determinar as condições de desempenho dinâmico do sistema e da UTPIR quando acontecem aberturas de LT's na SE UPME, setor 230 kV, as quais interligam a SE UPME com a rede básica.

Os eventos simulados **para curto-circuito**. Foram simulados curto-circuitos em barras de interesse. Este evento (curto-circuito) é simulado com o objetivo de avaliar as condições de estabilidade da UTPIR frente a ocorrência de um curto-circuito, bem como ajustes nas proteções.

O evento de **Rampa de Tomada de Carga**. Este evento tem por objetivo estudar as condições de sincronização da UTPIR e o seu desempenho dinâmico na tomada de carga.

Os eventos associados à **análise de estabilidade de pequenos sinais** foram considerados. Tais simulações permitem avaliar o comportamento do sistema quando acontecem eventos que causam impactos e variações na carga de pequena amplitude.

Na figura 7.1, abaixo, indicam-se a potência ativa na UTPIR, para um degrau na referência da UTPIR, com e sem os ajustes propostos. Ou seja, sem e com o ESP mais ajustes no regulador Automático de Tensão.

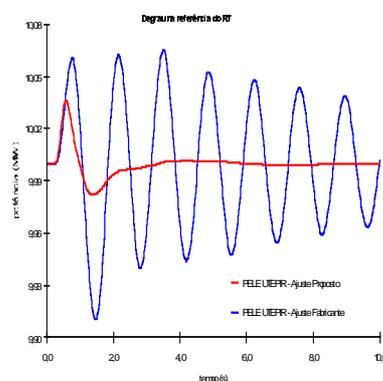


Figura 7.1 Potência Ativa na UTPIR para um degrau na referência da UTPIR.

Na figura 7.2, a seguir, mostra-se o ângulo de operação da UTPIR para um evento no LTC da UPME.

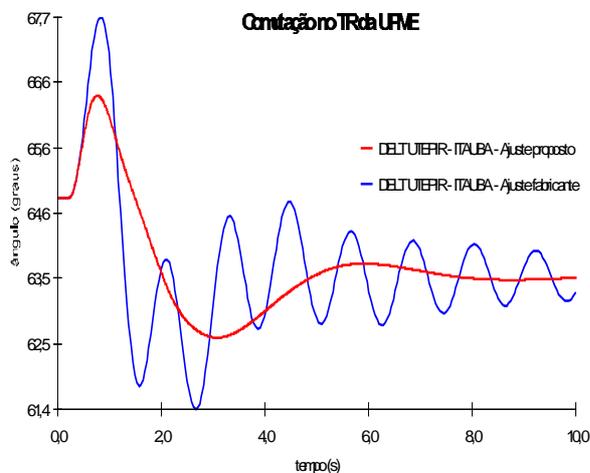


Figura 7.2 – Ângulo de operação da UTPIR para o evento de comutação do LTC da SE UPME (138/69 kV) – Ajustes originais e propostos

Na figura 7.3, abaixo, mostra-se o comportamento da Potência reativa na UTPIR, considerando uma variação de carga no alimentador para o ajuste original e proposto.

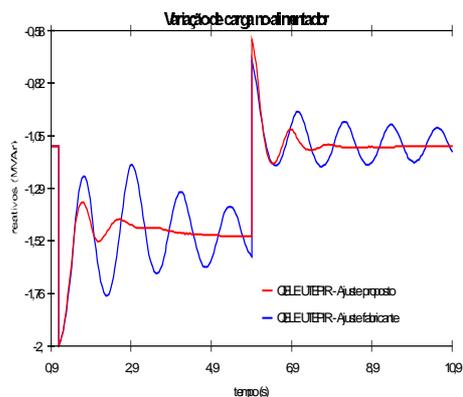


FIGURA 7.3 – Potência reativa na UTPIR considerando variação de carga no alimentador – Ajuste original e proposto.

VIII. CONCLUSÕES

As simulações e análises realizadas com os parâmetros originais (fornecidos pelo fabricante) indicam que os ajustes dos parâmetros do regulador automático de tensão não são satisfatórios para um desempenho dinâmico adequado da UTPIR frente a eventos do sistema, pois conduzem à oscilações pouco amortecidas, e algumas vezes com tendência de serem autosustentadas, o que não é aceitável na operação do sistema elétrico de potência. Para proporcionar um desempenho satisfatório da UTPIR é necessário uma readequação dos ajustes dos parâmetros do regulador automático de tensão o que, ainda, não é suficiente para garantir um desempenho dinâmico

adequado. Os estudos indicaram a necessidade de incluir-se um ESP com o objetivo de proporcionar amortecimentos adequados as grandezas do gerador e do sistema. Assim, a inclusão do ESP juntamente com os ajustes propostos para o Regulador Automático de Tensão, mostraram-se adequados para proporcionar um comportamento dinâmico aceitável para a operação, uma vez que indicaram ser bastante efetivos no amortecimento das oscilações e nos tempos de estabilização.

Até o presente momento a usina não está autorizada a operar a plena carga pois vem apresentando baixo desempenho operacional, provocando bloqueios e oscilações de tensão. Ainda não foi instalado o estabilizador de sistema de potência (ESP), a inserção da usina vem comprometendo os índices de qualidade e continuidade deste conjunto de consumidores.

Considerando a grande extensão do alimentador foi instalado, em posição adequada, um regulador de tensão bidirecional além de determinar-se, através de estudo de fluxo de potência, o despacho ótimo da UTPIR. Adicionalmente, baseado nos resultados das simulações feitas, alterou-se a norma de conexão de autoprodutores de energia ao sistema elétrico da CEEE Distribuidora, aumentando-se as exigências a serem atendidas pelos conectantes que desejarem acessar o sistema elétrico da CEEE Distribuidora. O resultado dos estudos foram utilizados, também, para a elaboração de acordo operativo entre CEEE/Distribuidora e Autoprodutor de energia.

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Paralelismo de Autoprodutores de Energia Elétrica com o Sistema CEEE. Norma da Companhia Estadual de Energia Elétrica. Diretoria de Distribuição.
- [2] Procedimentos de Rede – Módulo 3 – Disponível no site <http://www.ons.org.br>
- [3] Procedimentos de Distribuição – Módulo 3 – Disponível no site <http://www.aneel.gov.br>
- [4] Dinâmica das Máquinas Elétricas I – Curso Série PTI F. P. de Mello. Primeira Edição. 1979.
- [5] Power System Stability and Control. Prahba Kundur McGraw Hill. First Edition. 1994
- [6] IEEE Committee Report “Excitation System Models for Power System Stability Studies”. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, N0 2, pp. 494-509, Feb. 1981.
- [7] Power System Control and Stability . P. M. Anderson and A. A. Fouad IEEE Press. Second Edition. 1994.
- [8] IEEE Committee Report, “Dynamics Models for Steam and Hydro Turbines in Power System Studies”. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-92, N0 6, pp. 1904-1915, Nov/Dec 1973.