

Conclusões e Trabalhos Futuros

O fenômeno de estabilidade de tensão é um problema atual que merece atenção. Os colapsos de tensão ocorridos no mundo inteiro, e os conseqüentes prejuízos causados, atestam a importância desses esforços. Na literatura, o problema de estabilidade de tensão está sempre associado à máxima carga que pode ser alimentada pela rede elétrica. Raramente, é dito que o fenômeno pode estar associado a barras de tensão controlada ou que o controle de tensão pode ter efeito oposto ao esperado. Assim neste trabalho houve a preocupação pela avaliação e reforço das condições de segurança de tensão em barras de tensão controlada por geradores e compensadores síncronos.

A pesquisa bibliográfica demonstrou que são bem poucos os métodos propostos em artigos que lidam com o origem do problema de estabilidade de tensão que é o fluxo excessivo de potência na rede elétrica e que este pode causar problemas em barras de tensão controlada por geradores e/ou compensadores síncronos.

É definido analítica, numérica e graficamente o limite de estabilidade de tensão na barra de carga e na barra de geração. Estes limites tratam do máximo fluxo de potência ativa e reativa que pode chegar á barra de carga para diferentes fatores de potência na carga e do máximo fluxo de potência ativa e reativa que pode sair da barra de geração entrando na rede de transmissão ou distribuição para diferentes fatores de potência na geração.

Utilizou-se o conceito da margem de potência para a avaliação das chamadas “condições de estabilidade de tensão” e poder comparar a geração ou a carga no ponto de operação em análise com a geração ou carga máxima possível que poderia estar entrando na rede elétrica ou chegando na barra de carga.

A máxima carga alimentada é limitada por uma das três condições a seguir: pelo fluxo de potência que chega à barra de carga, pelo fluxo de potência que sai do gerador e pelo fluxo de potência que sai do gerador e pelo que chega à barra de carga simultaneamente.

Mostrou-se analítica, numérica e graficamente que a tensão na barra terminal V_G e a tensão de excitação E_G do gerador ou compensador síncrono podem apresentar relação direta ou inversa. Foi deduzido o índice de adequação da ação de controle de tensão $\partial V_G / \partial E_G$ de dimensão (1x1). Um valor positivo indica que a ação de controle tem o efeito esperado, enquanto que, um valor negativo indica uma relação oposta ao esperado.

Foi proposto um método seqüencial para avaliar e reforçar as condições de estabilidade de tensão em barras de tensão controlada por geradores e compensadores síncronos. São usados os programas computacionais EstabTen, acoplado ao pacote computacional de fluxo de carga ANAREDE, que faz a avaliação estática das condições nodais de carregamento nas barras ou áreas de interesse; o CaTrans, que determina o ramo crítico do caminho de transmissão mais carregado a partir do gerador; e o FLUPOT, que diminui o carregamento no ramo crítico através do redespacho de potência reativa e, se necessário, ativa. O objetivo é aumentar a margem de potência gradativamente na barra ou grupo de barras de interesse, até atingir-se um valor julgado adequado.

A minimização do fluxo de potência no ramo crítico pode ser conseguida através de duas funções objetivo do FLUPOT: MXTR que faz a redução do fluxo em termos de MW e DGMW que minimiza o desvio quadrático das gerações ativas ao reduzir o fluxo em termos de MVA através da criação de uma sobrecarga fictícia. Não existe no FLUPOT uma função-objetivo propriamente dita que reduza o fluxo em ramos em termos de MVA.

Com as duas funções objetivo MXTR e DGMW conseguiram-se ótimos resultados no que se diz respeito ao reforço das condições de segurança de tensão em barras de tensão controlada. Quanto é melhor uma que a outra, depende da sensibilidade existente entre o fluxo a ser diminuído e a margem de potência a ser aumentando na barra crítica. Esta sensibilidade depende do tamanho da sobrecarga fictícia no caso da função-objetivo DGMW e da percentagem da variação das gerações no caso da função-objetivo MXTR. O tamanho da sobrecarga fictícia está limitado pela convergência do algoritmo do fluxo de carga e a percentagem da variação das gerações pela inversão do fluxo de potência ativa no ramo crítico.

A melhoria dos índices na barra crítica, quando o redespacho de potência reativa é realizado, deve-se a melhoria do perfil de tensão na rede, o que implica em uma menor geração de potência reativa (as barras *swing* assumem as variações das perdas). Quando o redespacho de potência ativa e reativa é realizado, a melhoria dos índices deve-se a diminuição de geração ativa e reativa na barra crítica.

A barra de tensão controlada por LTC ou CS deve ser tratada como uma barra de início de caminho de transmissão, como o são as barras controladas por gerador síncrono. O pior caminho depende da topologia e das condições de operação da rede elétrica e é avaliada pela margem de potência na barra em estudo. Um aumento de tensão na barra controlada no meio do caminho de transmissão geralmente contribui para a melhoria da margem de potência na barra em estudo.

Trabalhos decorrentes do estudo:

- “Estabilidade do Controle de Tensão em Geradores de Produtores Independentes”, Relatório Técnico: UTE Norte Fluminense, Contrato de Prestação de Serviços através de Parceria com a ICF Consultoria. Rio de Janeiro, Brasil, Junho, 2007.
- “A Necessidade de Avaliação das Condições de Estabilidade de Tensão em Barras de tensão controlada por Geradores e Compensadores Síncronos”, XII ERIAC: Encontro Regional Ibero-americano do CIGRÉ, Foz de Iguaçu, Paraná, Brasil.
- “Participação de Geradores no Carregamento de Sistemas Elétricos”. V SNCA: Seminário Nacional de Controle e Automação. Bahia, Brasil, Junho, 2007
- “Avaliação das Condições de Segurança de Tensão na Presença de Motores de Indução e Capacitores Chaveáveis”. X SEPOPE: Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica. Florianópolis, Brasil, Maio 2006

As extensões mais importantes que deveriam ser consideradas para dar continuidade este trabalho são:

- Comparação com outro método de seleção do ramo crítico [Garcia, A.V., de Almeida, M.C., 1999] e outro método de selecionar geradores para o redespacho [Affonso, C.M., da Silva, L.C.P., Lima, F.G.M., Soares, S., 2003], ambos baseados em análise de autovalores. Há outro método para selecionar as tensões controladas para alterar o perfil de tensão ?
- O estabelecimento de uma relação matemática de sensibilidade entre o fluxo de potência que se quer diminuir no ramo crítico e a margem de potência que se pretende aumentar na barra crítica e inclusão desta relação na lógica do método. O algoritmo pode ser considerado um método heurístico porque não há conhecimentos matemáticos completos sobre seu comportamento, ou seja, sem conhecimento da relação matemática mencionada, o algoritmo objetiva resolver problemas complexos utilizando uma quantidade não muito grande de recursos - especialmente no que diz respeito ao consumo de tempo - para encontrar soluções de boa qualidade.
- Estender o método para barras de tensão controlada por outros tipos de equipamentos, p.ex., dispositivos *shunts*.
- Estudar a possibilidade de tornar o procedimento automático com a incorporação do programa de fluxo de potência ótimo aos de fluxo de carga, avaliação das condições de estabilidade de tensão e determinação dos ramos de transmissão mais carregados.
- Verificar imediatamente após o método de reforço das condições de estabilidade de tensão em barra de tensão controlada por geradores e compensadores síncronos, que o novo ponto de operação não apresenta problemas de estabilidade angular devido aos novos perfis de tensão e fluxos de potência nas linhas de transmissão.