

## Conclusões e Trabalhos Futuros

A operação dos sistemas elétricos de potência em regime de carregamento elevado favorece ocorrências do fenômeno de estabilidade de tensão. Este é um problema atual e, em decorrência, colapsos de tensão têm ocorrido no mundo todo. Os prejuízos causados são incomensuráveis, pois, além dos aspectos comerciais, há perdas intangíveis relacionadas à insegurança energética gerada. Portanto, o tema é de suma importância. Com o aumento da participação de geração distribuída, usualmente conectada à rede de distribuição existente e em tensões mais baixas, ocorrências do fenômeno são esperadas.

Na literatura, o problema de estabilidade de tensão está sempre relacionado a barras de carga e se manifesta através de uma máxima carga que pode ser alimentada. Raramente é dito que o fenômeno pode estar associado a barras de tensão controlada ou que o controle de tensão pode ter o efeito oposto ao esperado.

Foram introduzidos os conceitos que caracterizam o fenômeno de estabilidade de tensão, através de sistemas de duas barras, para barras de carga e de geração. Além disso, foi demonstrada a ferramenta utilizada na avaliação das condições de estabilidade de tensão.

Neste trabalho foi abordado o problema de estabilidade de tensão em geradores e compensadores síncronos inseridos em redes de distribuição com carregamento elevado. Foram avaliados diferentes modos de operação por parte dos geradores conectados e seu impacto para o problema de estabilidade de tensão, perfil de tensão e perdas de potência ativa.

Em um sistema de três barras, foi conectado um gerador distribuído e, posteriormente, um compensador síncrono. Foram simulados diversos modos de operação. Os pontos de operação obtidos foram avaliados pelos índices de estabilidade de tensão e verificou-se a existência de pontos de operação com ações de controle de tensão tendo efeito oposto ao esperado, de uma máxima

geração de potência ativa que pode ser gerada pelo gerador distribuído e transmitida para a carga.

Foram realizadas simulações em sistemas maiores. O primeiro deles foi o sistema-teste de 34 barras que é um sistema real. Foi conectado um gerador na barra 23 com controle e sem controle de tensão e cada um desses modos de operação foi simulado com carregamento do sistema constante e com aumento de carga. Os resultados mostraram que com o carregamento constante, Simulação 1S e 1C, é inadequado equipar o gerador com capacidade de controle de tensão, pois há aumento de perdas de potência ativa e piora nos índices de estabilidade de tensão. Nestas simulações não foram encontrados problemas de estabilidade de tensão.

Nos resultados com aumento do carregamento, Simulação 2S e 2C, demonstrou-se que no gerador com controle de tensão pode-se gerar mais potência ativa e atender uma carga maior, com um aumento de perdas aceitável. Problemas de estabilidade de tensão ocorreram para a Simulação 2S, mas em uma região de operação com violações de tensão e perdas de potência ativa muito altas.

Para o mesmo sistema-teste, na Simulação 2C, foi realizado um estudo para avaliar o impacto da escolha do set-point de tensão no gerador distribuído para o sistema. Foi verificado que há uma relação direta entre a tensão terminal e a variação no perfil de tensão, na máxima geração de potência e nas perdas. Aumentado-se a tensão, aumenta-se as outras grandezas.

No sistema-teste de 70 barras, foi adicionado um gerador na barra 25 e foram analisados diferentes modos de operação da mesma forma como foi realizado no sistema-teste de 34 barras. Assim, para as simulações com o carregamento do sistema constante, obteve-se maior geração de potência ativa na Simulação 1C, para pontos de operação sem violação de tensão. Porém, houve aumento de perdas. Com relação à Simulação 1S, o ganho de geração foi de 300 kW, enquanto as perdas aumentaram de 561,2 kW, representando um aumento de 303%. Os índices de estabilidade de tensão são melhores para a Simulação 1S, reforçando os argumentos pela escolha deste modo de operação.

Portanto, de imediato, a inclinação seria pela escolha do gerador sem controle de tensão. Todavia, como houve aumento em 300 kW na Simulação 1C em relação à 1S, 30% a mais, a escolha deverá ser feita levando-se em consideração questões econômicas referentes a receitas oriundas deste acréscimo de geração e custos de equipamentos, de alocação das perdas, entre outras análises que não são do escopo deste trabalho.

Nas simulações onde houve aumento de carga, a escolha do gerador sem controle de tensão é evidente. A máxima potência que pode ser gerada, sem que haja violação de tensão, foi de 290,8 kW na Simulação 2S com perdas de 221,0 kW. Enquanto que, na Simulação 2C, a máxima geração de potência ativa foi de 241,7 kW, com perdas de 252,3 kW.

Os índices de estabilidade de tensão não identificam problemas, para os pontos de operação sem que haja violações de tensão. Para carregamentos próximos ao máximo, a Simulação 2C exibiu índices melhores. Porém, nas simulações realizadas, os limites de tensão sempre foram violados primeiro.

A escolha de equipar, ou não, o gerador conectado com capacidade de atuar no controle de tensão deve se basear em diversos requisitos técnicos e econômicos. Os resultados, aqui obtidos, abordam o problema por pontos de vista que auxiliam na tomada de decisão, mas deve-se ressaltar que os possíveis impactos não se esgotam aqui.

Propostas de trabalhos futuros que podem ser consideradas para dar continuidade a este trabalho são:

- Avaliação das condições de estabilidade de tensão em outros sistemas e para um número maior de barras no sistema em análise.
- Certificar-se de que o problema de estabilidade de tensão pode ou não ocorrer em sistemas de distribuição na presença de geradores distribuídos;
- Comparação dos resultados com outros métodos de avaliação das condições de estabilidade de tensão na operação em tempo real.