

# 1 Introdução

## 1.1 Considerações Gerais

Na medida em que as redes de transmissão de energia elétrica ficaram mais malhadas, os limites térmicos de linhas e transformadores passaram a restringir menos a transmissão de potência. Similarmente, o uso de sistemas estáticos de compensação de potência reativa e estabilizadores na excitação dos geradores aumentou a capacidade de transmissão de potência nos sistemas. Desse modo, as linhas de transmissão estão mais congestionadas, o que deu origem a um novo problema: Instabilidade de Tensão [Prada, 2002]. O risco de ocorrência de um colapso de tensão se torna iminente na medida que as restrições de ordem ambiental e as incertezas econômicas vêm limitando o investimento em novas linhas de transmissão.

O fenômeno da instabilidade de tensão pode se apresentar devido à:

- ✓ Grandes perturbações no sistema provocadas, por exemplo, por desligamentos de linhas de transmissão. Neste caso, a instabilidade de tensão pode se manifestar imediatamente (poucos segundos) após a perturbação, de forma similar ao problema de instabilidade angular (instabilidade de tensão transitória), ou decorrido algum tempo (vários minutos) após a perturbação, através da degradação lenta do perfil de tensões (instabilidade de tensão de longo prazo).
- ✓ Pequenas perturbações causadas pela variação normal da carga e pela perda do controle de tensão em uma barra. Este tipo de fenômeno é normalmente tratado como um problema de estabilidade de tensão de longo prazo.

O fenômeno da estabilidade de tensão de longo prazo está associado à capacidade do sistema de potência em manter um perfil de tensões adequado, tanto em condições normais de operação quanto no caso de ocorrência de perturbações. Caso essa condição não seja satisfeita, ocorrerá o fenômeno da instabilidade de tensão caracterizado por uma redução progressiva da magnitude da tensão em uma ou mais barras do sistema, podendo, caso não sejam tomadas medidas corretivas, estender-se a regiões vizinhas, resultando em um colapso parcial ou total do sistema.

## 1.2 Objetivo

O programa computacional EstabTen, de cálculo dos índices de avaliação das condições de segurança de tensão, trabalha a partir de um determinado ponto de operação. Para estudos *off-line*, este ponto, em geral, é proveniente de um programa de fluxo de carga, no caso, do pacote computacional ANAREDE do CEPEL. Assim como o programa de fluxo de carga é continuamente estendido, o programa EstabTen deve continuar a ter sua capacidade estendida para atender às necessidades dos estudos.

Entre os índices de avaliação destacam-se  $S_m$ , que é a máxima potência que poderia ser injetada, a ser comparada com a potência injetada  $S_i$ , e o ângulo  $\beta$  entre os vetores gradiente dos fluxos de potência ativa e reativa no plano do módulo e ângulo da tensão da barra em análise. Estes índices indicam a região de operação na curva  $V \times P, Q$  e a margem de potência para o máximo carregamento, além de outras informações.

O objetivo deste trabalho é estabelecer uma análise aprofundada destes índices, bem como verificar a eficiência da ferramenta analítica de avaliação das condições nodais de segurança de tensão em casos produzidos pelo pessoal do setor elétrico.

Para fins de perspectiva, apresenta-se o único índice existente na literatura que é similar ao conjunto de índices tratado neste trabalho.