

5 Conclusões e Propostas para Trabalhos Futuros

5.1 Conclusões

Neste trabalho foi desenvolvido um método para a determinação de áreas de controle de tensão em sistemas elétricos de potência, baseado na utilização dos maiores autovalores em módulo e seus respectivos autovetores da Matriz de Sensibilidade dos Controles de Tensão [VCS].

A matriz [VCS] tem dimensão $(nc \times nc)$, onde nc é o número de barras de tensão controlada no sistema. É constituída por elementos diagonais que relacionam as grandezas controladoras dos equipamentos de controle de tensão (ΔE) com as tensões controladas da rede elétrica (ΔV). Através do sinal dos elementos diagonais, sabe-se se uma determinada ação de controle será adequada ou não, isto é, se terá o efeito usual e esperado ou o oposto. Os elementos fora da diagonal de uma certa linha representam a sensibilidade das grandezas controladoras dos outros equipamentos com a tensão controlada em análise. Por outro lado, os elementos fora da diagonal de uma coluna qualquer representam a sensibilidade da grandeza controladora do equipamento em foco com a tensão controlada em todas as outras barras. Assim, a matriz [VCS] também permite avaliar a interdependência existente entre os controles de tensão em um sistema elétrico.

Para fins de comparação com o método proposto, foi utilizado o método de determinação de áreas de controle baseado na utilização dos menores autovalores em módulo e seus respectivos autovetores da matriz de sensibilidade QV, denominada $[J_{SQV}]$.

A matriz $[J_{SQV}]$ é obtida a partir da matriz Jacobiana do problema de fluxo de carga e seu sistema de equações tem a forma $\Delta V = [J_{SQV}]^{-1} \cdot \Delta Q$, razão pela qual são avaliados os menores autovalores em módulo, invés dos maiores autovalores como no caso da matriz [VCS].

A dimensão da matriz $[J_{SQV}]$ é $(nb \times nb)$, onde nb é o número de barras do sistema. Esta matriz relaciona a variação incremental das variáveis de estado de tensão (ΔV) com a variação incremental das equações de potência reativa (ΔQ).

Cada um dos métodos utiliza um algoritmo de busca similar que tem como critérios para determinar áreas de controle às variáveis σ , ε_1 e ε_2 , onde σ é o módulo mínimo considerado no mode-shape que ajuda a desprezar aquelas barras que não são influenciadas por uma área de controle, ε_1 é o percentual mínimo de barras que se quer agrupar e ε_2 é o número máximo de autovalores que deve ser utilizado na busca. Estes valores são arbitrários e dependem da experiência do especialista.

As ferramentas computacionais usadas na determinação das áreas de controle de tensão baseados nas matrizes [VCS] e [J_{SQV}], foram desenvolvidas no ambiente Matlab.

Os resultados obtidos pelos dois programas foram comparados e comprovaram a coerência existente entre os dois métodos. Embora os resultados fossem coerentes, o aperfeiçoamento do algoritmo de busca deve ser mais investigado, principalmente na escolha dos valores das variáveis σ , ε_1 e ε_2 . Assim, o objetivo é evitar a formação de áreas particionadas ou descontínuas, barras que não pertençam a nenhuma área ou barras que estejam incluídas em áreas onde realmente não correspondem. Outro aspecto importante a ser levado em conta é a questão do erro numérico nos autovalores que pode influenciar nos resultados.

As áreas de controle de tensão também podem ser obtidas diretamente das matrizes [VCS] e [J_{SQV}], isto é, sem usar autovalores e autovetores, desprezando elementos "pequenos", menores que um valor especificado pelo especialista.

Quando se analisam sistemas de grande porte, a identificação das áreas de controle a partir das matrizes de sensibilidade é mais complexa devido a sua dimensão, neste caso é recomendável obter as áreas através dos mode-shape.

Todas as áreas de controle de tensão identificadas com qualquer dos métodos, são válidas só para o ponto de operação em análise. Se o ponto de operação fosse outro, mesmo próximo do ponto onde as áreas foram calculadas, nada se pode afirmar: as áreas de controle podem ou não serem as mesmas.

5.2 Trabalhos Futuros

Algumas sugestões de possíveis temas a serem desenvolvidos, visando a continuidade da pesquisa são:

- Detecção através dos autovalores, da interação entre geradores, compensadores síncronos e compensadores estáticos de potência reativa pertencentes a uma mesma área, para fins de coordenação e adequação de ações de controle de potência reativa.
- Determinação de áreas de controle de tensão com base na matriz de sensibilidade [VCS] que considera outros equipamentos de controle de tensão, tais como LTCs, Capacitores ou SVCs.
- Neste trabalho, considerou-se somente o caso de um equipamento controlando a tensão em uma barra. Daí a dimensão de [VCS] ser $(nc \times nc)$, onde nc é o número de barras de tensão controlada na área do sistema em análise. Assim, nc é também o número de equipamentos existentes. Outra sugestão é considerar o caso de mais de um equipamento controlando a tensão em uma única barra, através da coordenação dos controles.
- Melhoramento do algoritmo de busca de áreas ou proposta de outro algoritmo, com a finalidade de tornar automática a determinação de áreas de controle de tensão.