

5 Conclusões e Propostas para Trabalhos Futuros

É importante que os modelos matemáticos do sistema, de controles e de limites sejam compatíveis nos programas de resolução do problema de fluxo de potência e de cálculo dos índices de avaliação das condições de estabilidade de tensão. Este trabalho visou a extensão do segundo programa a fim de compatibilizá-lo com o primeiro.

Tratou-se do cálculo dos índices de avaliação das condições de estabilidade de tensão na presença de motor de indução e chaveamento automático de banco de capacitores.

A modelagem proposta para carga do tipo motor de indução, através de sua representação direta na matriz Jacobiana (inclusão de 2 novas linhas e colunas que representam uma nova barra PQ), mostrou-se atraente por sua robustez e flexibilidade, permitindo a fácil simulação do crescimento deste tipo de carga nos estudos de segurança de tensão.

A barra de carga interna do modelo do motor de indução está sempre mais carregada que a barra terminal por que existe um esforço de transmissão de potência adicional da barra terminal para a barra interna. No entanto, a diferença é tão pequena, por que as impedâncias do motor são pequenas quando comparadas com as do sistema, que, para analisar as condições de estabilidade de tensão, basta avaliar os índices da barra terminal.

Os índices calculados na barra terminal do motor de indução considerando o seu circuito equivalente ou simplesmente as injeções de potência ativa e reativa correspondentes ao seu consumo, são diferentes. Portanto, o índice $\det[D']$ é nulo em diferentes pontos de operação quando se considera os dois modelos. Conclui-se que simplificar o modelo do motor de indução por suas injeções de potência consumida é inadequado quando se trata do cálculo dos índices de avaliação da estabilidade de tensão.

Com a instalação de um capacitor na barra terminal do motor de indução se consegue que a potência máxima transmitida à carga aumente e esse máximo ocorra em um nível de tensão mais elevado.

Existe um número máximo de motores de indução que se pode conectar em paralelo, já que a potência nominal equivalente de todos os motores deve ser menor que a potência mecânica correspondente à máxima potência elétrica que pode ser transmitida para a barra terminal dos motores. Em princípio, a máxima potência transmitida à carga, que se pode aproveitar através da conexão sucessiva de motores em paralelo, está restringida pela rede de transmissão.

A correta representação de dispositivos de controle de tensão é cada vez mais importante nas análises de segurança de tensão do sistema elétrico brasileiro, em função da sua complexidade crescente e da necessidade de ações operativas mais precisas. O chaveamento automático de capacitores representa uma estratégia usada na operação onde é necessário controlar a tensão nas barras de transmissão. Um excesso de capacitores pode levar a região inferior da curva PxV à faixa normal de operação e o chaveamento de outros capacitores poderia levar ao colapso de tensão.

No problema do fluxo de carga, o modelo matemático adotado para representação do chaveamento automático da compensação shunt variável, consiste na adição de uma equação de controle ao sistema de equações original. A susceptância do capacitor é considerada uma nova variável de estado.

A tensão controlada deve permanecer dentro de uma faixa de operação permitida, e não mantida em um valor fixo. A estrutura de controle adicional à matriz Jacobiana, somente fará parte do processo de solução do fluxo de carga enquanto o valor da tensão controlada estiver fora de seu limite inferior da faixa de operação.

Para calcular os índices de avaliação das condições de estabilidade de tensão na presença de controle por faixa de tensão através de banco de capacitores chaveáveis, não é necessário incluir as linhas e colunas correspondentes às equações de controle de tensão na matriz Jacobiana. Isso por que o controle está presente no algoritmo de fluxo de carga somente quando se atinge o limite inferior de tensão. Uma vez que a tensão de referência é atingida e o novo capacitor é determinado, retira-se as equações de controle. Os índices de avaliação das condições de estabilidade de tensão são calculados para o ponto de operação com a tensão na faixa pré-estabelecida e com o capacitor já determinado e conectado.

Dependendo da localização do ponto de operação, parte superior ou inferior da curva $P \times V$, o algoritmo de fluxo de carga decide, respectivamente, sobre a conexão ou desconexão de capacitores, sempre com o objetivo de obter uma variação positiva da tensão na barra controlada até o valor da tensão esperada.

Existe um limite até onde se pode retirar capacitores. O último capacitor que pode ser desconectado é aquele que faz com que a nova máxima potência transmitida seja exatamente igual à carga que está sendo atendida e/ou a tensão esperada não possa mais ser atendida.

A adequação e a aplicabilidade dos índices de estabilidade de tensão foram comprovadas pelos resultados numéricos apresentados. O efeito de ações de reforço é facilmente avaliado isto é, é direta a comparação do carregamento da rede com dois pontos de operação distintos.

Como continuidade deste trabalho, sugere-se análises de casos de grande porte com a inclusão de motores de indução e de capacitores chaveáveis para controle de tensão.