

# CAPÍTULO 1

## 1.1. INTRODUÇÃO

A confiabilidade de um sistema de potência é obtida não só pelo fornecimento de energia ininterrupto, mas também pela qualidade desta energia, ou seja, freqüência e tensão constantes, já que os aparelhos consumidores geralmente são projetados para operar com estes parâmetros fixos, admitindo somente uma pequena variação em torno de seus valores nominais. A regulação destas grandezas é efetuada basicamente por dois sistemas de controle: o regulador de velocidade e o sistema de excitação, como mostra o diagrama simplificado da Figura 1.1. Entretanto, convém ressaltar que para o controle de tensão também podem ser utilizados outros equipamentos como compensadores síncronos, compensadores estáticos, banco de capacitores, transformadores de tap variável, etc., e que não serão considerados neste trabalho.

Este trabalho tratará apenas do sistema de controle da excitação [1], que tem como função controlar a tensão terminal de um gerador síncrono através do ajuste contínuo na força electromotriz interna induzida no enrolamento de armadura da máqui-

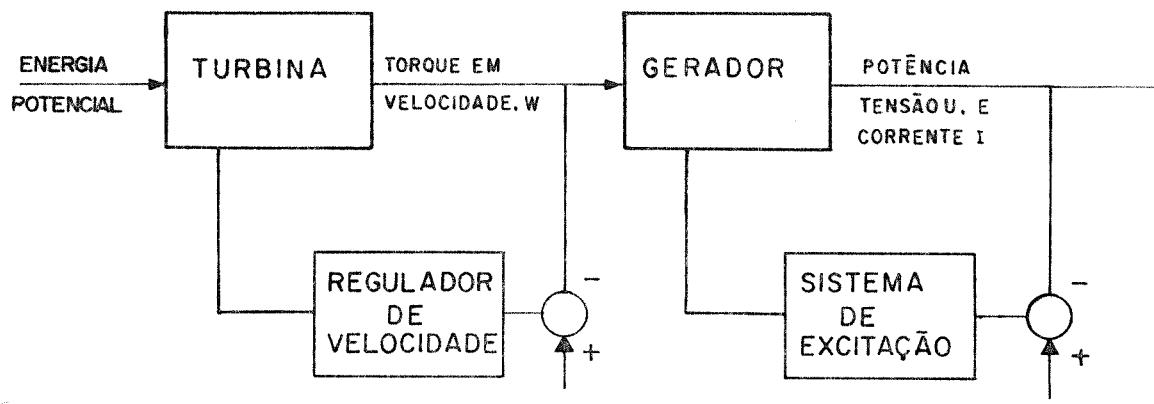


Figura 1.1 - Diagrama simplificado dos sistemas de controle de um gerador síncrono

na. Enquanto o controle de tensão referido é efetivo para pontos eletricamente próximos aos terminais dos geradores, pontos eletricamente distantes podem exigir suporte de reativo adicional a ser obtido através dos equipamentos acima referidos.

A efetividade dos sistemas de excitação no controle de tensão está estreitamente relacionada com a capacidade dos geradores em gerar a potência reativa exigida pelo sistema elétrico. Entretanto, enquanto as necessidades de potência reativa são determinadas pelas características do sistema elétrico, é prática usual definirem-se os limites máximo e mínimo de potência reativa dos geradores como uma função de sua potência nominal. Estes limites estão ligados a outras funções que podem ser exercidas pelos sistemas de excitação tais como limitação das correntes máxima e mínima de campo, limitação da corrente máxima de estator e limitação do ângulo de fator de potência.

## 1.2. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE EXCITAÇÃO

O primeiro método de regulação de tensão era implementado por reostatos, controlados manualmente, em série com o campo do gerador, que permitiam variar a corrente de excitação fornecida por uma excitatriz de corrente contínua. Este sistema apresentava baixo rendimento devido a energia dissipada pelo resistor de campo. A primeira modificação introduzida foi a de controlar a corrente de excitação do gerador através da tensão da excitatriz [2].

A segunda etapa na evolução dos sistemas de excitação está relacionada ao controle de tensão de usinas localizadas distantes dos centros de carga e a interligação de sistemas. Com isto surgiram os problemas de instabilidade transitória, cuja solução baseava-se em uma melhor recuperação de tensão após distúrbios tais como curto-círcuito na rede de transmissão. Surgiu então o controle automático de tensão.

Os estudos de sistemas determinaram que, para o aumento de limites de transmissão condicionados a estabilidade transitória seria necessário elevar a velocidade de resposta dos reguladores de tensão, o que motivou seu aprimoramento. Entretanto, os sistemas de excitação, já na década de 1950, consistiam de no mínimo duas excitatrizes (principal e auxiliar) que, com ação relativamente lenta durante os transitórios conduziam a tempos de resposta global relativamente elevados.

Com o desenvolvimento dos elementos semicondutores surgiram na década de 1960 os primeiros sistemas de excitação estáti-

cos motivados principalmente por menores custos em relação aos sistemas rotativos. Estes sistemas tiveram larga aceitação não só devido ao menor custo como também a sua elevada rapidez de resposta.

Os sistemas de excitação atualmente projetados ou são totalmente estático ou são compostos de elementos estáticos e rotativos. No Capítulo 2 são mostrados estes sistemas e as suas principais características.

### 1.3. OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é estabelecer as características básicas a serem consideradas na especificação e projeto de excitatrices estáticas tendo em vista a necessidade das empresas concessionárias de energia elétrica de dominarem esta tecnologia objetivando análise de ocorrências com tais equipamentos, a modernização de sistemas de excitação que estejam ultrapassados ou não haja componentes de reposição disponíveis e a alteração de projetos tendo em vista a otimização da operação do sistema de potência. A dificuldade principal é a não existência de uma bibliografia específica que contenha os vários aspectos que envolvem o projeto de um sistema de excitação.

Inicialmente no Capítulo 2 é feita uma análise comparativa dos sistemas de excitação utilizados em projetos atuais. Em seguida, no Capítulo 3 são mostrados os principais elementos de uma excitatriz estática com uma descrição geral do seu funcionamento.

mento e os Capítulo 4, 5, 6 e 7 apresentam as características de projeto destes elementos. O Capítulo 8 apresenta a aplicação prática de alguns dos conceitos relativos aos sistemas de excitação estáticos através do projeto e montagem de um protótipo de excitatriz para um gerador do laboratório de máquinas elétricas da PUC/RJ. São também mostrados os testes de desempenho realizados com o protótipo.