

## 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, frequência 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, convem 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 eletromotriz interna induzida no enrolamento de armadura da máquina.

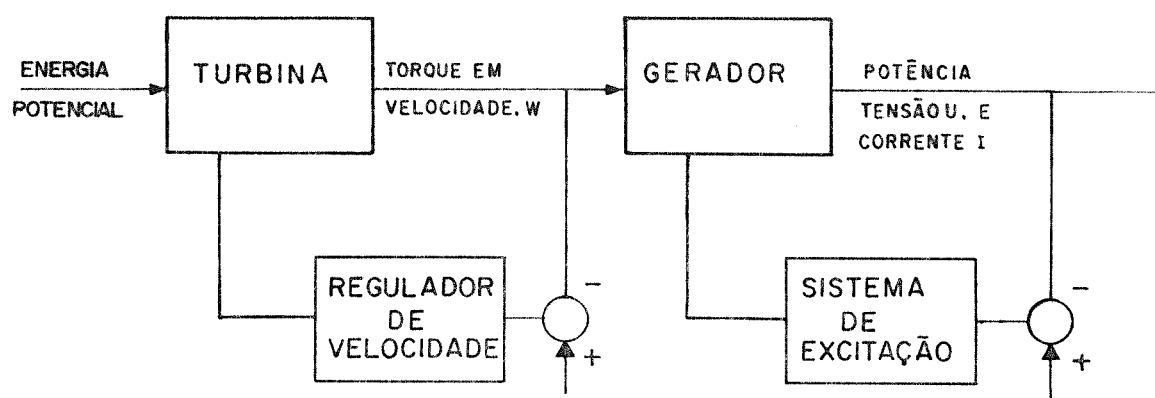


Figura 1.1 - Diagrama simplificado dos sistemas de controle de um gerador síncrono

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-circuito 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 excitatrizes 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 funciona

mento e os Capítulos 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.