

## 6 Conclusões

Os modelos computacionais desenvolvidos para simular o desempenho de turbina a gás em regime permanente e transitório são matematicamente e computacionalmente complexos. Estes modelos levam em consideração as equações básicas da termodinâmica, as características de cada componente, bem como as equações de conservação de massa, energia e quantidade de movimento. Além disto, o sistema de controle destas máquinas é de extrema importância para a simulação do seu desempenho.

Os principais controles de uma turbina a gás foram implementados em um modelo computacional existente. Usaram-se controladores do tipo PID (proporcional, integral e derivativo) para controlar a velocidade de rotação do eixo e a temperatura de exaustão da turbina a gás, através da variação da vazão mássica de combustível e das pás diretoras do compressor, as VIGVs. A validação dos resultados obtidos pelo modelo computacional por comparação com os dados de operação de uma turbina a gás em operação foi realizada. Os dados disponibilizados pela usina são singulares, pois há pontos com fortes transitórios de potência gerada pela turbina a gás, resultando em regiões limites de funcionamento do motor. Todos os resultados simulados seguiram a tendência dos dados da turbina a gás.

Em relação aos resultados da vazão mássica de combustível, houve uma única região em que os resultados do modelo foram em sentido oposto aos dados de operação do motor. Os resultados do modelo, para a vazão de combustível, seguem a mesma tendência do que os valores de potência gerada, o que é o esperado. Por outro lado, os dados de operação estão em sentido contrário: enquanto a potência está diminuindo, a vazão mássica de combustível está aumentando. As demais condições de operação, como rampa e picos instantâneos, foram simuladas adequadamente.

A pressão de descarga do compressor foi o parâmetro que apresentou maior discrepância. Esta variação é explicada pelo fato de que a operação fora do ponto

de projeto da turbina a gás, e, conseqüentemente, do regime transiente, é fortemente dependente da característica particular, ou mapa, do compressor e da turbina. Estes mapas são levantados durante o período de projeto dos equipamentos não sendo disponibilizado pelos fabricantes. Apesar das discrepâncias, o modelo capturou as oscilações que ocorreram durante o período transitório.

No período de abertura das VIGVs, o modelo computacional respondeu com um atraso em relação aos dados de operação. Este atraso pode ser uma consequência da característica do controlador integral, o qual acumula a cada instante o erro referente ao desvio da variável controlada. Outra observação é que os resultados do modelo computacional são oscilatórios, diferentemente dos dados de operação. As oscilações do modelo são características do sistema de controle implementado. Em cada instante, a temperatura de entrada na turbina é comparada com o valor de referência. Como a vazão mássica de combustível oscila durante todo o regime transitório, a temperatura de entrada da turbina também oscilará, gerando um sinal de erro para o controlador, o qual atuará na abertura ou fechamento das VIGVs.

O modelo computacional foi capaz de capturar as oscilações dos dados de temperatura de exaustão da turbina a gás, desde rampa até pequenos extremos locais. Os resultados do modelo computacional, referentes à velocidade de rotação do eixo, oscilam mais do que os dados de operação da máquina. Analisando os dados de operação, nota-se que o valor de referência da rotação varia ao longo do tempo. Esta estratégia é usada para minimizar as oscilações do sistema. Em contrapartida, o modelo computacional usa um valor de referência fixo de 3.600 rpm. Esta é uma justificativa para a maior oscilação observada nos resultados do modelo.

Em suma, a maioria dos dados simulados referentes à vazão mássica de combustível, temperatura de exaustão, variação das VIGVs e velocidade de rotação do eixo tiveram discrepâncias inferiores a 6%. É importante ressaltar que poucos resultados similares foram publicados na literatura especializada. Portanto, todo o trabalho desenvolvido é único no âmbito brasileiro.

Apesar de ser inovador, este trabalho abordou o sistema de controle de uma turbina a gás específica. Os principais sistemas de controle para esta turbina a gás industrial foram implementados, a variação das pás diretoras do compressor

(VIGVs) e a variação da vazão mássica de combustível. Portanto, existem oportunidades para melhorar o trabalho realizado.