



Instituto Politécnico, Nova Friburgo  
August 30<sup>th</sup> - September 3<sup>rd</sup>, 2004

Paper CRE04 – MC03

## Software para Cálculo de Propriedades Termodinâmicas dos Gases Reais

**Breno Tresoldi Minzon<sup>1</sup> e Fábio Malavazzi Santilio<sup>2</sup>**

Instituto de Engenharia Elétrica, IEE, Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI  
CEP 37500-000 – Itajubá, MG, Brasil

<sup>1</sup>[breno@unifei.edu.br](mailto:breno@unifei.edu.br), <sup>2</sup>[fabiosantilio@bol.com.br](mailto:fabiosantilio@bol.com.br)

**Tapan Kumar Sen<sup>3</sup>**

Instituto de Engenharia Mecânica, IEM, Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI  
CEP 37500-000 – Itajubá, MG, Brasil

<sup>3</sup>[tapan@unifei.edu.br](mailto:tapan@unifei.edu.br)

Na aplicação prática dos gases reais, faz-se necessário um cálculo prévio do fator de compressibilidade, que, para gases ideais é igual à unidade. O fator de compressibilidade (FC) é útil quando as propriedades fundamentais (pressão-volume-temperatura) precisam ser calculadas. Este trabalho apresenta um software que calcula este fator para qualquer gás real. A metodologia aqui utilizada baseia-se em um modelo matemático iterativo [1] ao invés do modelo de Van der Waals e Redlich-Kwong. Comparando com os dados experimentais [2] e dados [1], verifica-se uma excelente concordância e maior eficiência em relação ao uso da equação de Clapeyron. A partir da equação fundamental dos gases ideais foi desenvolvido um modelo matemático com um fator de correção para ajustar o modelo ideal ao comportamento real dos gases. Van der Waals deduziu uma expressão, que utiliza um método iterativo de resolução, para encontrar o fator de compressibilidade dos gases reais. Um outro modelo para gases reais foi desenvolvido por Redlich-Kwong (RK) em 1949 baseando-se na equação de Van der Waals, o qual se baseia em duas constantes **a** e **b** (constantes empíricas) que, para serem determinadas é necessário resolver uma equação cúbica. O modelo matemático baseado na equação de RK usado para o desenvolvimento desse software foi desenvolvido por Sen [1]:

$$\frac{Pv}{RT} = Z_{RK} = \frac{1}{1-k} - \frac{4,9339796}{T_r^{1,5}} \left( \frac{k}{1+k} \right) \quad (1) \quad k = \frac{0,08664P_r}{ZT_r} \quad (2)$$

Assim, com o valor de  $z$  calculado, pode-se encontrar a massa específica de um gás real.

$$\rho = \frac{P}{Z_{RK} RT} \quad (3)$$

O método iterativo, realizado pelo software, consiste em estipular um valor inicial para  $z$  e substituir na equação (2). Calcula-se um novo valor de  $Z$  - equação (1) - a partir de (2). Se a

diferença entre o valor adotado e o valor calculado de  $Z$  não estiver dentro de uma certa tolerância repete-se o processo utilizando, ao invés de um  $Z$  estipulado, o valor de  $Z$  calculado. Como valor inicial do fator foi adotada a unidade. Foi utilizado também, pressões e temperaturas críticas tabeladas. Para a iteração foi adotada uma precisão de 0,00001. Após calcular o fator de compressibilidade pela equação (1) e (2) foi encontrada a massa específica de um gás real qualquer a uma dada temperatura e pressão pela equação (3). Com intuito de comparar esse método, foram utilizados dados experimentais tabelados [2] para se saber os desvios relativos da massa específica. Os resultados obtidos foram coerentes com a teoria inicial e com tabelas já elaboradas a partir de resultados experimentais.

A utilidade do programa FatorZ dar-se-á pelo fácil acesso do fator de compressibilidade ao invés de consultá-lo através de tabelas e/ou fórmulas, facilitando assim o cálculo das propriedades fundamentais  $p$ - $v$ - $t$  dos gases reais.

O método iterativo utilizado produz resultados melhores, isto é, menores desvios na massa específica relativos ao experimental, aumentando a confiabilidade do resultado.

#### **REFERÊNCIAS**

- [1] Sen, T. K. – “Determinação do fator de compressibilidade dos gases reais” – V Seminário de Pesquisas da Escola Federal de Engenharia de Itajubá (EFEI), outubro, 1990, pp. 106-11.
- [2] Moran, M.J., Shapiro, H.N., “Fundamentals of Engineering Thermodynamics”, ed. John Wiley & Sons, New York.