



ESTUDO DE REFRIGERADORES TERMO-ACÚSTICOS

Andreia Aoyagui Nascimento, Franscico Léporé, Ricardo Fortes de Miranda

A industrialização estimulou o setor da refrigeração, o que provocou uma série de impactos ambientais. Uma das causas foi a troca, em 1930, dos fluidos refrigerantes que compunham o sistemas de refrigeração, tais como, dióxido de enxofre e amônia, por gases à base de clorofluorcabono, os quais atuam diretamente na deterioração da camada de ozônio, provocando o aumento da incidência de raios solares ultravioleta. Tal radiação é prejudicial à saúde humana, já que possui efeito mutagênico, causando diversas doenças como câncer de pele e catarata.

Uma das alternativas para minimizar os impactos ambientais é o uso do refrigerador termo-acústico. O refrigerador termo-acústico possui muitas vantagens: a primeira é o fato de utilizar fluidos não poluentes como refrigerante; a segunda é que o elemento responsável por realizar a compressão no fluido é uma onda sonora, desta forma se torna mais econômico em termos de manutenção mecânica. Nessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo compreender o fenômeno termo-acústico, além de verificar o desempenho e buscar elementos que possam favorecer a construção de um protótipo.

Nesse sentido, este estudo quer contribuir com conhecimentos que favoreçam a compreensão do funcionamento e conseqüentemente, possa permitir a otimização de sistemas mais adequados do ponto de vista econômico e ecológico.

Como podemos observar na figura 1, o refrigerador termo-acústico consiste dos seguintes componentes: alto-falante, tubo ressonante, pilhas de placas paralelas, trocadores de calor e fluido de trabalho (este podendo ser hélio ou ar).

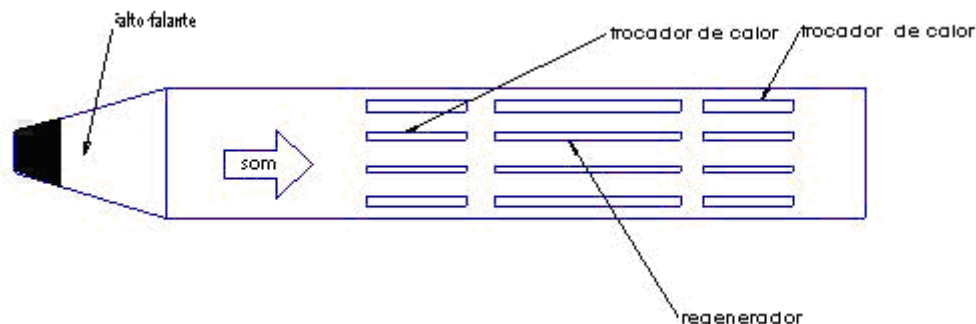


Figura 1: Esquema de um refrigerador termo-acústico

O alto-falante é o responsável pela emissão de ondas sonoras (ondas de pressão), as quais fornecem velocidade, pressão e temperatura ao fluido que se encontra no interior do tubo. Essas ondas provocam no fluido uma série de ciclos, caracterizados por uma contração e, concomitantemente, por uma rápida expansão, de forma que não ocorra transferência de calor entre as placas, podendo-se considerar o processo como sendo adiabático.

No equacionamento do sistema, é levada em conta a primeira oscilação da onda sonora, omitindo-se a viscosidade do gás, bem como a sua condutividade térmica. Devido à pressão ser exercida por uma onda, as seguintes equações da pressão e velocidade possuem um valor real e um complexo, que estão relacionados com a variação no tempo onde os termos P_1 e u_1 representam a parcela que esta sendo induzida no fluido.

$$P = P_m + P_1 * e^{i\omega t} \quad (1)$$

$$u = u_1 * e^{i\omega t} \quad (2)$$

O fenômeno também é regido pelas equações da mecânica dos fluidos, tais quais, a equação de Navier-Stokes, equação da continuidade, equação da energia e pela lei de Fourier. Utilizando estas equações juntamente com as equações (1) e (2) obtém-se o perfil de temperatura no fluido.

Fazendo o uso da equação da conservação da massa e da relação termodinâmica da densidade, juntamente com as equações (1) e (2) e, ainda, a equação do perfil de temperatura, chega-se à equação abaixo denominada de equação de Root's:

$$\left[1 + \frac{(\gamma - 1)}{(1 + \varepsilon_s)} f_k \right] p_1 + \frac{a^2}{w^2} \rho_m \frac{d}{dx} \left[\frac{(1 - f_v)}{\rho_m} \frac{dp_1}{dx} \right] + \frac{a^2}{w^2} \frac{(f_k - f_v)}{(\sigma - 1)(1 + \varepsilon_s)} \beta \frac{dT_m}{dx} \frac{dp_1}{dx} = 0 \quad (3)$$

O software utilizado para auxiliar no estudo e na simulação do protótipo do refrigerador é o DeltaEc, cujas respostas são gráficos de pressão, velocidade e temperatura, dentre outros.

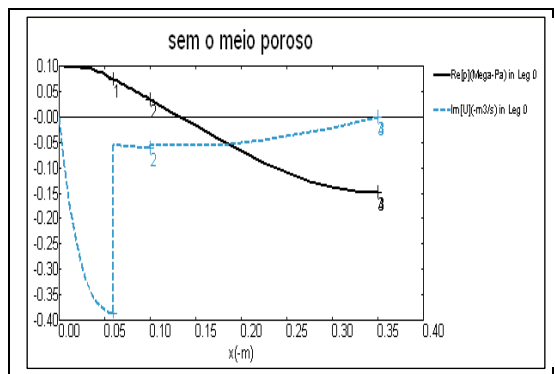


Figura 2: gráfico do refrigerador sem modificação da área

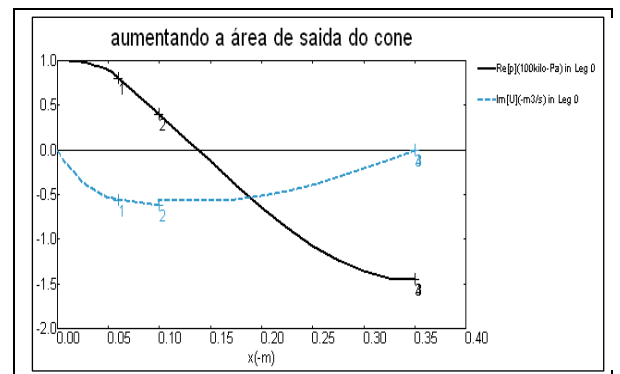


Figura 3: modificando a área da seção do duto

A figura 2 mostra a oscilação da pressão (parte real) e a velocidade (parte imaginária), assim, pode-se observar uma aceleração muito brusca da velocidade do fluido interno quando o esse passa pelo duto. Esse problema pode ser minimizado realizando-se um alargamento do diâmetro do duto de 0.014 metros para 0.05 metros, tal como podemos visualizar na figura 3 (acima).

Este trabalho ainda se encontra em andamento, de maneira que os resultados obtidos serão verificados por meio de outros softwares e da técnica de elementos finitos, conferindo, assim, maior confiabilidade aos mesmos.

REFERÊNCIAS

- W. Swift, 1988, " **Thermoacoustic engines** ", J. Acoust. Soc. Am.
- [Kinsler, Lawrence E.](#) [et.al.], 1982c1950, " **Fundamentals of acoustic** ", New York: John Wiley.
- INCROPERA F. P., DAVID P. DE WITT, 2002, " **Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 5th Edition** ", Univ. of Notre Dame.
- UNIVESITY OF ALBERTA, ANSYS Tutorials, disponível em: <http://www.mece.ualberta.ca/tutorials/ansys/>. Data de acesso: 12-03-2008.
- Delta Ec Tutorials, disponível no próprio programa.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NRB 6023: Referências bibliográficas. Rio de Janeiro, 2002. 24p.