

ANÁLISE ENERGÉTICA DE UM REFRIGERADOR TERMOELÉTRICO

Jonas M. Madalozzo, Mairon Presotto e Pedro L. Bellani, mairon_presotto@yahoo.com.br

URI -, Universidade Regional Integrada, Curso de Engenharia Mecânica – E.M.
Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS

RESUMO: O objetivo deste trabalho é uma avaliação analítica e experimental de um refrigerador termoelétrico de volume reduzido para uso em automóveis ou domiciliares. Os ciclos convencionais de refrigeração apresentam desvantagens frente ao sistema termoelétrico quando utilizados em refrigeradores de pequeno porte. A obtenção de dados e as análises serão feitas a fim de obter a transferência de calor entre a placa termoelétrica e o ambiente, assim como a eficiência global do sistema, e avaliar o desempenho do sistema de refrigeração.

PALAVRAS-CHAVE: Peltier, transferência de calor, refrigerador

ABSTRACT: *This paper aims is an analytical and experimental evaluation of a thermoelectric cooler with reduced volume for use in cars or homes. The conventional refrigeration cycles are disadvantaged compared to this system when used in small thermoelectric coolers. The data collection and analysis will be made to obtain the heat transfer between the thermoelectric plate and the environment, as well as the overall system efficiency, and evaluate the performance of the refrigeration system.*

KEYWORDS: *Peltier, heat transfer, refrigerator*

INTRODUÇÃO

As placas termoelétricas têm como princípio de funcionamento o efeito Peltier, baseado em dois metais semicondutores que quando aplicada uma corrente elétrica, apresentam propriedades termoelétricas. Estas bombas de calor apresentam vantagens em relação aos ciclos convencionais de refrigeração, como: o tamanho reduzido, a ausência de ruídos e vibrações, além de ter um controle preciso de temperatura. A transferência de calor nas placas Peltier se dá principalmente por condução.

Os objetivos deste trabalho são uma análise de um refrigerador e o cálculo da eficiência energética da placa, feitos através de métodos analíticos com modelos matemáticos encontrados na literatura. Uma bancada com termopares tipo *K* será utilizada para a aquisição de dados, os quais serão comparados e reavaliados a fim de validar o experimento, calcular o balanço de energia e a eficiência global do dispositivo.

METODOLOGIA

Procedimento experimental

O compartimento a ser refrigerado possui *10 litros* e como isolante foi utilizado isopor comercial de *50 mm* de espessura, conforme Fig. 1.

Para o sistema de refrigeração utilizou-se de: placa termoelétrica; dissipador de alumínio, contendo o mecanismo auxiliar de troca de calor denominado heat-pipe, (tubo de metal preenchido com fluido refrigerante que transporta calor de um ponto a outro e que será desconsiderado nesta análise devido à sua complexidade). (<http://www.cheresources.com/htpipes.shtml>, acessado em 05/07/11); dissipador de cobre; ventilador; extensor de

cobre; pasta térmica.

Para obter as temperaturas utilizadas como dados de entrada no modelo analítico, foram utilizados termopares do tipo *K*. Estes, posicionados para se obter as temperaturas das faces da placa Peltier, dos dissipadores, do ambiente e do interior do reservatório. A leitura dos valores foi realizada através de multímetros Minipa, cuja precisão é de $\pm 1^\circ\text{C}$. A velocidade do fluxo de ar gerado pelo ventilador foi medida com um anemômetro.



Figura 1. Refrigerador e sistema de refrigeração

Equações governantes

Através do método analítico será determinada a taxa de transferência de calor no sistema com a qual se pode utilizar do conceito de resistência térmica. Para esta solução será considerado que a taxa de transferência de calor ocorre apenas em uma direção. Esta simplificação se faz necessária devido à complexidade de soluções analíticas em casos bi ou tridimensionais. Assim através da equação da difusão de calor serão feitas algumas

considerações tais como: a condutividade térmica dos materiais envolvidos será tida como constante, o sistema irá operar em regime estacionário e o caso será tratado como unidimensional (coordenadas em x e y desprezíveis). Assim a equação da difusão de calor pode ser reescrita como a Eq. (1).

$$\frac{\partial}{\partial x} \cdot k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0 \quad (1)$$

Através da solução analítica da Eq. (1) e relacionando-a com a lei de Fourier e com lei de Resfriamento de Newton pode-se calcular a taxa de transferência de calor por condução e convecção. Correlacionando as equações de taxa de transferência com a equação geral para Resistência Térmica, segundo Incropera *et al.* (2008), se obtêm o valor de resistência térmica para condução e convecção. Para calcular a taxa de transferência de calor no dissipador, Fig. 2, utiliza-se a Eq. (2).

$$q_t = hA_t \left(1 - \frac{NA_a}{A_t} [1 - \eta_a] \right) \theta_b \quad (2)$$

sendo, θ_b a diferença entre a temperatura da base do dissipador e a temperatura do ambiente, N o número de aletas do dissipador, A_a a área da aleta, A_r a área total do dissipador e η_a a eficiência da aleta que pode ser calculada através da Eq. (3).

$$\eta_a = \frac{\tanh mL_c}{mL_c} \quad (3)$$

Area total = 0,3612m²
Area da Base = 0,0034m²
Area das aletas = 0,3579m²
Nº de aletas = 56
Eficiência da aleta = 0,733

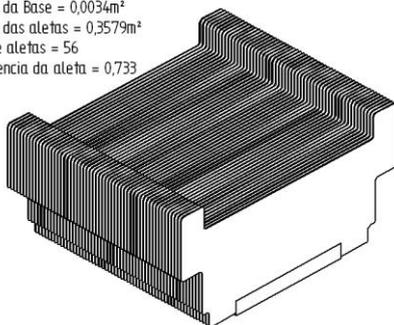


Figura 2. Propriedades Físicas do Dissipador Externo

Para calcular o coeficiente de convecção h , é necessário determinar a natureza do escoamento, sendo laminar ou turbulento, através do número de Reynolds. Devido à geometria complexa do dissipador, admite-se que o escoamento é turbulento. Assim, a correlação de convecção adequada para o caso é expressa pela Eq. (4).

$$Nu = 0,0296Re^{4/5}Pr^{1/3} \quad (4)$$

A partir do valor obtido para Nu pode-se facilmente obter o valor do coeficiente de convecção h através da Eq. (5).

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} \quad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de Re calculado foi da ordem de 7300,19 e representa um escoamento laminar externo, entretanto, foi considerado como turbulento devido à geometria complexa do dissipador. Utilizou-se a correlação de Nusselt em escoamentos turbulentos, e assim calculado o coeficiente de convecção h , igual a 21,36 W/(m²K). Com um valor de θ_b de 10°C (ΔT entre o dissipador quente e o ar ambiente), obteve-se um valor de 57,04 W para a transferência de calor no dissipador.

Através da bancada, obtiveram-se os valores das temperaturas referentes à face fria da placa, a base do dissipador no interior do refrigerador, a temperatura ambiente e a temperatura do dissipador externo. Com o valor obtido para a resistência térmica no extensor de cobre, de 0,031172069K/W e ΔT entre a base do dissipador interno e a face fria da placa Peltier, igual a 1°C, obteve-se um fluxo de calor de 32,08W.

A proporção entre o fluxo de calor obtido analiticamente no dissipador externo (57,04W) e o fluxo de calor medido no extensor de cobre (32,08W), resultou na eficiência energética da placa em 56,24%. O balanço de energia realizado mostrou que toda a energia elétrica imposta na placa termoeletrica, 57,24W a 10,8V era dissipada em forma de calor pelo dissipador externo.

CONCLUSÃO

A partir da análise da eficiência energética de uma placa termoeletrica utilizada em um refrigerador de construção artesanal, verificou-se que ela apresenta grandes vantagens em relação aos ciclos convencionais de refrigeração. São de simples manuseio e propiciam uma eficiência satisfatória para ambientes refrigerados de tamanho reduzido, além da ausência de ruídos e vibrações.

O modelo matemático proposto e as simplificações feitas foram coerentes com a sistemática do problema. A diferença entre o balanço de energia, calculado através do modelo matemático, e o balanço de energia real, calculado através de dados da bancada, foi mínima (0,35%).

REFERÊNCIAS

- Incropera, Frank P., De Witt, David P. “Fundamentos de transferência de calor e massa”. LTC, 6. Ed., Rio de Janeiro, 2008, pp. 91-94.
Cheresourcer, “What is a Heat Pipe?” 5/Julho/2011, <<http://www.cheresources.com/htpipes.shtml>>

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.