

ANÁLISE COMPARATIVA DE DESEMPENHO ENTRE UM REFRIGERADOR TERMOELÉTRICO E UM REFRIGERADOR POR COMPRESSÃO DE VAPOR

A.J.P. Zimmermann , P.O.O. Duarte, A.T. Prata , C. Melo

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário, Trindade, Florianópolis SC, CEP:88040-900

Palavras chave: Refrigeração, Termoelétrico, Energia

RESUMO

Nos últimos anos, a eliminação de vários fluidos refrigerantes do mercado e a necessidade de novas tecnologias de refrigeração economicamente viáveis e ambientalmente amigáveis, levou vários pesquisadores e empresas a investir no desenvolvimento de sistemas alternativos de refrigeração. Como exemplos pode-se citar os sistemas por absorção, eletromagnéticos, termoelétricos e os baseados no ciclo Stirling.

No caso particular da refrigeração termoelétrica, o desenvolvimento de novos materiais semicondutores, de novas técnicas de fabricação dos módulos termoelétricos e de novos trocadores de calor foi fundamental para a retomada das pesquisas nesta área (Huang et al., 2000).

O aparecimento de refrigeradores termoelétricos comerciais fez com que Bansal et al. (2000) realizassem uma análise comparativa entre um refrigerador termoelétrico do tipo líquido-líquido (TE), um refrigerador por compressão mecânica (CV) e um por absorção (AB). Nessa análise ficou evidente que o refrigerador TE apresentava um coeficiente de performance superior ao refrigerador AB, mas inferior ao refrigerador CV.

O foco do presente trabalho reside na comparação do desempenho de um refrigerador TE do tipo ar-ar com o desempenho de um refrigerador convencional por compressão mecânica de vapor. Esta análise é obtida através da realização de testes de desempenho normalizados segundo a ABNT e ISO.

Os refrigeradores termoelétricos têm como princípio de funcionamento o efeito Peltier. Segundo este efeito, quando uma corrente elétrica flui pela junção de dois materiais diferentes ocorre a absorção ou rejeição de calor nesta junção dependendo do sentido da corrente. O refrigerador termoelétrico em questão utiliza um módulo termoelétrico com dimensões de 40x40x3,3mm. A tabela 1 mostra as características construtivas de cada refrigerador.

Tabela 1. Características dos refrigeradores.

Características	Termoelétrico	Compressão
Volume (litros)	56	48
Refrigerante	-	HFC-134a
Trocador interno	Ar – aletado	Roll-bond
Trocador externo	Ar – aletado	Arame sobre tubo
Alimentação (V)	120	220

Os testes realizados neste trabalho foram os de fluxo reverso de calor, de tempo de abaixamento de temperatura e de consumo de energia. Estes ensaios foram realizados em uma câmara de temperatura e umidade controladas.

Os ensaios foram realizados nas temperaturas ambientes de 32 e 21°C. Estas temperaturas foram estabelecidas tomando-se por base o fato do refrigerador TE ter sido desenvolvido para regiões de clima temperado (classe N) e com o objetivo maior de ser utilizado em ambientes climatizados, como hotéis, hospitais, escritórios, etc. Os testes comparativos e os respectivos resultados são descritos a seguir.

Ensaio de abaixamento de temperatura

O ensaio de abaixamento de temperatura (“pull-down”) consiste no monitoramento das temperaturas e das variáveis de natureza elétrica (corrente, tensão e potência) desde a partida do sistema até a condição de regime permanente. Este ensaio tem entre seus objetivos a determinação do tempo necessário para que a temperatura média do ar no interior do gabinete atinja um nível de temperatura pré-estabelecido pela normalização pertinente. Os resultados comparativos são mostrados na figura 1 .

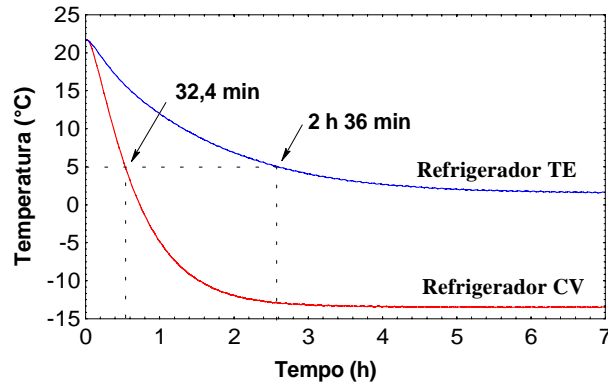


Figura 1. Tempo de Pull-Down a 21°C

Ensaio de Fluxo Reverso

Este ensaio tem por objetivo a determinação da condutância térmica (UA) do gabinete. O refrigerador, desligado e com a porta fechada, é mantido no interior da câmara de testes, estabilizada numa temperatura pré-estabelecida. Termopares são dispostos no lado interno e externo do refrigerador com o intuito de avaliar a diferença média de temperatura através das paredes do gabinete. Resistências elétricas, convenientemente dispostas no interior do gabinete, são então utilizadas para elevar a temperatura média do ar interno para um valor superior em 25°C a temperatura da câmara de testes. Os resultados estão nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Resultados dos testes de UA – refrigerador TE.

	$\Delta T_M (^{\circ}C)$	$k (W/^{\circ}C)$	$Q_M (W)$	$P (W)$	$Q_P (W)$	$T_{INT} (^{\circ}C)$	$T_{AMB} (^{\circ}C)$	$UA (W/^{\circ}C)$
21°C	1,5	0,483	0,74	14,13	13,38	46,2	21,4	0,541
32°C	1,7	0,483	0,85	15,69	14,84	56,7	31,5	0,590

Tabela 3. Resultados dos testes de UA – refrigerador CV.

	$P (W)$	$T_{INT} (^{\circ}C)$	$T_{AMB} (^{\circ}C)$	$UA (W/^{\circ}C)$
21°C	18,64	46,2	21,7	0,764
32°C	19,38	56,9	31,8	0,773

Ensaio de Consumo de Energia

O consumo de energia do refrigerador TE foi inferido a partir do teste de “pull-down”, já que a operação deste sistema é contínua. Neste caso, utilizou-se o valor médio da potência total consumida durante um período de 1 hora e em condições de regime permanente. O consumo de energia do refrigerador CV foi determinado com base na especificação de uma temperatura de referência para o ar interno. Estabelecida esta temperatura, são então realizados 2 testes, um com uma temperatura superior e outro com uma temperatura inferior ao valor de referência. O consumo de energia na temperatura de referência é obtido através da interpolação dos valores obtidos nos dois testes. Resultados estão mostrados na figura 2.

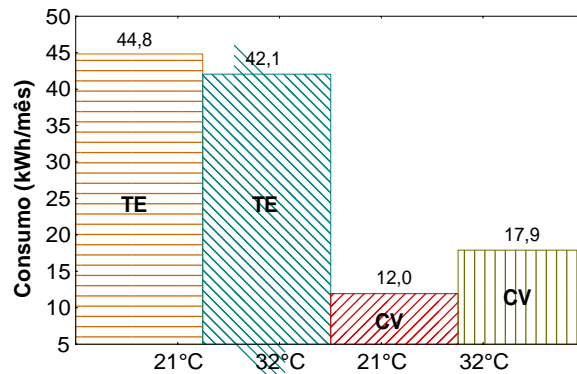


Figura 2. Consumo de energia dos refrigeradores TE e CV

Com estes resultados é possível calcular o coeficiente de performance do refrigerador. A figura 3 mostra os resultados comparativos.

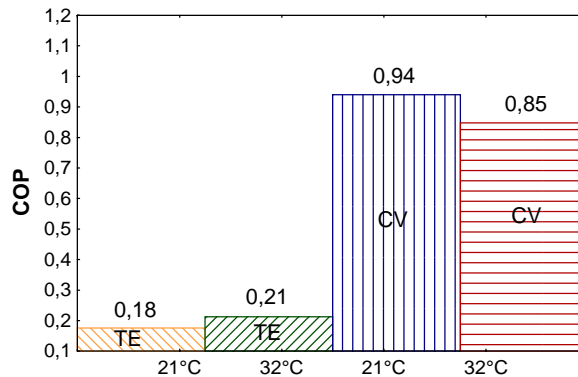


Figura 3. Coeficiente de performance dos refrigeradores TE e CV

Através de testes de consumo de energia, de abaixamento de temperatura e de fluxo reverso, verificou-se que o refrigerador CV opera com um coeficiente de performance superior ao refrigerador TE, apesar de apresentar um menor nível de isolamento térmico. Observou-se também que o tempo de “pull-down” do refrigerador CV é consideravelmente menor que o do refrigerador TE.

Agradecimentos: ao CNPq pela bolsa de iniciação científica, à EMBRACO pelo apoio financeiro ao projeto. Aos colegas, professores e técnicos do NRVA – UFSC.

REFERENCIAS:

Bansal, P. K., Martin A., 2000, “Comparative Study of Vapor Compression, Thermoelectric and Absorption Refrigerators”, International Journal of Energy Research, Vol 24, pp. 93-107.

Batchelor, A. W., Mc Donald, D., Banney, B., Dawkins, S., 1998, “Enhanced Thermoelectric Refrigeration System COP, Through Low Thermal Resistance Liquid Heat Transfer System”, International Conference of Thermoelectric-ICT98, Nagoya, Japan.

Huang, B. J., Duang, C. L., 2000, “System Dynamic Model and Temperature Control of a Thermoelectric Cooler”, International Journal of Refrigeration, Vol 23 n°, pp. 197-207.

NTB 00119, 1992, “Isolação Térmica de Refrigeradores e Congeladores – Determinação do Fator UxA”, Norma Técnica Brasmotor.

NTB 00048, 1992, “Refrigeradores, Congeladores e Aparelhos Similares – Abaixamento de Temperatura ‘Pull-Down’ ”, Norma Técnica Brasmotor.

ISO 7371, 1985, “Performance of Household Refrigerating Appliances-Refrigerators with or without Low Temperature Compartment”.