

Caracterização de Ciclos de Refrigeração por Compressão a Vapor através da Segunda Lei da Termodinâmica

Vinicius Akyo Matsuda

Álvaro Roberto Gardenghi

Luben Cabezas-Gómez

Escola de Engenharia de São Carlos – USP

viniciusmatsuda@usp.br

Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal o estudo de sistemas de refrigeração por compressão a vapor através da segunda lei da termodinâmica empregando modelos numérico matemáticos desenvolvidos pelos autores. Mais especificamente planeja-se apresentar neste trabalho os resultados relativos à Segunda Lei da Termodinâmica, como por exemplo, taxas de geração de entropia e destruição de exergia, assim como eficiências de segunda lei instantâneos do sistema.

Métodos e Procedimentos

Para atingir os objetivos desejados, as simulações numéricas serão baseadas no uso dos códigos desenvolvidos por Gardenghi (2020) em linguagem Python. No caso será empregado o método numérico de Runge-Kutta para resolver as equações diferenciais ordinárias de primeira ordem no tempo. O modelo utilizado como base é do tipo de parâmetros concentrados e semiempírico, "caixa-cinza".

Os cálculos relativos a Segunda Lei da Termodinâmica, incluído taxas de geração de entropia e destruição de exergia, foram realizados através das contribuições individuais de cada componente principal do sistema (compressor, condensador, tubo-capilar e evaporador). Deve-se ainda, destacar a utilização do modelo desenvolvido por Doty et. al. (2012) para a estimativas das taxas de

variação da entropia nos trocadores de calor do sistema de refrigeração.

Neste trabalho, foram realizadas comparações com dados experimentais e ainda com simulações utilizando o modelo capacitivo desenvolvido por Gardenghi (2020) para testes em pull-down. Em sequência, resultados relativos à Segunda Lei da Termodinâmica, foram obtidos.

Resultados

Inicialmente, de forma a validar as modificações no modelo, foram realizadas comparações entre dados experimentais, com o modelo original (Modelo A) e o modelo modificado neste trabalho (Modelo B). Os dados experimentais são referentes a uma temperatura ambiente de 25°C, utilizando uma velocidade de rotação do compressor de 4500 RPM e uma carga de refrigerante de 105g.

Os resultados obtidos através dos modelos A e B, mostraram bons comportamentos em relação aos dados experimentais, apresentando baixos desvios e estimando corretamente o estado de regime permanente para a condição estudada. Os resultados apresentam erros RMS relativos inferiores à 2% para as temperaturas de superfície dos componentes, entretanto apresentam erros consideráveis para a pressão de evaporação. Estes maiores erros estão associados a dificuldades de se estimar corretamente as

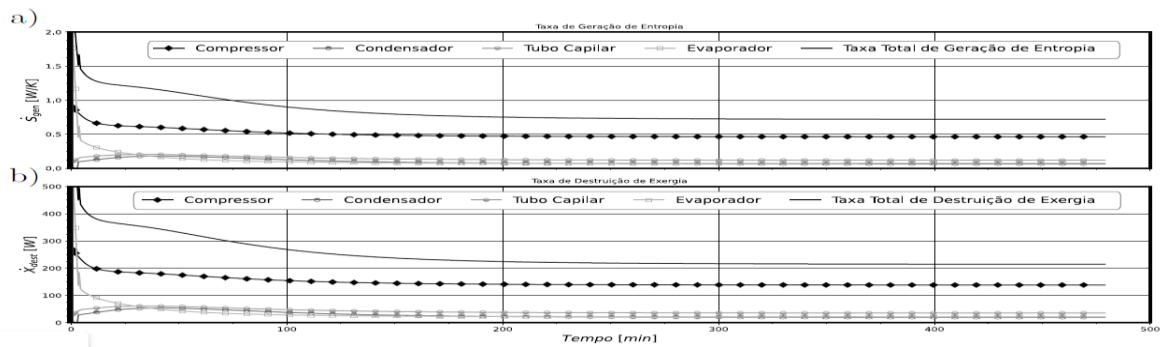


Figura 1 - a) Taxas de Geração de Entropia; b) Taxas de Destruição de Exergia.

distribuições de massa no sistema durante os primeiros instantes simulados.

	Modelo A		Modelo B	
	Estado Permanente	Serie Temporal	Estado Permanente	Serie Temporal
Tcom	0.88	1.15	0.17	1.02
Twc	0.15	0.79	0.22	0.81
Twe	0.31	1.01	0.07	0.94
Tcab	0.27	1.93	0.02	1.89
Pcond	1.16	6.80	1.66	6.64
Pevap	3.93	21.46	0.82	21.34

Valores totais e as contribuições individuais de cada componente para das taxas de destruição de exergia e geração de entropia ao longo da operação do sistema, se mostram na Figura 1. Percebe-se, que as curvas obtidas para as taxas de destruição de exergia e geração de entropia apresentam comportamentos semelhantes, conforme o esperado.

Ainda, nota-se que durante os instantes iniciais de operação, o sistema irá apresentar valores máximos de irreversibilidade. As maiores irreversibilidades observadas durante os momentos iniciais podem ser associadas em grande parte as maiores diferenças de temperaturas e variações das vazões mássicas que ocorrem nesses instantes iniciais de operação do sistema.

Conclusões

Neste trabalho, foram desenvolvidos modelos numérico matemáticos para a caracterização de ciclos de refrigeração por compressão a vapor através da segunda lei da

Termodinâmica. De forma geral, notou-se que as modificações realizadas nos modelos originais pouco afetaram os resultados obtidos, apresentando uma boa concordância com os resultados experimentais. Além disso, foram estimadas as irreversibilidades do sistema ao longo do regime transiente de operação do sistema. Foi notado que as maiores taxas de irreversibilidades são referentes ao compressor, seguidas pelas do tubo-capilar e por fim pelas dos trocadores de calor.

Referências Bibliográficas

- [1] GARDENGHI, A.R., 2020. Transient modeling of vapor compression refrigeration systems for domestic applications. Masters dissertation, Mechanical Engineering Department - São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, Brazil.
- [2] DOTY, J.; CAMBEROS, J.; YERKES, K. Approximate approach for direct calculation of unsteady entropy generation rate for engineering applications. In: 50th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1286.