

EVALUACIÓN TÉRMICA DE UN REFRIGERADOR DOMÉSTICO USANDO REFRIGERANTE R1234yf

Rojas Murguía Edgar Abraham (1), Belman Flores Juan Manuel (2)

1 [Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia (ITM)] | Dirección de correo electrónico: edrojas93@hotmail.com

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingeniería, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: jfbelman@ugto.mx

Resumen

En el siguiente trabajo se ha llevado a cabo una investigación experimental del gas refrigerante "R1234yf". Los experimentos han sido desarrollados para tres refrigeradores domésticos. Las pruebas se han llevado a cabo en una cámara de refrigeración, para la cual se tuvo control de parámetros como: temperatura, humedad relativa. Las pruebas se realizaron para diferentes cargas de refrigerante "R1234yf" y comparando con la carga de refrigerante base ("R134a"). Mediante la instrumentación adecuada en cada refrigerador se obtuvieron parámetros de temperaturas y presiones para los puntos más importantes del sistema de refrigeración, los cuales posteriormente con ayuda del software especializado EES® se analizó el coeficiente de desempeño (COP) para cada prueba de refrigerante, punto principal de este trabajo de investigación. Finalmente, se compararon (termodinámicamente) los dos refrigerantes bajo estudio.

Abstract

In this paper has carried out an experimental investigation of the refrigerant gas "R1234yf". Experiments have been developed for three domestic refrigerators. The tests were carried out in a cooling chamber, for which we had control of parameters as: temperature, relative humidity. Tests were performed for different refrigerant charges of "R1234yf" and comparing with the refrigerant charge base ("R134a"). By suitable instrumentation parameters in each cooler temperatures and pressures for the most important points of the cooling system were obtained, which subsequently with the help of specialized software EES® the coefficient of performance (COP) was analyzed for each test refrigerant point main of this research. Finally, we compared (thermodynamically) the two refrigerants under study.

Palabras Clave

Refrigerante, R1234yf, R134a, Coeficiente de desempeño, Refrigerador doméstico, Compresión de vapor.

INTRODUCCIÓN

Refrigeración doméstica

En la actualidad la refrigeración es necesaria en los hogares, ya que mediante el proceso de refrigeración podemos conservar alimentos perecederos en buen estado por un tiempo mayor. El proceso de refrigeración consiste en mantener un espacio determinado a una temperatura baja, extrayendo energía en forma de calor del espacio a baja temperatura y desechando el calor a un medio circundante de alta temperatura, esto se logra mediante un dispositivo especial llamado “Refrigerador” [1].

El procedimiento más ampliamente usado en los refrigeradores es denominado “refrigeración por compresión de vapor”. El refrigerante que circula en el interior del circuito de refrigeración se denomina refrigerante primario, esto por que experimenta cambios de fase en algunos de los dispositivos con los cuales interactúa [2].

En la actualidad, los refrigerantes que son usados en los refrigeradores domésticos poseen buenas propiedades termodinámicas y de transporte, así como un precio de fabricación aceptable (R134a), pero debido a fenómenos que están ocurriendo en estos días, como el calentamiento global, desgaste de la capa de ozono, entre otros, un factor más importante que deben tener los refrigerantes es un bajo potencial de calentamiento global (acrónimo en inglés GWP), así como un bajo potencial de desgaste de la capa de ozono (acrónimo en inglés ODP), ambos parámetros los cumple perfectamente el refrigerante R1234yf.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una vez que se han obtenido los parámetros necesarios (presiones y temperaturas) en los puntos más importantes del sistema de refrigeración, mediante la instrumentación correcta

y el uso de un sistema de adquisición de datos. Se procedió a hacer la caracterización del sistema de refrigeración.

Con ayuda de las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) y el software especializado en la materia EES se ha obtenido el COP para los 3 refrigeradores domésticos, para los cuales se han utilizado 8 diferentes cargas de refrigerante R1234yf (69.62g, 77.03g, 83.71g, 91.06g, 97.95g, 104.9g, 111.63g, 118.73 g) y una sola carga de R134a (100g-línea base), estos experimentos fueron realizados para una temperatura de cámara (ambiente) de 32.2 °C.

Los otros experimentos fueron llevados a cabo para 4 diferentes temperaturas de cámara (12°C, 21.1°C, 32.2°C y 43.3 °C), las pruebas se han realizado utilizando la carga óptima correspondiente a cada refrigerante, 92.2g y 100g para el refrigerante R1234yf y R134a respectivamente.

El programa desarrollado en el software EES® fue alimentado con los datos necesarios (presiones, temperaturas, eficiencia combinada, subenfriamiento, coeficiente de compresión politrópico, etc.), esto con la finalidad de poder obtener el coeficiente de desempeño para cada prueba. Se decidió tomar una presión de succión y descarga promedio de 98.22 KPa y 1115 KPa respectivamente, así también, en conjunto con los demás colaboradores del proyecto y tras un análisis minucioso se optó por tomar una eficiencia combinada del 0.7, un subenfriamiento de 1.5 °C, un coeficiente de compresión poli trópico constante de $K=1.034$.

A continuación, se listan las ecuaciones que se necesitaron para poder obtener el coeficiente de desempeño (COP) en cada prueba realizada, así como el significado de cada variable involucrada.

$$POT_{ent} = \frac{(\dot{m}_{ref} * W)}{\eta_{comb}} \quad (1)$$

Donde:

POT_{ent} = Potencia eléctrica de entrada (kW).

$\dot{m}_{ref}$ = Flujo másico de refrigerante ($\frac{kg}{s}$).

η_{comb} = eficiencia combinada de compresor.

W = Trabajo de compresión específico $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$.

$$W = \frac{k}{k-1} p_{\text{suc}} v_{\text{suc}} \left[\left(\frac{p_{\text{des}}}{p_{\text{suc}}} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad (2)$$

Donde:

k = Coeficiente politrópico de proceso de compresión.

p_{suc} = Presión de succión. (kPa).

p_{des} = Presión de descarga. (kPa).

v_{suc} = Volumen específico en la succión $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}\right)$

$$CC = \dot{m}_{\text{ref}} * (h_s - h_e) \quad (3)$$

Donde:

CC = Capacidad frigorífica del sistema de refrigeración (kW).

h_s = Entalpía a la salida del evaporador $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$.

h_e = Entalpía a la entrada del evaporador $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$.

$$\text{COP} = \frac{CC}{\text{POT}_{\text{ent}}} \quad (4)$$

COP = Coeficiente de desempeño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestran los COP's que se han obtenido para las diferentes temperaturas de cámara, estas pruebas fueron hechas utilizando la carga óptima de cada refrigerante, las cuales son de 92.09g y 100g para el R1234yf y R134a

respectivamente, las cuales han sido determinadas en investigaciones anteriores.

En la figura 2 de igual forma se presenta los COP's (promedio de los tres modelos de refrigeradores) obtenidos para las diferentes cargas (promedio de los tres modelos de refrigeradores) de refrigerante R1234yf y para la carga de 100g de R134a, las pruebas fueron llevadas a cabo a una temperatura de cámara de 32.2 °C.

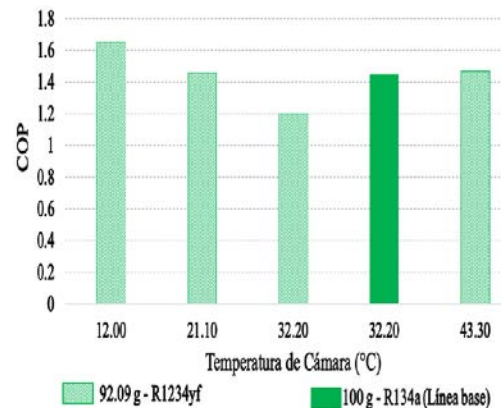


Figura 1.- Coeficiente de desempeño para la carga óptima de refrigerante R1234yf (92g) y R134a (100g) para las diferentes temperaturas de la cámara.

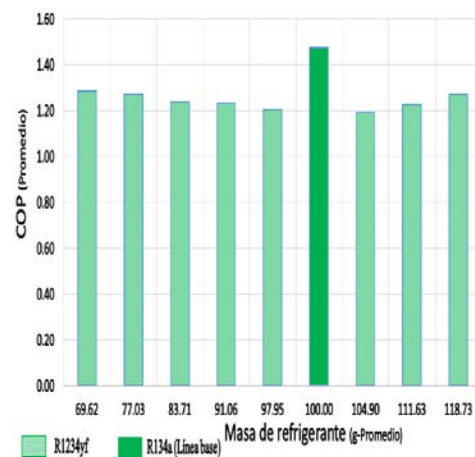


Figura 2.-Coeficiente de desempeño para las diferentes cargas de refrigerante R1234yf y para la carga de 100g de R134a a una temperatura de cámara de 32.2°C.

CONCLUSIONES

Como era de esperarse, el rendimiento de los refrigeradores domésticos bajo análisis tuvieron un mayor rendimiento (COP) usando el refrigerante R134a en lugar de R1234yf, esto bajo las mismas condiciones de operación, es decir, a la mismas temperaturas y presiones de operación, así como, operar bajo la carga óptima de cada refrigerante, esto debido a las mejores condiciones termofísicas ya conocidas del refrigerante R134a.

Pero en estos días, fenómenos como el calentamiento global, el desgaste de la capa de ozono, efecto invernadero, son de suma importancia, y como se muestra en las figuras 1 y 2 no es tan abrumador la diferencia del coeficiente de desempeño, pero si existe una gran diferencia en el impacto ambiental (Tabla 1), por lo que no importa sacrificar un poco el rendimiento que tengan las instalaciones frigoríficas que operen con refrigerante R1234yf (figura 2) esto se justifica con la disminución de la contaminación que este refrigerante causa al medio ambiente.

Finalmente, existen otros mecanismos que pueden ser implementados con el fin de incrementar el desempeño de los refrigeradores, como el caso del análisis del tubo capilar. Por lo que la

investigación en este campo es de gran interés por el uso de refrigerantes inocuos al ambiente, y con alto desempeño energético.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Juan Manuel Belman Flores, al estudiante de Doctorado Jean Fulbert Ituna Yudonago y a la estudiante de Maestría Andrea Del Pilar Rodríguez Muñoz, por el apoyo brindado durante mi estancia en la universidad de Guanajuato.

REFERENCIAS

Libro:

[1] Yunus A. Çengel, Michael A. Boles (2011). Termodinámica (7a ed) McGraw-Hill Companies, Inc.

Capítulo 11 "Ciclos de refrigeración".

[2] Kharagpur, 40 lessons on refrigeration and air conditioning from IIT. (2008).

Capítulo 26 "Refrigerants"

[3] http://www.abellolinde.es/internet.lg.lg.esp/es/images/R1234yf_183ES0114316_110818.pdf?v=2.0

Tabla 1: Comparativa de los refrigerantes R1234yf y R134a. [3]

CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES	REFRIGERANTES	
	R134a	R1234yf
1. Nombre químico	1,1,1,2- Tetrafluoroetano	2,3,3,3- Tetrafluoropropano
2. Fórmula química	CH_2FCF_3	$\text{CF}_3\text{CF} = \text{CH}_2$
3. Grupo de producto	Hidrofluorocarbono (HFC)	Hidrofluoro olefino (HFO)
4. Clasificación de seguridad ASHRAE	A1 – no tóxico y no inflamable	A2L – no tóxico e inflamable
6. Punto de ebullición @ 1atm	-26°C	-29°C
8. Temperatura crítica	102°C	95°C
9. Presión crítica	41 bar(a)	34 bar(a)
10. ODP	0	0
11. GWP	1430	4
12. GWP como % de R134a	100%	0.3%