

EVALUACIÓN DE LOS HÁBITOS DE USO EN REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA

Sánchez Granados Perla Atzimba (1), Rodríguez Valderrama David Alejandro (1), Belman Flores Juan Manuel (1)

1 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] [pa.sanchezgranados@ugto.mx] | [davidalejandrrov@gmail.com] | [jfbelman@ugto.mx]

Resumen

El hábito de uso que se evaluó en este trabajo fue el aumento de la carga térmica en el compartimento de alimentos frescos, donde la carga estuvo a temperatura ambiente. Lo anterior bajo dos sistemas de control: control mediante lógica difusa y control ON-OFF. Dichos métodos permitieron analizar el comportamiento de las temperaturas dentro del compartimento de alimentos, así como el consumo energético que se originó, esto con la finalidad de determinar cuál de los dos métodos consume menos energía bajo las condiciones del hábito antes mencionado. Cabe mencionar que el hábito de uso evaluado se basó en una serie de encuestas realizadas previamente. Se concluyó que se consume 9% más de energía con lógica difusa respecto al ON-OFF bajo las mismas condiciones.

Abstract

The habit of use that was evaluated in this work was the increase of the thermal load in the fresh food compartment, where the load was at room temperature. This was under two control systems: fuzzy logic control and ON-OFF control. These methods allowed us to analyze the behavior of temperatures within the food compartment, as well as the energy consumption that was originated, this with the purpose of determining which of the two methods consumes less energy under the conditions of the habit that was mentioned. It is worth mentioning that the habit of use evaluated was based on a series of previous surveys. It was concluded that it is consumed 9% more of energy with fuzzy logic regarding the ON-OFF under the same conditions.

Palabras Clave

Refrigeración doméstica; consumo de energía; lógica difusa; compresor de velocidad variable; compresión de vapor.

INTRODUCCIÓN

Los refrigeradores son maquinas indispensables para la conservación de los alimentos debido a que mantienen bajas las temperaturas, al basarnos en la refrigeración doméstica, actualmente se usan aproximadamente 1 billón de refrigeradores domésticos alrededor del mundo [1] como segundo electrodoméstico seguido de la televisión.

Para la producción de frio se tienen diferentes métodos, pero el mas extendido es el de compresión de vapor del cual sus fundamentos básicos son los mismos desde sus orígenes únicamente se a perfeccionado su tecnología a través del tiempo. Este ciclo consta de cuatro componentes principales como el compresor; transfiere vapor desde el evaporador hasta el condensador manteniendo elevada la presión y la temperatura, condensador; intercambiador de calor entre el medio y el fluido de trabajo, válvula de expansión; esta mantiene la diferencia de presiones entre el evaporador y el condensador y evaporador; se encarga de extraer el calor interno por medio de transferencia de calor.

Las instalaciones de producción en frio por dicho método suponen un alto porcentaje del consumo energético alrededor del 17% de la energía a nivel mundial [2], por lo que existen tres maneras de mejorar la eficiencia energética en un sistema de compresión de vapor, ya sea optimizando el diseño de los componentes individuales (compresor de velocidad variable, intercambiadores más eficientes, etc.), mejorando la operación del sistema o fluidos refrigerantes alternos.

En este proyecto se opto por mejorar la operación del sistema de control mediante el uso de la lógica difusa y la evaluación de un hábito de uso. La lógica difusa es una manera de simular el razonamiento humano en un sistema matemático el cual puede ser procesado por un computador, dicha operación fue aplicada al sistema de control de un refrigerador doméstico para establecer un control de la velocidad del compresor en función de las temperaturas que se presentan en los compartimientos de este, tomando como referencia la temperatura recomendada por debajo de los 7° [3]. El hábito de uso que se evaluó fue el aumento de la carga en el comportamiento de alimentos frescos a temperatura ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la evaluación del hábito “aumento de carga en el compartimiento de los alimentos” se consideró un banco experimental formado por cinco elementos principales como se muestra en la IMAGEN 1.



IMAGEN 1: Banco experimental de pruebas.

1.- Computadora: de este elemento se llevó un control y registro de la información de las temperaturas en los compartimientos del refrigerador doméstico, que mandaba el módulo de adquisición de datos, los cuales se leían mediante el software LabVIEW.

2.- Registrador de energía FLUKE: este elemento proporcionó el registro de tensión, corriente, potencia, consumo energético y voltaje del refrigerador durante el periodo de pruebas.

3.- Sistema de control de velocidad del compresor: el elemento está conformado de dos principales instrumentos: una tarjeta Arduino a la que se le cargó un programa de lógica difusa, dicho programa tiene establecido tres reglas de funcionamiento que relacionan la temperatura que registra el termostato del refrigerador con una temperatura de referencia Set point, dichas temperaturas fueron las variables de entrada para posteriormente obtener el valor de la velocidad a la que debe ir el compresor en donde la velocidad del compresor es la variable de salida y una memoria micro que almacena los datos.

4.- Modulo de adquisición de datos NI cRIO 9030: este elemento se encargaba de leer y procesar los datos de los sensores antes de enviarlos a la computadora

5.- Refrigerador doméstico: las pruebas se llevaron a cabo en un refrigerador tipo botton mount (congelador en la parte inferior) con una capacidad de 22.1 ft³ y con un compresor de velocidad variable.

Para mandar las señales de temperatura que se daban dentro del compartimento de alimentos se utilizaron 11 termopares tipo J que son sensores que miden la temperatura, los cuales estaban en contacto con recipientes que distribuidos en dicho compartimento y contenían una mezcla de agua con etilenglicol, la finalidad de la mezcla fue para tener una mejor distribución térmica uniforme y una medición más exacta de la temperatura. También se tenía un termopar en su respectivo recipiente a temperatura ambiente, una vez montado todo para llevar a andar las pruebas y el programa de lógica difusa cargado, se dejó el refrigerador encendido alrededor de 10 horas para alcanzar una estabilidad térmica, obteniendo un promedio de temperatura entre 4 y 5°C en donde la información obtenida fue utilizada como referencia en los resultados con carga térmica.

Al llegar a la estabilidad térmica se ingresaron 11 litros de agua al compartimento de alimentos del refrigerador (simulación de alimentos) a temperatura ambiente, dejando pasar dos horas, se ingresaron otros 11 litros, con esto se simuló un aumento de la carga. Finalmente, en el transcurso de otras dos horas se incrementó una tercera carga de 11 litros, para así tener una carga total de 33 litros, lo que equivale a 1.17 ft³ de la capacidad volumétrica del refrigerador. La prueba duró aproximadamente 8 horas, de la cual se realizó una segunda prueba con el control de lógica difusa bajo las mismas condiciones, temperaturas, cargas y tiempos. En la IMAGEN 2 se muestra la distribución de los termopares y la carga ingresada al compartimento de alimentos del refrigerador.



IMAGEN 2: Distribución de cargas y termopares.

Cabe mencionar que también se realizó una prueba de estabilidad y de carga bajo las mismas condiciones de la lógica difusa con el sistema de control ON-OFF.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, se realizó un promedio de cada prueba donde posteriormente fueron comparados sus comportamientos entre si y a la vez con una estabilidad térmica de 2.3 horas antes del ingreso de carga para tener una visión más amplia del comportamiento al momento de ingresar la carga al refrigerador, dicho comportamiento se muestra en la IMAGEN 3.

En dicha imagen se puede observar que las estabilidades por ambos sistemas son casi similares teniendo aproximadamente 0.1 °C de diferencia respecto a los 4 °C así mismo se observa que los comportamientos de las temperaturas son casi iguales teniendo como cambio su temperatura de salida al inicio de la prueba alcanzando como temperatura máxima de 9 °C en el compartimiento de alimentos, del análisis de la imagen se puede decir que el refrigerador a diferentes pruebas mantiene una condición térmica estable.

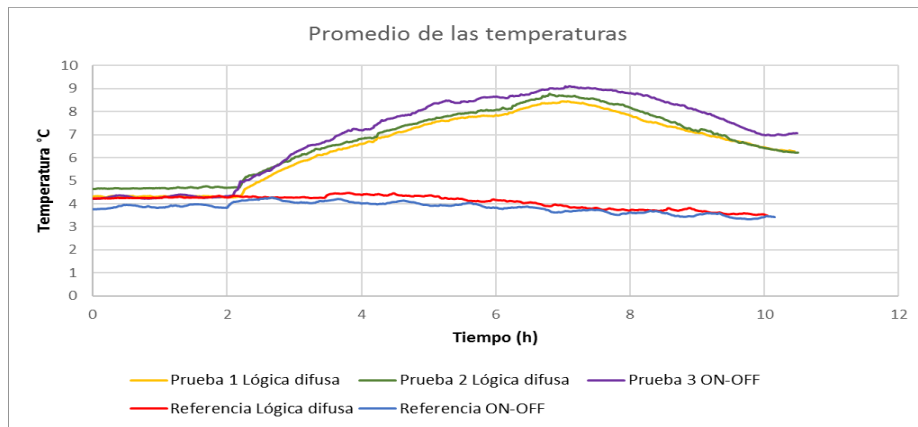


IMAGEN 3: Temperaturas promedio en el compartimiento de alimentos del refrigerador.

En la IMAGEN 4 se muestra una comparativa de la potencia en el compresor del refrigerador entre el control de lógica difusa y el de ON-OFF, se observa que el compresor se mantiene menos tiempo encendido que apagado y con el paso del tiempo se el tiempo de encendido empezó a ser mayor que el apagado durante la prueba del ON-OFF por otra parte el control de lógica difusa mantenía menos tiempo prendido el compresor o simplemente una velocidad mínima de su comportamiento, pero con más frecuencia.

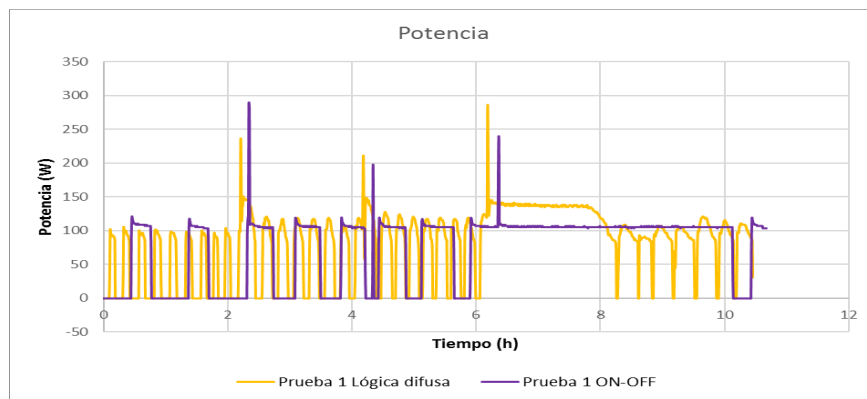


IMAGEN 4: Comparativa de la potencia del compresor entre lógica difusa y ON-OFF.

Para tener una manera más visual del consumo de energía del refrigerador durante las pruebas, se muestra la IMAGEN 5 en donde se tiene como referencia la estabilidad por los dos sistemas de control en donde la referencia ON-OFF tiene un promedio de 500 Wh y el de lógica difusa de 420 Wh aproximadamente, lo que resulta decir que las pruebas del control ON-OFF consumieron un 56% más de energía y el control de lógica difusa un 108% respecto a la referencia y alrededor de un 9% mayor al consumo de energía presentado con el control ON-OFF.

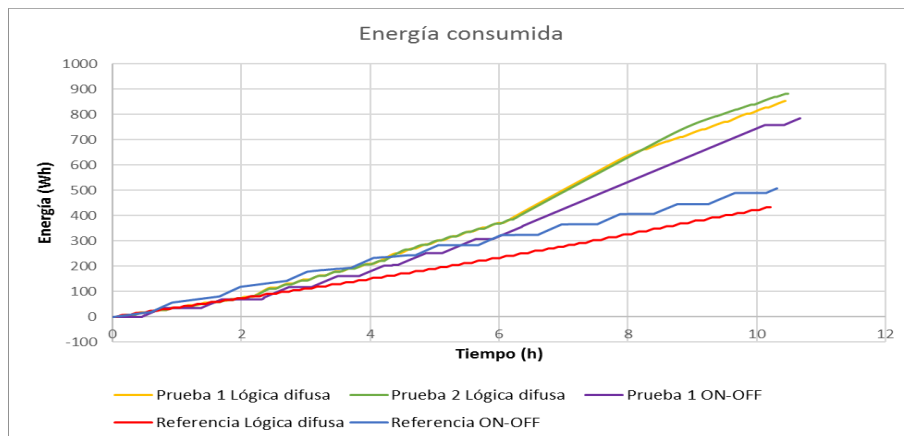


IMAGEN 5: Energía consumida por el refrigerador en cada prueba.

CONCLUSIONES

Se tienen distintos hábitos de uso hacia nuestros electrodomésticos lo que genera un aumento en el consumo energético, por lo que se busca una manera de mejorar los aparatos o componentes para contribuir en el cuidado del medio ambiente, en este caso el refrigerador doméstico fue el electrodoméstico en línea blanca analizado con el fin de tener una reducción en el consumo energético, al evaluarse el hábito de incremento de carga en el compartimiento de alimentos en el refrigerador con el sistema de control ON-OFF y lógica difusa, se obtuvo que se consume aproximadamente un 9% más de energía con lógica difusa que con el control ON-OFF por lo que es posible tener que cambiar condiciones, frecuencia o algún otro punto para la reducción de dicho consumo y que la concientización de su uso sea más clara para las personas y mejoren sus hábitos.

REFERENCIAS

- [1] Marques, A.C. Davies, G.F. Evans J.A. Maidment, G.G. Wood, I.D. (2004). Novel design and performance enhancement of domestic refrigerators with thermal storage. *Applied Thermal Engineering*, Volumen (63), pp. 511-519. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.11.043>
- [2] Coulomb, D. Dupont J. & Pichard A. (2015). The role of refrigeration in the global economy. 29th Informatory note on refrigeration technologies.
- [3] Terpstra, M.J. Steenbekkers, L.P.A. Maertekaere, N.C.M. Nijhuis, S. (2005). Food storage and disposal: consumer practices and knowledge. *British Food Journal*, Volumen (107), pp. 526-523. <https://doi.org/10.1108/00070700510606918>