

Evaluación experimental del ciclo simple de una instalación transcritical de refrigeración

Martha Cecilia Moreno Abundis (1), Juan Manuel Belman Flores (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato (DICIS)] | Dirección de correo electrónico: ceciliamoreno.a@hotmail.com

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

Resumen

La generación de frío es una de las tecnologías imprescindibles en diversas aplicaciones por lo que la investigación en esta área se concentra en la búsqueda de mejoras en el rendimiento energético y el uso de refrigerantes inocuos al ambiente. En este trabajo de investigación se dio a la tarea de poner en marcha los circuitos secundarios de una instalación de compresión de vapor utilizando CO₂ como refrigerante en condiciones transcriticals. Estos circuitos son el circuito de simulación y disipación de carga térmica que son sumamente importantes para las pruebas experimentales del circuito de compresión de vapor. En este trabajo se consiguió obtener los rangos funcionales y de operación de los equipos para controlar la temperatura y caudal de los fluidos secundarios en la instalación, así como dos instructivos en donde se especifican los pasos a seguir para la puesta en marcha de cada uno de los equipos de estos circuitos y la programación para los controladores de temperatura.

Abstract

The generation of cold is one of the important technology in various applications so that research in this area focuses on the search for improvements in energy efficiency and the use of environmentally friendly refrigerants. In this work, we were given the task of initiation the secondary circuits of vapor compression system using CO₂ as a refrigerant in transcritical conditions. These circuits are: the circuit simulation and thermal load dissipation, which are critical to experimental tests of vapor compression circuit. In this work it was possible to obtain the functional operating ranges of equipment to control the temperature and flow of the secondary fluid in the system, as well as two instructional wherein steps specified to follow for the implementation of each of these circuits equipment and programming for temperature controllers.

Palabras Clave

Dióxido de Carbono (R774); refrigeración; sistema experimental; energía

INTRODUCCIÓN

La generación de frío es una de las tecnologías imprescindibles en diversas aplicaciones, desde domésticas hasta en el sector comercial e industrial. El procedimiento más utilizado para generar el frío se basa en la compresión de vapor, y que debido al tipo de proceso para generar el efecto frigorífico, representa un efecto directo por el tipo de fluido de trabajo, y un efecto indirecto por el tipo de energía de activación.

Es así que desde hace varios años se ha incrementado la investigación en este tipo de sistemas de refrigeración, donde la directriz señala hacia el uso de refrigerantes inocuos al ambiente y la mejora en el desempeño.

Entre los refrigerante, el dióxido de carbono (R744) es un fluido de trabajo que se inclina como uno de los usados en diversas aplicaciones, esto debido a ventajas como que no es inflamable, presenta baja toxicidad, es barato, accesible, tiene un potencial destructivo de la capa de ozono de cero, es químicamente no reactivo, contribuye de manera mínima al calentamiento global de la Tierra. Además, sus excelentes propiedades termodinámicas y de transferencia de calor lo hacen altamente competitivo contra sus oponentes naturales.

Es así que el estudio de mejoras en sistemas de refrigeración junto con el uso de refrigerantes inocuos al ambiente, hace muy interesante el tener instalaciones experimentales.

Por lo que la implementación de un banco experimental con estas características permite investigar desde diversas configuraciones del ciclo así como condiciones de operación que logren mejores desempeños energéticos, que es uno de los principales problemas actuales de los sistemas que trabajan con R744 en modo refrigeración.

Por esta razón, el objetivo de este verano de investigación es el trabajo complementario para la puesta en marcha de un banco experimental transcrito que se encuentra ubicado en la DICIS [1].

MATERIALES Y MÉTODOS

La operación de la instalación se lleva a cabo en condiciones transcriticals del CO₂, esta instalación consta de tres circuitos: circuito de compresión de vapor (IMAGEN 1), circuito de simulación de carga térmica (IMAGEN 2) y circuito de disipación de carga térmica (IMAGEN 3), siendo el segundo circuito donde se simula la cantidad de carga térmica a remover con base a condiciones de temperatura de refrigeración media.

Para la absorción de calor, el circuito utiliza una mezcla agua-glicol 75-25, ésta permite que el agua no se congele a temperaturas por debajo de 0°C.

En referencia al circuito de disipación de carga térmica, éste se utiliza para disipar el calor generado en la etapa de alta presión, más propiamente en el gas cooler, que es el elemento donde el refrigerante debe ser enfriado para que la instalación alcance un buen desempeño energético.

En este verano de investigación el interés principal fue la puesta en marcha de los dos circuitos secundarios de la instalación los cuales son, el circuito de simulación de carga y el circuito de disipación de carga.

El circuito de simulación de carga consta de cinco elementos principales (IMAGEN 2) los cuales son: una bomba que hace circular el fluido a través de este circuito, un variador de frecuencia que permite regular el caudal del fluido, un caudalímetro para monitorear el caudal del fluido, una resistencia térmica que permite elevar la temperatura del fluido para simular la carga en el circuito principal y un PID el cual se tendrá que programar para que mantenga la temperatura del fluido en un determinado valor.

Mientras que el circuito de disipación de carga consta de cuatro elementos principales (IMAGEN 3) los cuales son: una bomba que hace circular agua por este circuito, una válvula reguladora de flujo, un caudalímetro que permite monitorear el caudal del agua y un Chiller el cual permite bajar la temperatura del agua que disipará la carga térmica en el circuito principal, el Chiller tiene integrado un termostato el cual se tendrá que programarse para establecer la temperatura a la que se disipará la carga térmica del circuito principal.

Para el circuito de Simulación de Carga, primero se investigó el funcionamiento y los pasos para encender correctamente cada uno de los equipos de este circuito, después se investigó en internet y se encontraron dos manuales para conocer el funcionamiento y la manera de programación del PID [3,4], se estudiaron los manuales encontrados y se programó adecuadamente cada uno de los parámetros de acuerdo a las especificaciones del funcionamiento del circuito de compresión de vapor.

En este circuito de simulación de carga térmica se hicieron pruebas para el control del flujo del fluido secundario ya que para las pruebas experimentales del circuito de compresión de vapor el flujo del fluido toma un papel muy importante para el aumento de la transferencia de calor en el evaporador, la manipulación del flujo se realizó con el variador de frecuencia y se monitorio el flujo en el caudalímetro.

Para el circuito de Disipación de Carga, primero se investigó en los manuales los pasos necesarios para arrancar cada uno de sus equipos adecuadamente, para poder programar la temperatura del agua en el Chiller se investigó en internet y se consiguió el manual del termostato [2], una vez estudiado y comprendido este manual se procedió a programar cada uno de los parámetros en el menú del termostato para así comenzar las pruebas.

En este circuito de disipación de carga, también se hicieron pruebas con la regulación del caudal, ya que este es otro de los parámetros importantes en el análisis experimental del ciclo de compresión de vapor, la variación de caudal se realizó con la manipulación de la válvula reguladora de flujo y monitoreando el flujo en el caudalímetro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el circuito de Simulación de carga se realizaron las pruebas programando el PID a 35°C para así corroborar que este circuito mantiene la temperatura programada automáticamente, después de numerosas pruebas modificando la temperatura y el caudal de este circuito se obtuvieron los rangos funcional y operacional de este circuito los cuales se presentan en la Tabla 1, el rango funcional representa el valor de los

parámetros a los que se puede programar el PID y el variador de frecuencia para que no sufra daños el circuito debido a vibraciones o a la evaporación del fluido secundario (mezcla agua-glicol), mientras que el rango operacional representa el rango en el que se estará trabajando este circuito secundario una vez que el circuito de compresión de vapor este trabajando.

En el circuito de disipación de carga también se hicieron numerosas pruebas para asegurar que la programación del termostato fuera la adecuada y que se mantuviera la temperatura deseada automáticamente, una vez terminadas las pruebas se obtuvieron los rangos funcional y operacional de este circuito secundario, presentadas en la Tabla 2. En esta tabla los rangos funcionales representan los valores de los parámetros de caudal y temperatura a los que este circuito puede funcionar sin sufrir daños por obstrucción del caudal o por congelación del fluido (agua) del circuito secundario, mientras que los rangos operacionales representan los valores de los parámetros a los que se estará trabajando una vez que el circuito de compresión de vapor este en marcha.

Por último, se creó un instructivo para cada circuito secundario en donde se indican los pasos a seguir para encender los equipos de cada circuito y la metodología para programar el termostato y el PID a la temperatura deseada, estos instructivos se hicieron con la finalidad de que cualquier persona puede encender estos circuitos y poder programar las temperaturas fácilmente.

CONCLUSIONES

En este trabajo de verano se pusieron en marcha los dos circuitos secundarios con los que cuenta la instalación experimental de generación de frío. Se analizaron los principales parámetros de operación de ambos circuitos y los rangos de trabajo con el fin de controlar las condiciones del circuito de compresión de vapor. Este trabajo sirve de manera complementaria a la puesta en marcha de todo el sistema global, esto con fines de investigación y docencia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Juan Manuel Belman Flores y a la DAIP donde se me brindó el apoyo para la realización de este verano de investigación.

REFERENCIAS

[1] Pérez García V., (2014), Aplicación del CO₂ en la producción de frío: Dimensionamiento y construcción de una instalación transcítica, tesis doctoral Universidad de Guanajuato.

[2] Manual Controlador de temperature (Termostato), Danfoss Recuperado de http://www.repuestosrojas.cl/files/repuestosrojas.cl/producto_6456.pdf

[3] Manual Controlador PID, WATLOW Recuperado de <http://www.watlow.com.mx/downloads/es/manuals/ez-pmexp%20rev%20c%20pid%20-%20sp.pdf>

[4] Manual modelos de controladores PID, WATLOW Recuperado de http://www.cressmfg.com/pdf/PM4%20Manual_ESPANOL.pdf



IMAGEN 2: Circuito de Simulación de Carga.



IMAGEN 1: Circuito de Compresión de vapor.

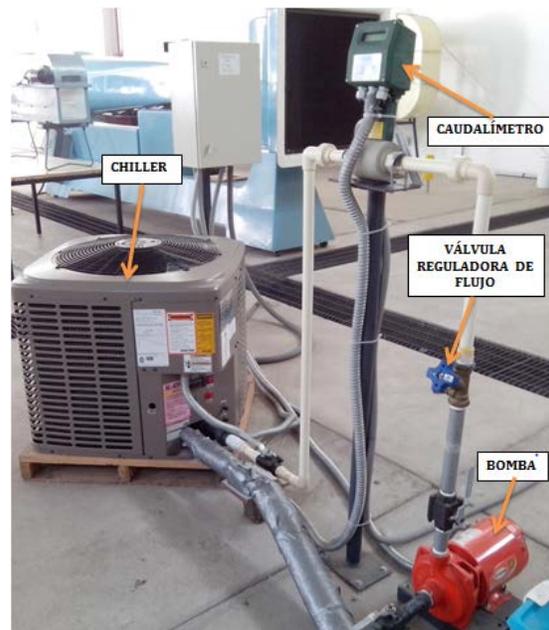


IMAGEN 3: Circuito de Disipación de Carga.

Tabla 1: Parámetros del Circuito de Simulación de Carga

Parámetro	Rango	
	Funcional	Operacional
Temperaturas	Temp. del fluido a la entrada del circuito secundario 100°C	3°C 6°C
Caudales	0.08L/s (306rev/min) 0.67L/s (1850rev/min)	0.4L/s (1160rev/min) 0.5L/s (1440rev/min)

Tabla 2: Parámetros del Circuito de Disipación de Carga

Parámetro	Rango	
	Funcional	Operacional
Temperaturas	Temp. del agua a la entrada del Chiller 4°C	35°C 30°C
Caudales	3.7Gal/min (apertura 1,5) 7.3Gal/min (apertura 9,8)	6.6Gal/min (apertura 6) 7.1Gal/min (apertura 8)