Prototipo de Bomba de Calor por Efecto Peltier para Aplicaciones de Climatización.

Miguel A. Sanz*, Rafael Palacios*, José Villar* y Antonio Arenas**

* Instituto de Investigación Tecnológica
** Departamento de Fluidos y Calor
Universidad Pontificia Comillas
Alberto Aguilera, 23; 28015 Madrid, España; Tel 34(1)542-2800, FAX 34(1)559-6569

Resumen: La refrigeración por efecto Peltier cuenta con grandes ventajas, lo que ha llevado a realizar un proyecto de investigación para estudiar la utilización de estas técnicas en aplicaciones industriales y domésticas. En este proyecto se ha diseñado y construido una bomba de calor experimental con objeto de estudiar el comportamiento de las células Peltier. Actualmente el proyecto se encuentra en fase de experimentación, este artículo describe los criterios de diseño de la bomba.

Abstract: Refrigeration based on the Peltier effect has many advantages and encouraged us to develop a research project oriented to study the applicability of this technique to industrial and domestic applications. In this project an experimental heat pump has been designed and fabricated to study de behavior of Peltier cells. At this moment the project is at experimental phase, this paper describes the design considerations of the heat pump.

1 Introducción

En la actualidad las bombas de calor comerciales están basadas en un ciclo termodinámico que requiere el uso de un gas inerte (muchas veces CFC) y de elementos móviles como un compresor y generalmente al menos un ventilador.

Las células Peltier son componentes electrónicos que proporcionan un bombeo de calor desde una de sus caras, foco frío, a la otra, foco caliente, cuando son alimentadas mediante corriente continua.

La refrigeración por efecto Peltier está siendo aplicada en la actualidad a procesos de muy pequeña potencia y en aplicaciones muy concretas como por ejemplo refrigeración de pequeños sistemas electrónicos. Las restricciones en la aplicación de la refrigeración por efecto Peltier son debidas a dos problemas fundamentales:

a) El elevado precio de los elementos o células Peltier
b) La limitación en la máxima diferencia de temperaturas entre el foco frío y el foco caliente.

A pesar de ello, son grandes las ventajas que ofrece la transferencia de calor por esta tecnología. Algunas de ellas son:

1) Ausencia de partes móviles, lo que aumenta la fiabilidad de los equipos y evita ruidos y vibraciones.
2) Eliminación de los CFC o cualquier otro fluido que en los diseños actuales terminan escapando a la atmósfera y produciendo el consiguiente daño ecológico.
3) Facilidad de control ya que éste se realiza electrónicamente controlando la tensión y la intensidad eléctrica de cada célula.

Todo ello ha llevado a realizar un proyecto de investigación cuyo objetivo ha sido el estudio, diseño y fabricación de un prototipo de bomba de calor basada en efecto Peltier. Este proyecto se ha realizado mediante una colaboración entre las empresas ADAE y Fagor y la Universidad Pontificia Comillas y se enmarca dentro del Programa de Investigación y Desarrollo Técnico Electrotecnológico (PTR) financiado con fondos procedentes del sector eléctrico y que coordina OCIDE.

2 Objetivos del proyecto

El objetivo del diseño y construcción de una bomba de calor basada en el efecto Peltier es permitir estudiar las características tan prometedoras que ofrece esta nueva forma de transmisión de calor con vistas a aplicaciones industriales y domésticas. Este desarrollo podrá confirmar las ventajas antes enunciadas y al mismo tiempo podrá servir de base para sugerir nuevas mejoras o nuevas aplicaciones donde se superen los inconvenientes que se puedan detectar.

Este proyecto de investigación se articuló alrededor de los siguientes hitos:

1) Estudio del comportamiento de diferentes elementos Peltier comerciales.
2) Concepción de la bomba de calor basada en el efecto Peltier.
3) Diseño de la bomba de calor.
4) Construcción de un prototipo de la bomba diseñada.
5) Instalación de instrumentación y medida de comportamiento.

3 Descripción del prototipo de bomba de calor

Brevemente se describirá el prototipo de bomba de calor construido. Este se compone de tres elementos fundamentales: dos intercambiadores de calor, uno de agua y otro de aire, y un conjunto de 24 células Peltier.

3.1 Intercambiador de calor por agua

El intercambiador de agua es de forma cilíndrica de una altura de 15 mm y radio externo de 720 mm de material de aluminio. La parte central del cilindro no es activa hasta un radio interno de 200 mm.

En la parte activa del intercambiador se han realizado 5 canales concéntricos de 25 mm de anchura, separados por aletas con una altura de 10 mm. Por estos canales circula el agua de refrigeración.

Una de las bases del cilindro está en contacto con las células, y la otra es simplemente una tapa de 2 mm de espesor que cierra los canales de agua, en la que se encuentran las tomas de entrada y salida de agua.

3.2 Intercambiador de calor por aire

El intercambiador de aire es un intercambiador de 2000 varillas de aluminio perpendiculares a una base circular también de aluminio que está en contacto con las células. La dimensiones de la base circular concuerdan con las del intercambiador de agua, siendo iguales sus partes activas.

Este intercambiador está diseñado para que la sección de paso entre dos varillas adyacentes, situadas en una misma corona, se mantenga constante a lo largo de un radio. De este modo las varillas adyacentes situadas en la corona exterior del intercambiador, al estar más separadas, tienen una altura menor (40 mm) que las varillas situadas en la corona más interna que tienen una altura de 100 mm. La variación de la altura de las varillas a lo largo de un radio sigue una ley hiperbólica. Finalmente se decidió utilizar una disposición lineal de varillas en la dirección radial, frente a la disposición en tresbolillo que también fue analizada.

En el diseño de este intercambiador se tuvo en cuenta el rendimiento de las varillas basado en el hecho de que la temperatura de la varilla varía a lo largo de su longitud, y por tanto también lo hace el calor disipado. Un ventilador ubicado en la zona central del intercambiador, coincidiendo con su parte no activa, se encarga de crear un flujo forzado de aire en el intercambiador, entrando éste en dirección radial y saliendo en dirección axial.

En la fase de diseño se estudió el empleo de cobre como material para la construcción de los intercambiadores de calor por sus buenas propiedades para transmitir el calor, sin embargo a pesar de que las dimensiones de la bomba en su conjunto se hubiesen reducido considerablemente, el coste del prototipo hubiese crecido de forma importante.

3.2 Conjunto de células Peltier

Entre las bases de ambos intercambiadores están ubicadas las 24 células Peltier. La disposición de las mismas fue estudiada con vistas a obtener la mayor uniformidad posible de la temperatura en las bases de los intercambiadores, que constituye una hipótesis de diseño.

El conjunto de las células forma dos círculos concéntricos de 12 células cada uno que cubren la zona activa de los intercambiadores de calor.

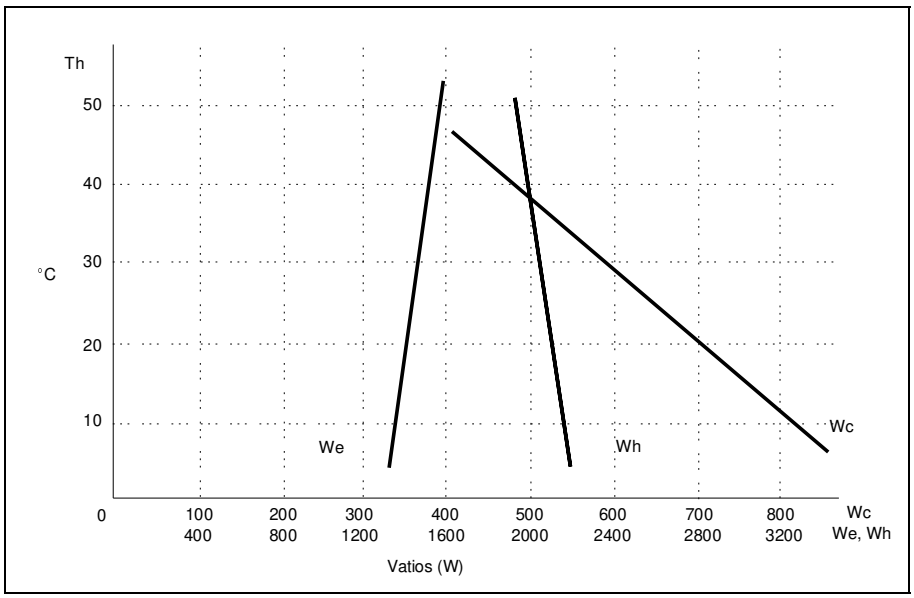

Figura 1: *Curvas del comportamiento esperado de la bomba de calor.*

4 Ensayos

El prototipo construido tiene instalados una serie de sensores que miden los parámetros básicos de comportamiento de la bomba, tales como temperaturas en distintos puntos de ambos intercambiadores, medida de tensiones y corrientes de alimentación de las células, caudal y temperatura de aire y de agua. En este momento se está procediendo a la medida y evaluación del comportamiento del prototipo de bomba de calor.

De acuerdo con las características suministradas por el fabricante de las células Peltier utilizadas y teniendo en cuenta el comportamiento esperado de los intercambiadores de calor, se ha modelizado el comportamiento de la bomba que se resume en la gráfica de la figura 1.

Esta gráfica muestra los valores de la potencia absorbida en el foco frío (Wc), la potencia disipada en el foco caliente (Wh), y la potencia eléctrica consumida por las células (We=Wh-Wc) en función de la temperatura ambiente en el lado caliente (Th) que se muestra en ordenadas, manteniéndose la temperatura ambiente del foco frío a 15°C.

Por lo tanto, para una temperatura ambiente de 40°C en el foco caliente, es de esperar que la bomba tome del foco frío 490 W, consumiendo 1550 W de potencia eléctrica aproximadamente.

5 Referencias

[1] Ioffe A.F. "Semiconductor thermoelements and thermoelectric cooling" Infosearch Limited, 1957

[2] Goldsmid H.J. "Thermoelectric refrigetation" Tempel Press Book Limited, 1964

[3] Heikes R.R., Ure R.W. "Thermoelectricity: Science and engineering" Interscience Publisher, 1961

[4] Cadoff I.B., Miller E. "Thermoelectric matherials and devices" Reinhold Publishing corp., 1960