

Modelado de elementos Peltier mediante analogía de parámetros eléctricos

Abstract

The analogy between thermal and electrical variables is established in order to propose an electrical model for a Peltier cell. This is of a great help in the design of a complete temperature control system since it allows to check the global performance by using electrical circuit analysis programmes such as SPICE.

Resumen

Se estudia la analogía entre las variables térmicas y eléctricas como base para la propuesta de un modelo eléctrico de las células Peltier que contenga tanto los efectos eléctricos como los térmicos. Todo ello está orientado a conseguir modelos ajustados que permitan afinar el proceso de diseño de circuitos de control mediante el uso de programas de simulación de circuitos tales como SPICE.

1. Introducción

El desarrollo de circuitos de refrigeración basados en elementos Peltier, como alternativa a los refrigerantes convencionales que resultan muy contaminantes [1][2] (CFC, N₂, agua, aceites, ...), ha ido en aumento en los últimos años. Estos presentan grandes ventajas respecto a los anteriores. Por un lado, no es necesario el uso de consumibles y, además, el volumen ocupado es muy reducido en comparación con esos métodos.

Las células Peltier se aplican en la refrigeración de elementos sensores, tales como los fotoconductores, cuyas prestaciones mejoran a bajas temperaturas. Su utilización permite asegurar la estabilidad de la respuesta de estos sensores.

En nuestro caso, estamos trabajando [3] con sensores fotoconductores de seleniuro de plomo, PbSe, para la detección y cuantificación de la concentración de los gases presentes en una muestra de aire a partir de la medida de la absorción sufrida por un haz de radiación en la banda de 3 μm a 5 μm [4]. El uso de la refrigeración y estabilización con elementos Peltier está justificado ya que estos presentan una variación de la resistencia en oscuridad del 3%/oC en temperaturas cercanas a 298 K [5][6][7].

Hemos trabajado con una agrupación de 20 elementos fotoconductores de PbSe[8] que incorporaba una célula Peltier en su interior con una capacidad de extracción de calor máxima de 0,97 W. La temperatura de trabajo era de -10 oC para una temperatura ambiente cercana a 298 K, con un tiempo de estabilización máximo de 12 s (al 90 %).

Actualmente trabajamos con una agrupación de 64 [9][10] elementos fotoconductores de PbSe, New England Photoconductor, que nos permite una mayor resolución espectral. En el primer desarrollo del sistema de detección de gases se alcanza una resolución de 7 ppm, mientras que en el segundo se pretende llegar a 1 ppm. Para ello se debe asegurar una estabilidad en temperatura de 0,04 oC. Además, para conseguir un margen de temperaturas ambiente que llegue a los 50 oC y una temperatura de trabajo de -20 oC es necesario un salto térmico de unos 70 oC.

Para poder diseñar un sistema eléctrico es muy común el uso de simuladores tales como el SPICE. Según la bondad de los modelos de los elementos circuitales, el estudio realizado mediante estos programas puede ser muy útil en la valoración de los distintos circuitos de control, más aún cuando necesitamos una alta precisión en el control de la temperatura. El problema principal que aparece en la simulación SPICE del control de temperatura es la introducción del elemento Peltier, ya que este simulador trabaja con variables eléctricas. Como solución proponemos en este artículo un circuito eléctrico análogo al circuito térmico que podrá

insertarse en los diseños con elementos Peltier.

2. Analogía entre las variables térmicas y las variables eléctricas

2.1. Fenómeno termoeléctrico

Teniendo en cuenta el efecto Seebeck [11], el efecto Peltier [12] , el efecto Thomson y el efecto Joule, en estado estacionario la ecuación diferencial que rige el flujo de la energía por unidad de volumen en una barra de material homogéneo, ver Fig. 1, es la siguiente