



Análisis de la estabilización de la temperatura en cámara térmica a escala con celda Peltier

Analysis of temperature stabilization in a scale thermal chamber with Peltier cell

Análise da estabilização da temperatura em câmara térmica em escala com célula Peltier

Edisson Fernando Calderón-Freire ^I
edisson.calderon@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3955-8162>

Cristian David Redroban-Dillon ^{II}
david.redrobam@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3543-9390>

Stalin Eduardo Nuela-Sevilla ^{III}
david.redrobam@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9671-1998>

Correspondencia: edisson.calderon@epoch.edu.ec

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 19 de enero de 2020 ***Aceptado:** 31 de marzo de 2020 *** Publicado:** 26 de abril de 2020

- I. Máster Universitario en Ingeniería, Procesado y Caracterización de Materiales, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica – Carrera de Mantenimiento Industrial, Grupo de Investigación de Mantenimiento GIMAN, Riobamba, Ecuador.
- II. Magíster en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional, Ingeniero Automotriz, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica – Carrera de Mantenimiento Industrial, Grupo de Investigación de Mantenimiento GIMAN, Riobamba, Ecuador.
- III. Magíster en Gestión del Mantenimiento Industrial, Magíster en Seguridad Salud y Ambiente Laboral, Ingeniero Industrial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica – Carrera de Mantenimiento Industrial, Grupo de Investigación de Mantenimiento GIMAN, Riobamba, Ecuador.

Resumen

En la actualidad existe necesidad de mantener un ambiente frío y espacios donde disminuya la temperatura, mejorar el confort, ya que por los problemas de cambios climáticos que se han dado esta última década ha creado demasiada inestabilidad de temperatura. En este trabajo se analiza la condición transitoria de un elemento térmico hasta que llega a la estabilización. Se propone investigar el comportamiento que tiene una celda peltier, en una cámara térmica completamente aislada con lana de vidrio, así como, analizar si la temperatura de los alrededores influye en el cambio de temperaturas cuando la cámara se encuentra sin aislamiento. Para ello se reproducen características de una cámara de refrigeración con una celda peltier, donde se registran datos de la evolución de las temperaturas mediante pulsos, durante una variación de tiempo controlada con el diferencial de potencial constante. Este sistema cuenta con una cámara térmica dividida en dos cuartos completamente aislados mediante lana de vidrio, un ventilador que gira a 300 RPM para el flujo del aire y una celda peltier, que por medio de electricidad pase de un ambiente frío a otro caliente. Se ha determinado que en espacios reducidos la celda de peltier considerada altamente ecológica funciona perfectamente. El aislamiento térmico que se encuentra en la cámara térmica completamente compactada, evita que la temperatura de los alrededores afecte a los cambios de temperatura que se producen en el interior de la cámara, como también impide que existan variaciones de temperaturas al momento de recolectar los datos.

Palabras claves: Celdas peltier; efecto termoeléctrico; lana de vidrio; arduino.

Abstract

Currently there is a need to maintain a cold environment and spaces where the temperature decreases, will improve comfort, since due to the problems of climatic changes that have occurred in the last decade it has created too much temperature instability. This work analyzes the transitory condition of a thermal element until it reaches stabilization. It is proposed to investigate the behavior of a peltier cell in a completely insulated thermal chamber with glass wool, as well as to analyze whether the temperature of the surroundings influences the change in temperatures when the chamber is without insulation. For this, characteristics of a refrigeration chamber with a peltier cell are reproduced, where data on the evolution of temperatures are recorded by means of pulses, during a controlled time variation with the constant potential

differential. This system has a thermal chamber divided into two rooms completely insulated by glass wool, a fan that rotates at 300 RPM for air flow, and a peltier cell that, through electricity, passes from a cold environment to a hot one. It has been determined that in small spaces the peltier cell considered highly ecological works perfectly. The thermal insulation found in the fully compacted thermal chamber, prevents the surrounding temperature from affecting the temperature changes that occur inside the chamber, as well as preventing temperature variations when collecting data.

Keywords: Peltier cells; thermoelectric effect; Glass wool; arduino.

Resumo

Hoje é necessário manter um ambiente frio e espaços onde a temperatura diminui, vai melhorar o conforto, porque os problemas das alterações climáticas que ocorreram na última década criaram demasiada instabilidade de temperatura. Este trabalho analisa a condição transitória de um elemento térmico até atingir a estabilização. Propõe-se investigar o comportamento de uma célula peltier, numa câmara térmica completamente isolada com lã de vidro, bem como analisar se a temperatura do ambiente influencia a mudança de temperatura quando a câmara está sem isolamento. Para tal, as características de uma câmara de arrefecimento com uma célula peltier são reproduzidas, onde os dados sobre a evolução das temperaturas são registados por pulsos, durante uma variação de tempo controlada com o diferencial potencial constante. Este sistema tem uma câmara térmica dividida em duas salas completamente isoladas por lã de vidro, uma ventoinha que gira a 300 RPM para fluxo de ar e uma célula peltier, que através da eletricidade passa de um ambiente frio para outro quente. Foi determinado que em espaços apertados a célula peltier considerava funciona perfeitamente altamente ecológica. O isolamento térmico encontrado na câmara térmica totalmente compactada impede que a temperatura do ambiente afete as alterações de temperatura no interior da câmara, bem como a prevenção de variações de temperatura na recolha de dados.

Palavras-chave: Células peltier; efeito termoelétrico; lã de vidro; arduino.

Introducción

El análisis de tecnologías referentes a sistemas de enfriamiento mediante elementos eléctricos, se aplica en los sistema de enfriamiento de la unidad central de procesamiento, donde se incorpora

la celda peltier, demostrando que es posible enfriar un computadora [Mejía, & Daniel, (2018)]; [Castiblanco Sepúlveda, Aldana Pérez, Peñaranda Delgado, Serrano Arias, & Ovalles, (2018)], por otro lado de forma inversa se analiza también la importancia que tienen estos elementos termoeléctricos en otras aplicaciones como en el sector automotriz [Marcelo, & Romero, (2015)], permitiendo generar energía eléctrica a partir del aprovechamiento del calor, tomando en consideración varios fenómenos termoeléctricos principales como el Seebeck, Peltier, y Thomson. [Rubio Ramírez, Lizarazo, & Vera Duarte, (2017)]; [Yahiro, R. *et al.*, (2020)]; [Orjuela & Martínez, (2018)]. Investigaciones actuales permiten revelar la importancia de este tipo de módulos, incluso para elaborar sistemas inteligentes que permiten purificar el agua, mediante modelos de efecto peltier para filtrar agua deseada [Walujkar, Patil, & Narsale, (2019)]. Así se pueden analizar varias aplicaciones que son ampliamente utilizadas en el sector productivo e industrial [Florez Martinez, (2017)].

Las características esenciales para el funcionamiento de un sistema termoeléctrico se encuentran basados netamente de la temperatura externa donde se instale el sistema, el material térmico con el cual se trabaja, el espacio cubico para aislarlo, la intensidad de corriente eléctrica, el volumen a enfriar y las condiciones de temperatura donde se realiza el experimento [Das, & Uchida, (2019)].

El sistema de enfriamiento termoeléctrico como aire acondicionado puede operar con celdas tipo Peltier conectadas en paralelo, alcanzando una reducción de la temperatura de alrededor de dos grados centígrados por debajo de la temperatura ambiente en una habitación de cerrada en clima cálido [Pandey, Sadawarti, Dhodi, & Kannan, (2019)]. Los sistemas termoeléctricos pueden ser más económicos que los sistemas de refrigeración tradicionales, minimizan los problemas de ruido generados, y son más compactos, por lo que reducen el peso de las unidades y no generan gases contaminantes, de manera que son más amigables con el medio [Yadav, Srivastav, K., A. K. Y. & Goswami, (2019)].

Los conceptos y definiciones asociados con la termodinámica, implícitos en el principio de un sistema de refrigeración termoeléctrico, se cumplen completamente desde la conservación de la energía, la segunda ley de la termodinámica, la exergía hasta el coeficiente de desempeño de un refrigerador [Sitorus, Lubis, Sembiring, Christopel, & Siagian, (2020)]; [Sadighi Dizaji, Jafarmadar, Khalilarya, & Pourhedayat, (2019)]. Las aplicaciones con este tipo de sistemas son infinitas, las aplicaciones de las células o celdas Peltier están relacionadas con sistemas de

refrigeración para volúmenes pequeños, y permiten nulas vibraciones y/o ruido [Peña Perea, (2018)]. De esta manera se puede realizar un análisis del tiempo en que el efecto peltier se lleva a cabo en un entorno controlado [Iskrenović, Sretenović, Krstić, Obradović, & Kuraica, (2019)], permitiendo estudiar el estado transitorio de un fenómeno físico ocasionado por elementos eléctricos [Mardini-Bovea, Torres-Díaz, Sabau, De-La-hoz-Franco, Niño-Moreno, & Pacheco-Torres, (2019)]. Las condiciones prácticas del módulo, está limitada por el espacio físico y el aislamiento térmico que se considera para el estudio, se aprovecha materiales comunes que tenemos en el mercado como madera para la estructura y lana de vidrio para el aislamiento [Medina, (2015)].

Materiales y Métodos

Metodología

En este trabajo se propone investigar y observar el comportamiento que tiene una celda peltier, en una cámara térmica completamente aislada con lana de vidrio, así como, también analizar si la temperatura de los alrededores influye en el cambio de temperaturas cuando la cámara se encuentra sin aislamiento. Para la presente investigación se reproduce características esenciales de una cámara de refrigeración con una celda peltier, donde se registran datos de la evolución de las temperaturas mediante pulsos, durante una variación de tiempo controlada y manteniendo el diferencial de potencial constante.

El efecto termoeléctrico, es la transformación de la diferencia de temperatura a voltaje eléctrico y viceversa. Un dispositivo termoeléctrico crea un voltaje cuando existe diferencia de temperatura a cada lado. Por el contrario, cuando se le aplica un voltaje, crea una diferencia de temperatura. [Masuda, Uchida, Iguchi, & Miura, (2019)]. La celda peltier, se basa en la creación de una diferencia de temperatura a base de la corriente eléctrica, éste fenómeno sucede cuando la corriente transita por dos metales o semiconductores acoplados por dos juntas del tipo Peltier. La corriente produce una transferencia de calor desde una junta hacia la otra, por lo tanto, una parte se enfría mientras que la otra se calienta. [Leal, Sepúlveda, & León, (2015)]. Como aislamiento térmico se utiliza lana de vidrio, que es eficiente y de fácil manejo que posee fibra mineral fabricada con millones de filamentos de vidrio unidos con un aglutinante. El espacio libre que se genera en este aislante más el aire atrapado entre las fibras aumenta la resistencia a la transmisión de calor. Para controlar el sistema se utiliza un arduino, dispositivo aplicado en

una tarjeta open-source cimentada con un micro-controlador modelo Atmega2560 contemplada de dispositivos de entrada-salida. Este dispositivo es programado en un entorno desarrollado en lenguaje Processing/Wiring.

En este proyecto se utiliza como sistema de control y también para la obtención de las diferentes temperaturas que se crean por el efecto peltier- por lo tanto, se programa el micro-controlador con el lenguaje de programación Arduino para comunicar a los sensores con la LCD y arroje los valores correspondientes de temperatura en cada lado del sistema programado.

Materiales

El sistema aplicativo propuesto se construye a escala, para comprobar el efecto termoelectrico que causa la celda peltier, en una cámara rectangular dividida en dos cuartos de dimensiones iguales. Para la obtención de datos se procede a realizar la configuración electrónica del arduino y así poder conseguir los datos de temperaturas reales en una pantalla LCD, de los dos tipos de ambientes que se generaran en la caja por el efecto termoelectrico.

Para la construcción del prototipo de laboratorio, se utilizan los siguientes materiales:

- 2 placas de Aluminio
- 1 Ventilador 3” 110V VN-562
- 1 Adaptador para enchufe tres a dos cooper
- 1 LCD 20x4 + módulo 12C
- 2 espadines rectos hembra 40 pines 2,54MM
- 2 espadines rectos macho 40 pines 2,54MM
- 6 cables arduino 20 cm de longitud Macho-Hembra
- 1 adaptador corriente fijo 12 (V) 5 (AMP)
- Fibraplac 6812
- MOB tornillo AGL 6x2 1000
- 2 metros de cable proto 1M
- 2 ML33 sensor de temperatura formato DIP REF
- 1 LM35DZ sensor de temperatura formato DIP O
- 4 Metros de lana de vidrio.
- 1 cinta termo-retractil termo-encogible 3MM
- 1 Arduino Atmega2560

Como primera fase la celda Peltier toma forma mediante dos placas de aluminio que actúan como soporte para la conducción de energía térmica emitida por la celda peltier y se encuentran separadas por una pared de tabla triplex pero paralelamente entre sí, en el cuarto derecho se encuentra adherido con silicona el ventilador y la placa de mayor extensión, mientras que en cuarto izquierdo se encuentra la placa de menor extensión con la pantalla LCD y la configuración del Arduino para la obtención de datos.

Este sistema se encuentra montado en una cámara rectangular de tabla aglomerada de 700cm de largo por 400cm de ancho, está dividido en dos partes iguales con las siguientes dimensiones: 350cm de largo x 400cm de ancho cada cuarto.

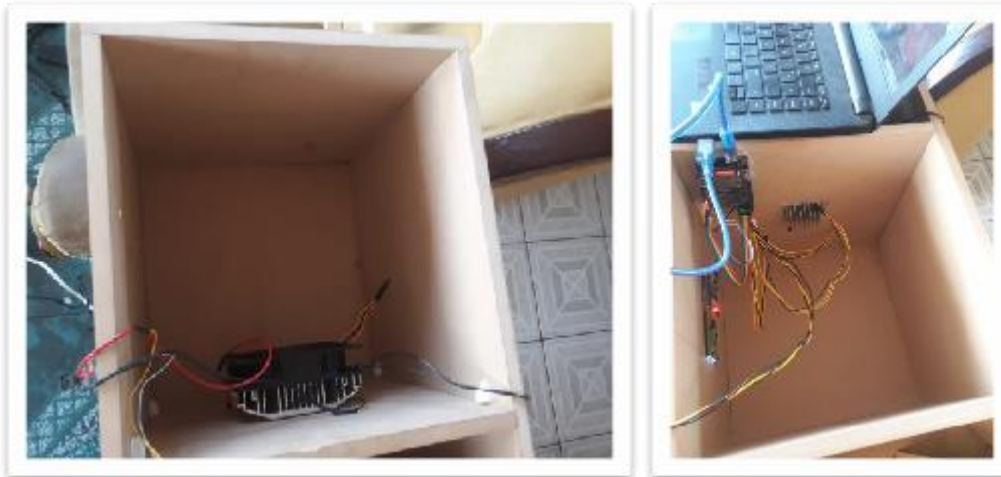


Figura 1 Instalación del circuito Arduino

En la segunda fase se aísla térmicamente todas las paredes de la cámara con lana de vidrio para mejorar su eficiencia, tratando de mantener la temperatura, controlando al mismo tiempo los intervalos de tiempos establecidos y evitar que exista transferencia de calor del interior de la cámara hacia los alrededores y viceversa. Este proceso de aislamiento se lo realiza con una segunda caja de dimensiones 600cm de largo por 300cm de ancho que encaje perfectamente en la cámara de mayor dimensión dejando un espacio intermedio entre la cámara 1 y la cámara 2 de 3,5cm para el aislamiento térmico. Para un mejor análisis de la variación de temperaturas, en esta fase se añade dos termo-cuplas más al sistema, una en cada cuarto de la cámara.



Figura 2 Aislamiento Térmico en paredes del modulo

Resultados

En el primer análisis se realiza un estudio comparativo del módulo prototipo entre la variación de temperaturas en vacío, sin aislamiento térmico en las paredes y posteriormente la comparación con un sistema completamente aislado, al cabo de un periodo cinco horas con una frecuencia de 0,125 Hz entre cada medición. En este periodo de tiempo se obtienen 2401 mediciones, para referenciar éste análisis se observa en la siguiente tabla los valores arrojados en diez períodos de 30 minutos.

Tabla 1: Datos de la Cámara a escala con efecto peltier con y sin aislamiento térmico.

TIEMPO (min)	PLACA PELTIER CALIENTE	PLACA PELTIER FRIA	PLACA PELTIER CALIENTE	PLACA PELTIER FRIA
	Sin aislamiento		Con aislamiento	
30	28,84	22,48	23,46	20,04
60	32,75	13,2	36,17	19,55
90	35,68	17,6	39,59	22,48
120	36,66	17,11	40,08	22,97
150	37,63	19,55	41,54	23,95
180	38,12	21,02	42,03	23,95
210	38,12	20,04	43,01	23,95
240	38,61	19,55	43,5	24,44
270	38,62	20,53	43,5	24,44
300	38,63	20,04	43,5	23,95

Fuente: Registros de notas de campo. **Elaboración** propia

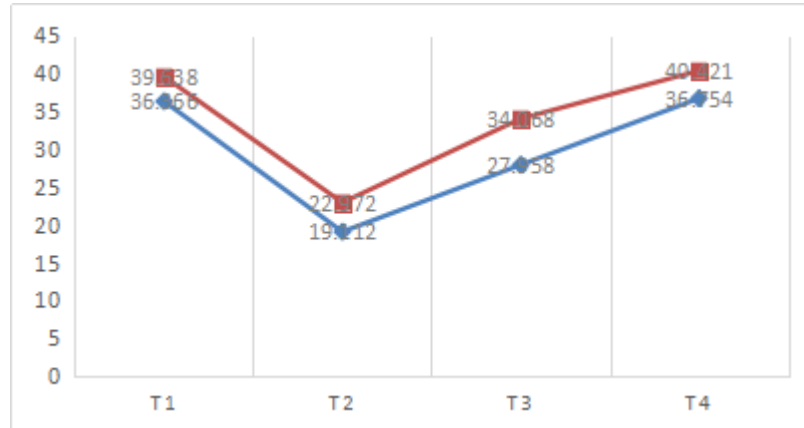


Gráfico 1. Diagrama de comparación de temperaturas

Se observa en el diagrama de comparación, que el efecto peltier tiene mejores resultados si los sistemas se encuentran bien aislados, en tal circunstancia los promedios de las temperaturas con recubrimiento aumentan su eficiencia, debido a que existe una reducción de las pérdidas de calor por las paredes del elemento hacia los alrededores.



Figura 3 Módulo de refrigeración con aislamiento térmico

La primera fase valida los datos obtenidos y establece la fiabilidad en la recopilación de los datos de las temperaturas. Posteriormente, se procede a analizar la evolución de las variables, tanto en la placa caliente como en la fría.

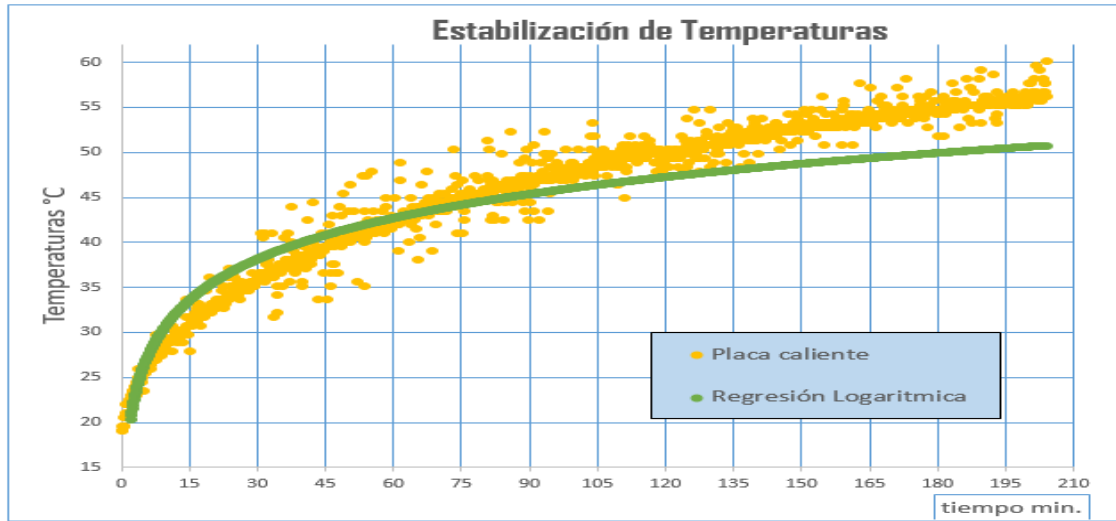


Gráfico 2. Estabilización de temperatura placa caliente

La placa caliente permanece en una condición transitoria, y mediante una regresión logarítmica se logra establecer una expresión matemática para predecir el valor de la temperatura después de un periodo establecido.

$$T = A + Bt + correc.$$

Donde

T : Temperatura de la placa caliente (°C)

A : Factor de regresión logarítmica (°C)

B : Factor de correlación (°C/min)

$correc$: Factor de corrección (°C)

De esta manera, con los valores obtenidos tenemos una curva de estado transitorio que se acerca al fenómeno físico que sucede en el módulo a escala de la cámara Peltier

$$T_c = -9,216 + 6,577t + 25$$

De la misma manera realizando el estudio de los datos obtenidos de la placa fría se establece la expresión matemática para la estabilización de la temperatura fría.

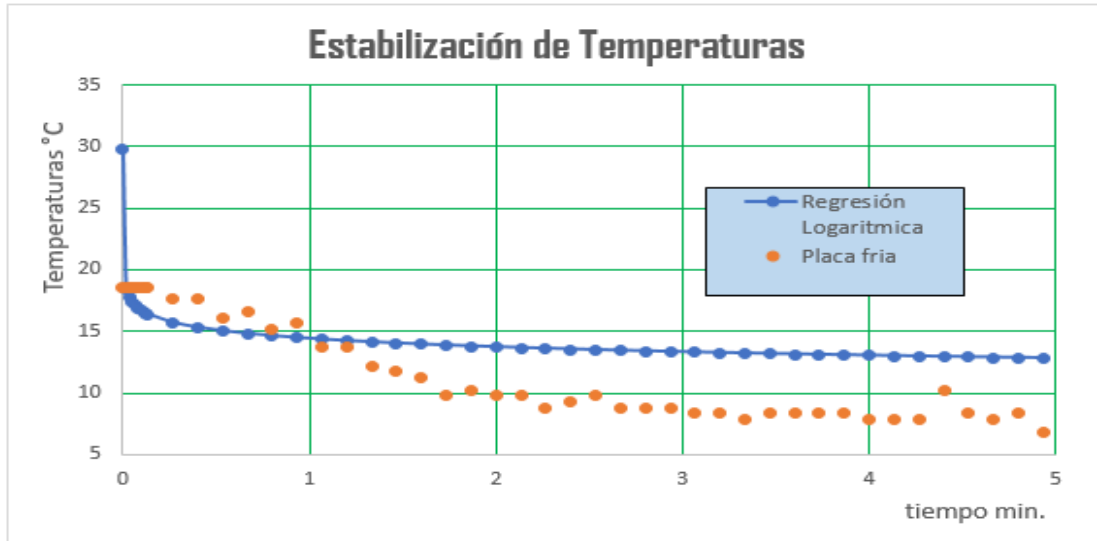


Gráfico 3 Estabilización de temperatura placa fría

Los análisis realizados tienen cierta diferencia, debido a que, el tiempo probabilístico de estabilización de la temperatura de la placa caliente se da, a partir de los 204,13 minutos mientras que para la placa fría se da apenas a los 4,93 minutos. Cabe recalcar que una vez que la placa fría extrae la mayor cantidad de calor del sistema, lo que sucede de acuerdo a la primera ley de la termodinámica, es que a medida que aumentamos energía en el sistema, la temperatura en la zona fría empieza a aumentar. De esta manera, la expresión que gobierna el comportamiento del enfriamiento en la placa fría es:

$$T_F = 14,49 - 0,99t - 0,1$$

Los ensayos se realizan sobre el módulo didáctico en la carrera de Ingeniería de Mantenimiento Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Conclusiones

El aislamiento térmico que se encuentra en la cámara térmica completamente compactada en cada pared, evita que la temperatura de los alrededores afecte a los cambios de temperatura que se producen en el interior de la cámara, como también impide que existan grandes variaciones de temperaturas al momento de recolectar los datos. La celda peltier permite la conservación de temperaturas en cada uno de los cuartos térmicos, durante períodos largos de tiempo, mejorando su eficiencia; sin embargo, se necesita de grandes cantidades de energía eléctrica, para un

correcto funcionamiento. Por tal motivo, se recomienda utilizar energía renovable, como paneles solares y así evitar grandes costos de energía eléctrica.

Los sistemas de refrigeración comúnmente usan telururo de bismuto, amoniaco, hidrocarburos, entre otros, para enfriar a temperatura ambiente, los cuales, necesitan gran cantidad de energía para su funcionamiento, en comparación con la tecnología termoelectrica, que ha nacido a partir de la necesidad del ser humano, es menos agresiva en contra del medio ambiente y sus costos son accesibles tomando en cuenta consideraciones especiales de tamaño, espacio, peso, mantenimiento y condiciones ambientales, en definitiva son sistemas completamente eficientes. De esta manera, los sistemas termoelectricos son altamente ecológicos y por tanto es necesario, buscar trabajos académicos que permitan la posibilidad de ser amigables con el planeta, para entender las consecuencias del cambio climático.

La evolución de la temperatura en las placas de la celda peltier, cambian en su estado transitorio, siguiendo una tendencia logarítmica, buscando en todo momento la estabilización del sistema. En la zona caliente tardando mayor tiempo que en la zona fría. Este trabajo académico permite ofrecer a la comunidad científica una breve descripción del funcionamiento y la recopilación de datos, en un módulo de refrigeración termoelectrico, para múltiples utilidades, como prácticas de laboratorio, y el perfeccionamiento en el entendimiento de conceptos básicos de la termodinámica, como sistemas adiabáticos o transferencia de calor.

Referencias

1. Mejía, T. & Daniel, V. (2018) “Resumen,” vol. 39, no. 128, pp. 1466–1478, 2018.
2. Castiblanco Sepúlveda, J., Aldana Perez, J., Peñaranda Delgado, W., Serrano Arias, & Ovalles, F. (2018) Implementación de un sistema de refrigeración líquida para un equipo de cómputo con base en celdas de peltier,” Mundo FESC, vol. 8, no. 16, pp. 30–34, 2018.
3. Marcelo, E. and Romero, C. (2015) “Transformar Calor Residual De Automóviles En Energía Eléctrica,” vol. 17, pp. 41–57, 2015.
4. Rubio Ramírez, C. Lizarazo, G., & Vera Duarte, E. (2017) “Termoelectricidad: uso de las celdas peltier en el campo de la refrigeración y sus principales aplicaciones,” Inventum, vol. 12, no. 22, pp. 9–16, 2017.
5. Yahiro, R. et al., (2020) “Magnon polarons in the spin Peltier effect,” Phys. Rev. B, vol. 101, no. 2, p. 24407, 2020.

6. Orjuela, S. F., Martínez, I. Del, (2018) Resumen, “Fuel ignition system using Peltier cells,” *Rev. Visión electrónica*, vol. 12, no. 2, pp. 252–257, 2018.
7. Walujkar, S. Patil, K., & Narsale, P. (2019) “Water Purifier using Peltier Module,” pp. 1698–1700, 2019.
8. Florez Martinez, A. (2017) “Implementación de la Celda Peltier en fuentes térmicas de calor residuales, para aprovechamiento de generación de energía eléctrica y climatización por frío en el hogar,” *VISIÓN-Revista Investig. UNICIENCIA*, vol. 2, no. September 2017, pp. 62–69, 2017.
9. Das, R. & Uchida, K. I. (2019) “Thermopile based on anisotropic magneto-Peltier effect,” *Appl. Phys. Lett.*, vol. 114, no. 8, 2019.
10. Pandey, H. A., Sadawarti, P. Dhodi, & Kannan, S. (2019) “Peltier effect based air conditioner,” *IJRAR-International J. Res. Anal. Rev.*, vol. 6, no. 1, pp. 162–163, 2019.
11. Yadav, H., Srivastav, D., G. K., A. K. Y. & Goswami, A. (2019) “Experimental Investigations and Analysis of Thermoelectric Refrigerator with Multiple Peltier Modules,” *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. Volume-3, no. Issue-3, pp. 1337–1340, 2019.
12. Sitorus, T.B., Lubis, Z., Sembiring, F., Christopel, B. & Siagian, J. (2020) “Utilization of peltier cooling systems driven by solar power for storing vegetables and fruits,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 725, p. 012014, 2020.
13. Sadighi Dizaji, H., Jafarmadar, S., Khalilarya, S. & Pourhedayat, S. (2019) “A comprehensive exergy analysis of a prototype Peltier air-cooler; experimental investigation,” *Renew. Energy*, vol. 131, pp. 308–317, 2019.
14. Peña Perea, A. S.(2018) “Ensayo preliminar de un sistema de enfriamiento termoeléctrico Preliminary test of thermoelectric refrigeration system,” pp. 10–14, 2018.
15. Iskrenović, P. S., Sretenović, G. B., Krstić, I. B., Obradović, B. M. & Kuraica, M. M. (2019) “Thermostat with Peltier element and microcontroller as a driver,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 137, pp. 470–476, 2019.
16. Mardini-Bovea, J., Torres-Díaz, G., Sabau, M., De-La-hoz-Franco, E., Niño-Moreno, J. & Pacheco-Torres, P. J. (2019) “A review to refrigeration with thermoelectric energy based on the peltier effect,” *DYNA*, vol. 86, no. 208, pp. 9–18, 2019.
17. Medina, G.P. (2015) “Análisis térmico de un enfriador termoeléctrico para bebidas impulsado por rueda mecánica,” no. 112, pp. 367–386, 2015.

18. Masuda, K, Uchida, k., Iguchi, R. & Miura, Y. (2019) "First-principles study of the anisotropic magneto-Peltier effect," *Phys. Rev. B*, vol. 99, no. 10, pp. 2–7, 2019.
19. Leal, J. F., Sepúlveda, S. B. & León, M. M (2015) "The Schottky diode as attenuator of the Seebeck effect on a Peltier cell for a PID temperature control," *Entre Cienc. e Ing.*, vol. 9, no. 18, pp. 75–83, 2015.

References

1. Mejía, T. & Daniel, V. (2018) "Summary," vol. 39, no. 128, pp. 1466–1478, 2018.
2. Castiblanco Sepúlveda, J., Aldana Perez, J., Peñaranda Delgado, W., Serrano Arias, & Ovalles, F. (2018) Implementation of a liquid cooling system for a computer equipment based on peltier cells , "FESC World, vol. 8, no. 16, pp. 30–34, 2018.
3. Marcelo, E. and Romero, C. (2015) "Transforming Automobile Waste Heat Into Electric Power," vol. 17, pp. 41–57, 2015.
4. Rubio Ramírez, C. Lizarazo, G., & Vera Duarte, E. (2017) "Thermoelectricity: use of peltier cells in the field of refrigeration and its main applications," *Inventum*, vol. 12, no. 22, pp. 9–16, 2017.
5. Yahiro, R. et al., (2020) "Magnon polarons in the spin Peltier effect," *Phys. Rev. B*, vol. 101, no. 2 P. 24407, 2020.
6. Orjuela, S. F., Martínez, I. Del, (2018) Abstract, "Fuel ignition system using Peltier cells," *Rev. Electronic vision*, vol. 12, no. 2, pp. 252–257, 2018.
7. Walujkar, S. Patil, K., & Narsale, P. (2019) "Water Purifier using Peltier Module," pp. 1698–1700, 2019.
8. Florez Martinez, A. (2017) "Implementation of the Peltier Cell in residual thermal heat sources, to take advantage of electric power generation and cold air conditioning in the home," *VISIÓN-Investig Magazine. UNICIENCY*, vol. 2, no. September 2017, pp. 62–69, 2017.
9. Das, R. & Uchida, K. I. (2019) "Thermopile based on anisotropic magneto-Peltier effect," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 114, no. 8, 2019.
10. Pandey, H. A., Sadawarti, P. Dhodi, & Kannan, S. (2019) "Peltier effect based air conditioner," *IJRAR-International J. Res. Anal. Rev.*, vol. 6, no. 1, pp. 162–163, 2019.

11. Yadav, H., Srivastav, D., GK, AKY & Goswami, A. (2019) "Experimental Investigations and Analysis of Thermoelectric Refrigerator with Multiple Peltier Modules," *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. Volume-3, no. Issue-3, pp. 1337–1340, 2019.
12. Sitorus, TB, Lubis, Z., Sembiring, F., Christopel, B. & Siagian, J. (2020) "Utilization of peltier cooling systems driven by solar power for storing vegetables and fruits," *IOP Conf. Ser Mater. Sci. Eng.*, Vol. 725, p. 012014, 2020.
13. Sadighi Dizaji, H., Jafarmadar, S., Khalilarya, S. & Pourhedayat, S. (2019) "A comprehensive exergy analysis of a prototype Peltier air-cooler; experimental investigation," *Renew. Energy*, vol. 131, pp. 308–317, 2019.
14. Peña Perea, A. S. (2018) "Preliminary test of a thermoelectric cooling system Preliminary test of thermoelectric refrigeration system," pp. 10-14, 2018.
15. Iskrenović, P. S., Sretenović, G. B., Krstić, I. B., Obradović, B. M. & Kuraica, M. M. (2019) "Thermostat with Peltier element and microcontroller as a driver," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, Vol. 137, pp. 470–476, 2019.
16. Mardini-Bovea, J., Torres-Díaz, G., Sabau, M., De-La-hoz-Franco, E., Niño-Moreno, J. & Pacheco-Torres, PJ (2019) "A review to refrigeration with thermoelectric energy based on the peltier effect," *DYNA*, vol. 86, no. 208, pp. 9–18, 2019.
17. Medina, G.P. (2015) "Thermal analysis of a mechanical wheel driven thermoelectric cooler for beverages," no. 112, pp. 367–386, 2015.
18. Masuda, K, Uchida, k., Iguchi, R. & Miura, Y. (2019) "First-principles study of the anisotropic magneto-Peltier effect," *Phys. Rev. B*, vol. 99, no. 10, pp. 2–7, 2019.
19. Leal, J. F., Sepúlveda, S. B. & León, M. M (2015) "The Schottky diode as attenuator of the Seebeck effect on a Peltier cell for a PID temperature control," *Entre Cienc. and Ing.*, vol. 9, no. 18, pp. 75–83, 2015.

Referências

1. Mejía, T. & Daniel, V. (2018) "Summary", vol. 39, n. 128, pp. 1466-1478, 2018.
2. Castiblanco Sepúlveda, J., Aldana Perez, J., Peñaranda Delgado, W., Serrano Arias e Ovalles, F. (2018) Implementação de um sistema de refrigeração líquida para um

- equipamento de computador baseado em células peltier , "FESC World, vol. 8, n. 16, pp. 30-34, 2018.
3. Marcelo, E. e Romero, C. (2015) "Transformando o calor residual de automóveis em energia elétrica", vol. 17, pp. 41-57, 2015.
 4. Rubio Ramírez, C. Lizarazo, G. e Vera Duarte, E. (2017) "Termoelectricidade: uso de células peltier no campo da refrigeração e suas principais aplicações", *Inventum*, vol. 12, n. 22, pp. 9-16, 2017.
 5. Yahiro, R. et al., (2020) "Polarons de magnons no efeito Peltier de spin", *Phys. Rev. B*, vol. 101, n. 2, p. 24407, 2020.
 6. Orjuela, S. F., Martínez, I. Del, (2018) Resumo, "Sistema de ignição de combustível usando células Peltier", *Rev. Electronic vision*, vol. 12, n. 2, pp. 252-257, 2018.
 7. Walujkar, S. Patil, K. & Narsale, P. (2019) "Purificador de água usando o módulo Peltier", pp. 1698-1700, 2019.
 8. Florez Martinez, A. (2017) "Implementação da célula Peltier em fontes térmicas residuais, para aproveitar a geração de energia elétrica e o ar condicionado frio em casa", *Revista VISIÓN-Investig. UNICIÊNCIA*, vol. 2, n. Setembro de 2017, pp. 62-69, 2017.
 9. Das, R. & Uchida, K. I. (2019) "Termopilha baseada no efeito anisotrópico de magneto-Peltier", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 114, n. 8, 2019.
 10. Pandey, H. A., Sadawarti, P. Dhodi, & Kannan, S. (2019) "Ar condicionado baseado em efeito de Peltier", *IJRAR-International J. Res. Anal. Rev.*, vol. 6, n. 1, pp. 162-163, 2019.
 11. Yadav, H., Srivastav, D., GK, AKY e Goswami, A. (2019) "Investigações experimentais e análise de refrigerador termoelétrico com vários módulos Peltier", *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. Volume-3, n. Edição-3, pp. 1337-1340, 2019.
 12. Sitorus, TB, Lubis, Z., Sembiring, F., Christopel, B. e Siagian, J. (2020) "Utilização de sistemas de refrigeração de peltier acionados por energia solar para armazenar vegetais e frutas", *IOP Conf. Ser Mater. Sci. Eng.*, Vol. 725, p. 012014, 2020.
 13. Sadighi Dizaji, H., Jafarmadar, S., Khalilarya, S. e Pourhedayat, S. (2019) "Uma análise abrangente da exergia de um protótipo de um refrigerador de ar Peltier; investigação experimental", *renovar. Energia*, vol. 131, pp. 308-317, 2019.
 14. Peña Perea, A. S. (2018) "Teste preliminar de um sistema de refrigeração termoelétrico Teste preliminar de um sistema de refrigeração termoelétrico", pp. 10-14, 2018.

15. Iskrenović, P. S., Sretenović, G. B., Krstić, I. B., Obradović, B. M. & Kuraica, M. M. (2019) "Termostato com elemento Peltier e microcontrolador como motorista", *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, Vol. 137, pp. 470-476, 2019.
16. Mardini-Bovea, J., Torres-Díaz, G., Sabau, M., De-La-hoz-Franco, E., Niño-Moreno, J. e Pacheco-Torres, PJ (2019) "A revisão da refrigeração com energia termoelétrica com base no efeito peltier", *DYNA*, vol. 86, n. 208, pp. 9-18, 2019.
17. Medina, G.P. (2015) "Análise térmica de um resfriador termoelétrico acionado por roda mecânica para bebidas", no. 112, pp. 367-386, 2015.
18. Masuda, K, Uchida, k., Iguchi, R. & Miura, Y. (2019) "Estudo dos primeiros princípios do efeito anisotrópico magneto-Peltier", *Phys. Rev. B*, vol. 99, n. 10, pp. 2-7, 2019.
19. Leal, J.F., Sepúlveda, S.B. & León, M. M (2015) "O diodo Schottky como atenuador do efeito Seebeck em uma célula Peltier para controle de temperatura PID", *Entre Cienc. e Ing.*, vol. 9, n. 18, pp. 75-83, 2015.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).