



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1292>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de investigación

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Thermodynamic process that allows transforming residual heat from automobiles into electrical energy

Processo termodinâmico que permite transformar o calor residual dos automóveis em energia elétrica

Otto Fernando Balseca-Sampedro ^I
otto.balseca@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6713-0991>

Diego Fernando Mayorga-Pérez ^{II}
diego.mayorga@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1731-9723>

Cesar Alberto Ponce-Ponce ^{III}
cesar.ponce@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5873-1779>

Wladimir Alejandro Silva-Castelo ^{IV}
wladimir.silva@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1920-6239>

Santiago Alejandro López-Ortiz ^V
sa_lopez@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6314-6299>

***Recibido:** 27 de mayo de 2020 ***Aceptado:** 23 de junio de 2020 ***Publicado:** 18 de julio de 2020

- I. Magíster en Sistemas de Transporte de petróleo y Derivados, Ingeniero Mecánico, Docente ESPOCH, Ingeniería Mecánica, Riobamba, Ecuador
- II. Magíster en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo, Ingeniero Mecánico, Docente ESPOCH, Ingeniería Mecánica, Riobamba, Ecuador
- III. Estudiante ESPOCH, Ingeniería Mecánica, Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador.
- IV. Estudiante ESPOCH, Ingeniería Mecánica, Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador.
- V. Ingeniera Mecánica, Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador.

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Resumen

Este trabajo de investigación estudia el diseño de un dispositivo que permite aprovechar la energía remanente del tubo de escape; empleando celdas Peltier, generando un voltaje estable de 5 voltios para cargar dispositivos electrónicos. Para cumplir este objetivo nos basamos en el efecto Seebek. Conectando tres Celdas en serie, se obtiene un voltaje aproximado entre 5 a 7V, con la ayuda del regulador LM2596s DC-DC se estabiliza el voltaje a 5V.

Palabras claves: Celda Peltier; efecto Seebek; conexión en serie; remanente.

Abstract

This research work studies the design of a device that allows to take advantage of the remaining energy of the exhaust pipe; employing Peltier cells, generating a stable voltage of 5 volts to charge electronic devices. To meet this objective we rely on the Seebek effect. By connecting three cells in series, an approximate voltage of between 5 to 7V is obtained, with the help of the LM2596s DC-DC regulator, the voltage is stabilized at 5V.

Keywords: Peltier cell; Seebek effect; serial connection; remainder.

Resumo

Este trabalho de pesquisa estuda o design de um dispositivo que permite aproveitar a energia restante do tubo de escape; utilizando células Peltier, gerando uma tensão estável de 5 volts para carregar dispositivos eletrônicos. Para atingir esse objetivo, contamos com o efeito Seebek. Ao conectar três células em série, é obtida uma tensão aproximada entre 5 e 7V, com a ajuda do regulador LM2596s DC-DC, a tensão é estabilizada em 5V

Palavras-Chave: Célula Peltier; efeito Seebek; conexão serial; restante.

Introducción

La generación de energía para cargar un celular mediante el aprovechamiento del calor desperdiciado por el tubo de escape de los motores de combustión interna contribuye a la conservación del medio ambiente, dado que a nivel mundial los vehículos han aumentado radicalmente. En el Ecuador en base a la norma técnica para emisiones a la atmósfera de fuentes fijas, un automóvil no debe emitir más de 100mg/Nm³ de Dióxido de Carbono lo que conlleva a

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

buscar maneras de aprovechar la energía del motor de combustión interna. (Cevallos Edwin, 2015), (ANT, 2013).

Las grandes industrias automovilísticas han centrado su interés en el aprovechamiento de esta energía como es el caso de BMW la cual está desarrollando este Sistema con una potencia aproximado de 200 vatios para un mejor rendimiento de automóviles (Fernández C., 2016).

Además, varios investigadores han logrado obtener energía eléctrica mediante la variación de temperatura en el sistema de escape de los vehículos tal es el caso del equipo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT por sus siglas en inglés) han desarrollado un generador termoeléctrico capaz de producir electricidad limpia y respetuosa con el medio ambiente gracias a las variaciones de temperatura. (Jiménez X, 2018).

Se ha analizado que en el sistema de escape que consta de colector, catalizador, silenciador tiene una pérdida térmica de un 32 por ciento de energía es por ello que surge la necesidad de diseñar un dispositivo que nos permita cargar el celular dentro del automóvil, para lo cual se utilizaran las celdas TE (termoeléctrica) las que son utilizadas en los sistemas de refrigeración. Dichas celdas funcionan con el efecto Peltier, siendo su contrario el Efecto Seebeck el cual funciona con una variación de temperatura entre el tubo de escape y un sistema de refrigeración. La temperatura para nuestro propósito esta entre los 100 a 700°C. (Fernández C., 2016) (Plata Gerardo, Badillo Carlos, Olivares Miguel, 2014).

Las empresas con cogeneración presentan mayor grado de resistencia a la crisis gracias al uso eficiente de los recursos y la mejora medioambiental, claves para la competitividad y la capacidad exportadora. Los datos 2011 confirman que las industrias con cogeneración vieron crecer su producción eléctrica un 2% lo que consta una mayor actividad en sus industrias asociadas frente a una caída del -1,4% en el índice de producción industrial manufacturera y el -1,6% en la industria de suministro de energía eléctrica, gas y otros. Según estimaciones de ACOGEN, la producción alcanzó los 33.700 GWh y se exportaron 24.865 GWh con una potencia instalada de 6.114 MW. (Rodríguez Raul, 2012)

Actualmente, la electricidad se obtiene principalmente de la quema de combustibles fósiles. Están surgiendo proyectos innovadores que relacionan termodinámica con electricidad, es decir, proyectos que plantean recuperar calor para convertirlo en energía eléctrica. Así se ofrecen

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

alternativas menos contaminantes, aunque, por el momento, de bajo rendimiento. (Jimenez Sara, 2016)

Metodología

Dispositivo para la generación de energía

Los dispositivos TE (Termoeléctricos), pueden transformar el calor directamente en energía eléctrica y también puede actuar como enfriadores de estado sólido. Los avances en la tecnología de TE puede tener un impacto significativo en la industria del automóvil en términos de ahorro de combustible, mejoras mediante la generación de electricidad a partir del calor residual y de aire acondicionado de alta eficiencia. En primer lugar, la tecnología de TE tiene la capacidad de utilizar las decenas de kilovatios de las pérdidas de calor en los vehículos para generar electricidad sin carga del motor añadido, esto nos ayudara a generar energía suficiente para cargar una batería de smartpone. (Echeverría Mario, 2015)

Temperatura del sistema de tubo de escape

Un motor de combustión interna no es capaz de transformar toda la energía en movimiento existen ciertas perdidas, las cuales se disipan en forma de calor hacia la atmósfera. Se detallan las partes del tubo de escape y sus temperaturas con el fin de determinar la energía calorífica que poseen dichos componentes, el cual servirá para realizar una variación de temperatura y por ende variación de voltaje mediante el Principio de Seebek. (Joan,2014).

Partes del sistema de escape

Colector de escape Es la primera parte por donde el gas sale del motor, luego de haber realizado la combustión, la temperatura se encuentra en un rango 202.7°C a 178.7°C , lo que es energía térmica desperdiciada, luego de esta parte del sistema del tubo de escape pasa al catalizador.

Catalizador Esta parte es la responsable de transformar gases contaminantes de la combustión a gases menos nocivos para el ambiente, esta parte del sistema de escape se encuentra a una temperatura de 154.6°C a 118.6°C . Luego de pasar esta parte tenemos el Tubo de escape Posterior.

Tubo de escape posterior Cuenta con un silenciador el cual reduce los sonidos, producidos por la combustión, cabe recalcar que esta parte amenora el rendimiento al motor, puesto que limita la salida de gases del motor, esto se encuentra a una temperatura de 94.53°C a 58.47°C .

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Ecuaciones

Efecto de Seebeck

Se refiere a la emisión de electricidad en un circuito eléctrico compuesto por conductores diferentes, a diferentes temperaturas. Dicho principio se halla representado por la fórmula:

$$\alpha = \frac{\bar{V}}{\Delta T} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

\bar{V} = Voltaje termodinámico [Voltios]

α = Es el coeficiente de Seebeck [$\mu(\text{V/K})$]

ΔT = Es la temperatura del gradiente [K]

Este es el principio que se utilizará para generar energía mediante la variación de temperatura existente en el tubo de escape y el sistema de refrigeración. (Echeverría Mario, 2015)

Razón de transferencia de calor

$$Q_{\text{total aleta}} = Q_{\text{libre de aleta}} + Q_{\text{aleta}} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$Q = hA_{\text{libre de aleta}} (T_s - T_{\infty}) + h \eta_{\text{aleta}} A_{\text{aleta}} (T_s - T_{\infty})$$

$$Q = h(A_{\text{libre de aleta}} + \eta_{\text{aleta}} A_{\text{aleta}}) (T_s - T_{\infty})$$

Q = razón de transferencia de calor

[W] h = coeficiente convectivo [$\text{W/m}^2 \text{K}$]

A = área [m^2]

T_s = Temperatura de la superficie [K]

T_{∞} = Temperatura ambiente [K]

η_{aleta} = eficiencia de la aleta

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Temperatura de la película

Es la temperatura promedio que existe en la temperatura de la superficie y la temperatura ambiente.

$$T_p = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (\text{Ec. 3})$$

REYNOLDS

$$Re = \frac{VL}{\nu} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

V=velocidad del fluido [m/s]

L=longitud del disipador [m]

ν =Viscosidad cinemática en [m²/s]

NUSSELT

$$Nu = \frac{hL}{k} \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

h= coeficiente convectivo [W/m² K]

L=longitud de la celda [m]

k=conductividad térmica en [W/m K]

RESISTENCIA TÉRMICA

$$Q = \frac{T_s - T_\infty}{R_{real}} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

Q=razón de transferencia de calor

[W] Ts=Temperatura de la superficie

[K] T_∞=Temperatura ambiente [K]

R_{real}=Resistencia Térmica real[K/W]

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Datos calculados

Tabla I Propiedades del aire a presión de 1 atm

Propiedades del aire a la presión de una atmósfera						
Tem p.	Calor específico.	Conductividad térmica k.	Difusividad térmica.	Viscosidad dinámica.	Viscosidad cinemática.	Número de Prandtl.
T, [°C]	Cp, [J/kg·K]	k, [W/m·K]	α , [m ² /s ²]	μ , [kg/m·s]	ν , [m ² /s]	Pr
40	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241

Fuente: (TOMADO DE CENGEL 2007, TABLA A-15, TRASFERENCIA DE CALOR)

Con estos datos se procede a realizar una interpolación para encontrar los valores requeridos para la realización de los cálculos correspondientes. Estos resultados se muestran en la tabla II.

Tabla II Interpolación

Temp. T, [°C]	Conductividad térmica k, [W/m·K]	Viscosidad cinemática. ν , [m ² /s]	Número de Prandtl. Pr
40	0.002662	1.702×10^{-5}	0.7255
41.2844	0.02671	1.714×10^{-5}	0.7251
45	0.02699	1.750×10^{-5}	0.7241

Fuente: (TOMADO DE CENGEL 2007, TABLA A-15, TRASFERENCIA DE CALOR)

Figuras y tablas

Tabla III Correlación empírica para el Número de Nusselt promedio, para convención forzada sobre cilindros circulares y no circulares en flujo cruzado

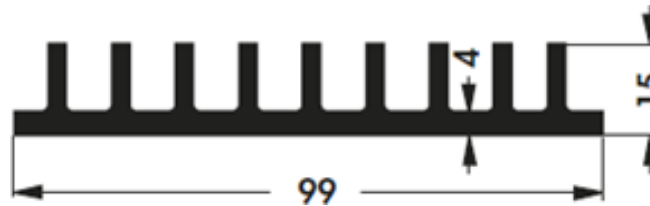
Sección Transversal del fluido	Fluido	Rango de Re	Número de Nusselt
Placa vertical	Gas	4000-15000	$0.228Re^{0.731}Pr^{1/3}$

Fuente: (TOMADO DE ZUKAUSKAS, REF. 14, Y JAKOB, 1949)

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

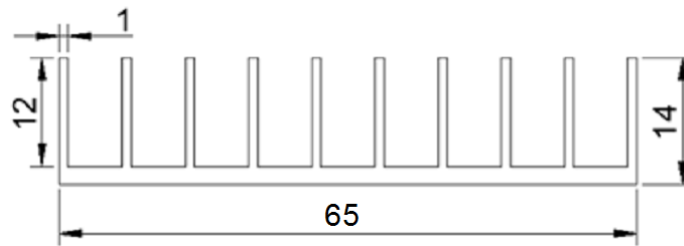
Las figuras muestran las dimensiones del disipador necesario para el cumplimiento de los objetivos propuestos en este trabajo (Fig. 1) y las dimensiones del disipador que se utilizara para la experimentación el cual se aproxima más a las dimensiones del disipador obtenido en los cálculos (Fig. 2).

Figura 1 Disipador de calor para placas de circuito impreso



Fuente: Fischer Elektronik GmbH & Co. KG, 1969.

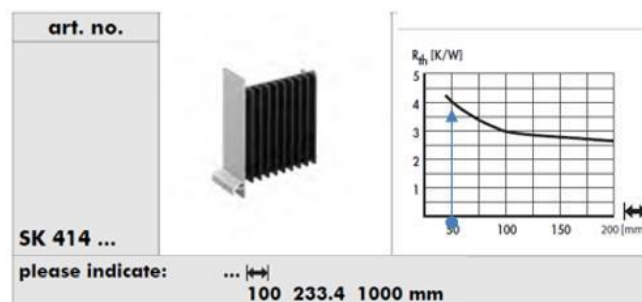
Figura 2 Dimensiones de disipador obtenido en el mercado, de aluminio



Fuente: Investigadores, 2019.

Para determinar la confiabilidad del disipador encontrado en el mercado se realizó una comparación de resistencia térmica del disipador obtenido en el mercado con el del catálogo, obteniendo una resistividad semejante por lo cual se determinó que este si es viable para el dispositivo.

Figura 3 Gráfica Resistencia térmica versus longitud del disipador



Fuente: Fischer Elektronik GmbH & Co. KG, 1969.

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

En la figura 4 se muestra la gráfica para determinar la resistencia térmica forzada, ya que el tipo de convención que se tiene presente en el medio de trabajo del dispositivo es forzado debido al flujo del aire frío en la parte del disipador.

Resistencia térmica de cualquier perfil con convención forzada.

$$R_{thKf} = a(R_{thK}) \quad (\text{Ec. 7})$$

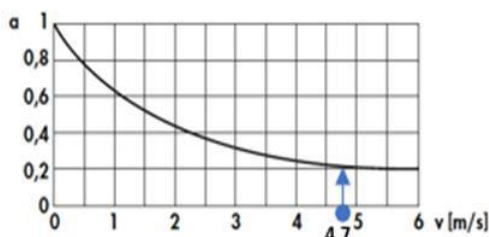
Donde:

R_{thKf} =resistencia térmica con convección forzada

R_{thK} =resistencia térmica con convección natural

a =factor de proporción

Figura 4 Resistencia térmica de cualquier perfil con convicción forzada



Fuente: Fischer Elektronik GmbH & Co. KG, 1969

Tabla IV Resultados para la obtención coeficiente seebeck

Voltage [V]	Delta T [°C]
2,4	54
2,41	56
2,42	57,2
2,43	59,2
2,44	61,3
2,45	63,4
2,46	64,6
2,47	64,8
2,48	66,4
2,49	72,4
2,5	70,4

Fuente: Investigadores, 2019

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Utilizando la ecuación 1 para encontrar el coeficiente de Seebeck y empleando los datos expuestos en la tabla IV, obtenidos experimentalmente se obtiene un coeficiente de Seebeck de:

$$\alpha = 0.039 \frac{V}{^{\circ}C}$$

Análisis experimental

Materiales

Elementos de medida:

1. Multímetro (x2)
2. Pirómetro
3. Anemómetro

Elementos de prueba:

1. Pila Peltier
2. Disipador
3. Chapa metálica
4. Cables de conexiones
5. Bloque de aluminio
6. Fuente de calor controlada
7. Pasta térmica
8. Cinta.
9. Diodo 1N4007S (x2)
10. Ventilador de 5V
11. Fuente de 5V
12. Soporte para instrumentos
13. Cables de conexión
14. Resistencia de 325

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Procedimiento

1. Se procede a armar el dispositivo eléctrico.
2. Se coloca el dispositivo sobre la fuente de calor, el ventilador en dirección que el aire pegue directo al disipador.
3. Se conecta los diodos en anti-paralelo como medida de protección, el Multímetro en serie, este medirá la intensidad de corriente, consecutivamente la resistencia de 325Ω y procedemos a cerrar el circuito con el negativo de la pila Peltier.
4. El otro Multímetro será conectado en paralelo para medir la intensidad.
5. El sensor de temperatura será colocado dentro del dispositivo en el disipador (Cara fría del dispositivo).
6. El pirómetro apuntara a la cara del bloque de aluminio (cara caliente del dispositivo)
7. Para una mejor apreciación de datos se procederá a filmar las pantallas de cada uno de los dispositivos.

Resultados

En la tabla V se muestran los resultados del mínimo teórico para determinar la selección del disipador que permita cumplir con los requerimientos necesario que ayuden a obtener un diferencial de temperatura necesario para alcanzar un voltaje aceptable en el dispositivo.

Tabla V Resultados para selección de disipador

Variabes	Real	Teórico	Unidades
Velocidad	4.7	4.7	m/s
Variación de temperatura	62.7	62.7	$^{\circ}C$
Temperatura del lado frio	17.3	17.3	$^{\circ}C$
Temperatura de la película	41.28844	41.28844	$^{\circ}C$
Reynolds	13710.618	13710.618	-
Nusselt	216.566	216.566	-
Coefficiente convectivo	115.69	115.69	$\frac{W}{m^2K}$

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Área de la aleta	0.0108	0.0099	m ²
Área libre de la aleta	2.76x10 ⁻³	3.15x10 ⁻³	m ²
Eficiencia de la aleta	0.272	0.4707	-
Razón de transferencia de calor	28.183	38.699	W
Resistencia térmica	1.52	1.107	K/W

Fuente: Investigadores, 2019

En la tabla VI se presenta una muestra de los valores más relevante obtenidos en el proceso de la experimentación, por medio del cual se realizaron las medidas del voltaje y la corriente obtenida a las diferentes ΔT en una celda Peltier.

Gracias a estos resultados se puede determinar el comportamiento de la celda a diferentes cambios de temperatura y de esta manera buscar la forma de estabilizarlo en una tensión de 5 V que es lo recomendable para la carga de un dispositivo móvil.

Tabla VI Resultados experimentales obtenidos con el dispositivo

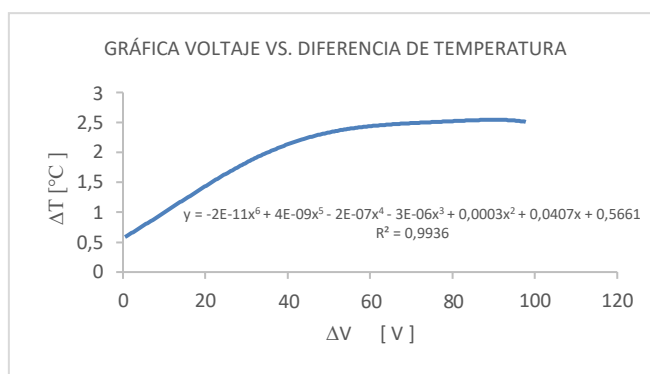
No	T caliente [°C]	T fría [°C]	Delta T [°C]	Voltaje [V]	Amperaje [mA]
1	46,9	43,4	3,5	0,55	1,6
2	48,8	46,7	2,1	0,6	1,75
3	53,3	50	3,3	0,7	2,04
4	57,4	53,4	4	0,8	2,34
5	62,7	56,7	6	0,9	2,65
6	67,5	56,7	10,8	1	2,93
7	72,3	60	12,3	1,1	3,23
8	76,9	63,4	13,5	1,2	3,52
9	81,4	63,4	18	1,3	3,8
10	86,1	66,7	19,4	1,4	4,11
11	92,1	70	22,1	1,5	4,41
12	97,7	73,4	24,3	1,6	4,7
13	103,2	73,4	29,8	1,7	4,98
14	109,4	80	29,4	1,8	5,29
15	115,6	83,4	32,2	1,9	5,58
16	125,3	90	35,3	2	5,88

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

17	131	93,3	37,7	2,1	6,17
18	139,2	96,6	42,6	2,2	6,47
19	149	100	49	2,3	6,77
20	160	106	54	2,4	7,06
21	180,4	110	70,4	2,5	7,35
22	207,8	110	97,8	2,51	7,37

Fuente: Investigadores, 2019

Figura 5 Curva polinomial de grado 6 obtenida por los puntos tomados en la experimentación



Fuente: Investigadores, 2019

Para comprobar la veracidad de los valores obtenidos experimentalmente se apoya de la ecuación polinomial obtenida en la figura 5, procedemos a sacar la derivada de dicho polinomio y evaluar con nuestro ΔT de 62.7°C, esto nos debe dar un valor aproximado a nuestro coeficiente Seebeck obtenido anterior mente.

Ecuación polinomial de grado 6:

$$y = (-2 * 10^{-11})x^6 + (4 * 10^{-9})x^5 - (2 * 10^{-7})x^4 - (3 * 10^{-6})x^3 + (3 * 10^{-4})x^2 + 0.0407x + 0.5661$$

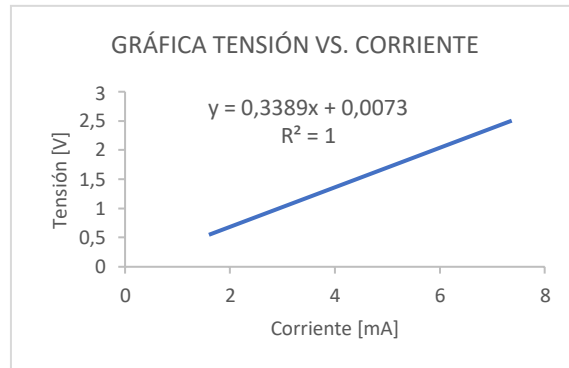
Derivada de la ecuación polinomial:

$$y' = (-12 * 10^{-11})x^5 + (20 * 10^{-9})x^4 - (8 * 10^{-7})x^3 - (9 * 10^{-6})x^2 + (6 * 10^{-4})x + 0.0407$$

Realizando los cálculos se obtiene un valor de 0.0377.

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Figura 6 Gráfica Tensión Versus Corriente. Puntos obtenidos experimentalmente para comprobación de resultados



Fuente: Investigadores, 2019

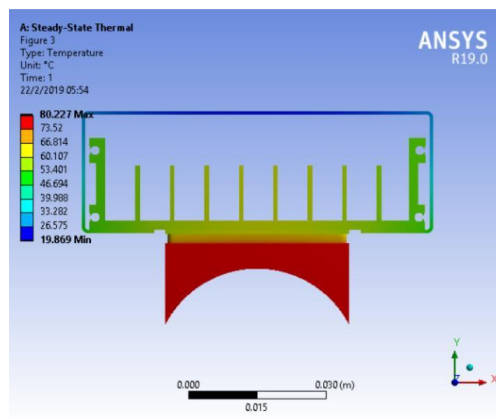
Como se puede observar en la figura 6 la unión de los puntos representa una recta y su expresión matemática corresponde a una ecuación lineal cuya pendiente se aproximará a la magnitud de la resistencia empleada, hay que tener en cuentas las unidades, ya que la unidad de la constante (pendiente) está dada en este caso en V/mA.

Simulación

Se procedió a realizar una simulación en ANSYS, para comparar resultados experimentales con la simulación, para una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos.

Las figuras 7 muestran los resultados obtenidos en la simulación en ANSYS.

Figura 7 Variación de la temperatura a través del dispositivo

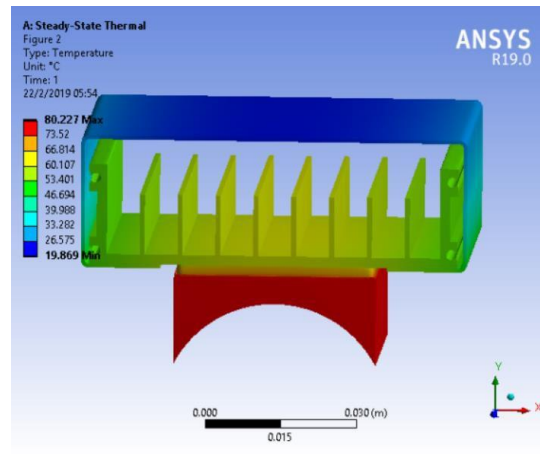


Fuente: Investigadores, 2019

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Como se puede observar en la figura 8 el cambio de la temperatura tiene una dirección desde la cara más fría a la más caliente de la celda Peltier, lo que indica que si se genera una diferencia de temperatura acorde con los datos experimentales obtenidos en el análisis experimental.

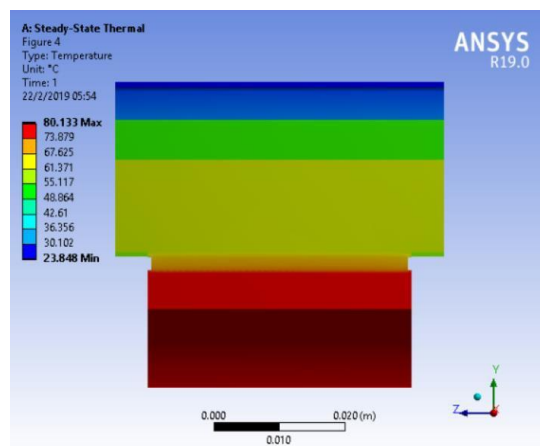
Figura 8 Apreciación del cambio de temperatura entre el bloque y el disipador



Fuente: Investigadores, 2019

En la figura 9 mediante corte se puede observar la variación de temperatura que existe en una aleta, comprobando, que el disipador está cumpliendo con su propósito.

Figura 9 Corte a lo largo del eje X



Fuente: Investigadores, 2019

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

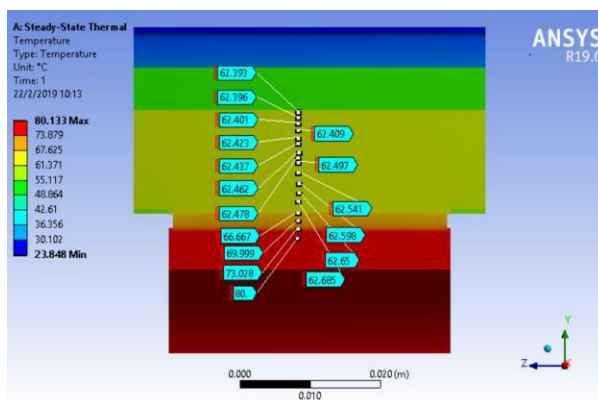
Con la ayuda del Software ANSYS se determinó la temperatura, en diferentes puntos a lo largo del eje Y, obteniendo los siguientes valores expuestos en la tabla VII, de igual manera en la figura 10 se muestra la ubicación de los puntos tomados para la realización.

TABLA VII Valores registrados a lo largo del eje y

Longitud [mm]	Temperatura [°C]
0	80
1.327	73.028
2.45	69.999
3.573	66.667
5.206	62.685
6.431	62.65
7.758	62.598
9.289	62.541
10.718	62.497
11.432	62.478
12.147	62.462
13.371	62.437
14.188	62.423
15.311	62.409
16.229	62.401
17.046	62.396
17.862	62.393

Fuente: Investigadores, 2019

Figura 10 Valores registrados en un corte paralelo al plano Y-Z cortado en el origen

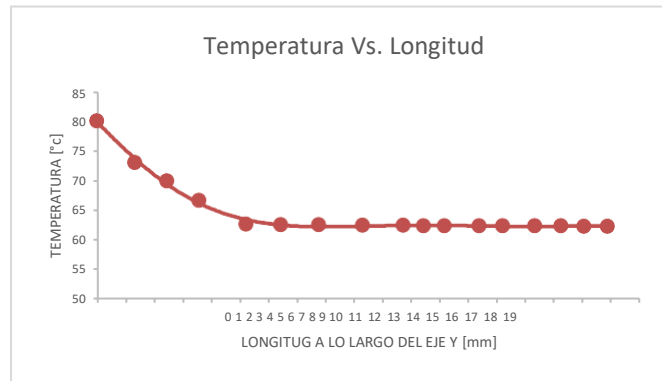


Fuente: Investigadores, 2019

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

En base a los datos mostrados en la tabla VII se puede realizar la gráfica (Fig. 11) de temperatura en función de la distancia a lo largo del eje Y, y de esta manera ver las distintas temperaturas a lo largo del eje Y.

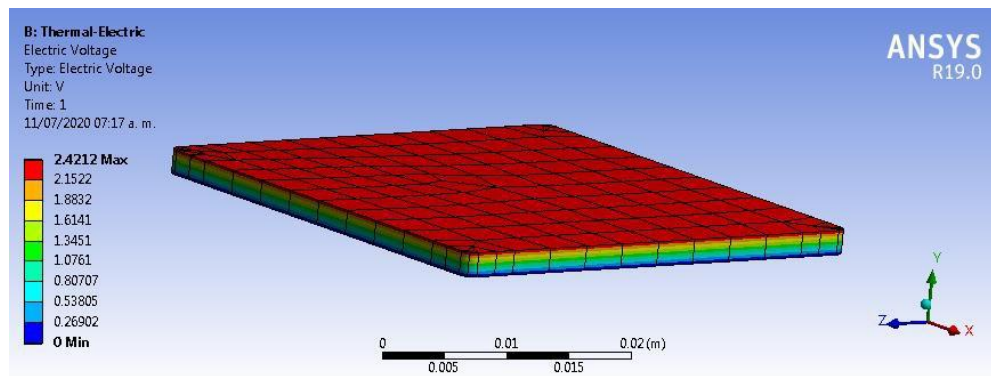
Figura 11 Curva temperatura Vs. Longitud que describe el cambio de temperatura a lo largo del eje Y



Fuente: Investigadores, 2019

Para comprobar la temperatura experimental simulada en ANSYS, en donde se obtiene una variación de voltaje de 2.42 V, lo que concuerda con el valor experimental de 2.5 V.

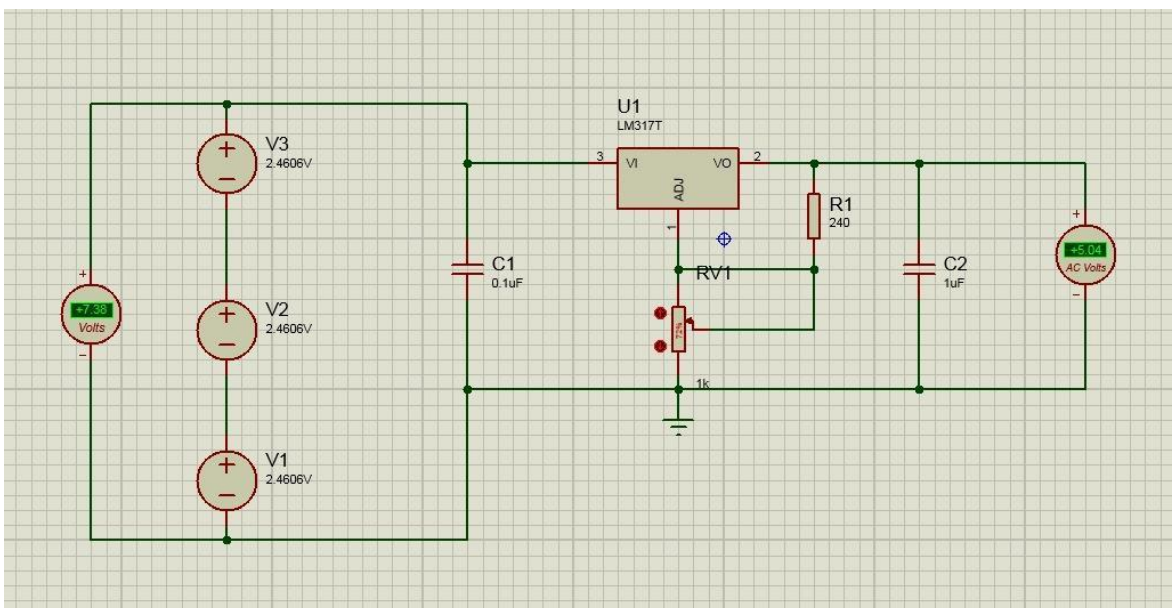
Figura 11 Variación de temperatura en la celda Peltier



Fuente: Investigadores, 2020

Finalmente se conecta todas las celdas Peltier en serie y con la ayuda del regulador LM2596s DC-DC se logró obtener el voltaje deseado.

Figura 12 Circuito de regulación de voltaje



Fuente: Investigadores, 2020

Conclusiones

Según los datos mostrados se puede observar que experimentalmente existe una diferencia de temperatura de $70,4^{\circ}\text{C}$, obteniendo una tensión de 2.5V y una corriente de 7.35mA. El cual es semejante al valor obtenido en los datos teóricos y en la simulación, esto permite verificar la viabilidad del aprovechamiento de la energía residual del tubo de escape en un dispositivo para cargar celulares.

Al realizar el experimento en un rango inferior al que estaría sometido en la realidad se asegura el correcto funcionamiento del dispositivo, ya que las pruebas fueron realizadas con una velocidad de viento de 2,5 m/s dentro de un ambiente cerrado, esto significa que al estar a la intemperie la variación de temperatura se producirá en un menor tiempo.

La celta Peltier TEC1-12706 en un rango de variación de temperatura $[10 \text{ a } 70]^{\circ}\text{C}$ produce una tensión máxima de 2.5V, si se sobrepasa este rango la tensión tiende a permanecer constante.

Mediante la experimentación se comprobó que el disipador empleado en este dispositivo cumple con las necesidades requeridas para disipar el calor requerido que permite obtener la diferencia de temperatura necesaria para el funcionamiento del dispositivo.

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

Por la experimentación realizada se pudo comprobar que el voltaje obtenido por una celda es de 2.5V, por lo tanto, para alcanzar el objetivo se debe conectar tres dispositivos en serie a lo largo del tubo de escape.

Para lograr controlar el voltaje, se utiliza el regulador LM2596s DC-DC, logrando un voltaje de salida de 5V, como se puede observar en la figura 12 de presente Paper.

Referencias

1. Ángeles, A., & Juan, J. (2016). Instrumentación de un sistema de paneles solares para el diseño de un controlador de temperatura basado en el efecto Peltier-Seebeck (Doctoral dissertation).
2. ANT. (2013). NORMA TÉCNICA PARA EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE FUENTES FIJAS . Quito : ANT.
3. Argüelles Guerrero, Rodrigo. (2011). ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE UN GENERADOR PELTIER Y SUS PROCESOS IRREVERSIBLES (Doctoral dissertation).
4. Arroyo. (2013). Medida de parámetros termoelectricos en un sistema constituido por dispositivos Peltier-Seebeck.
5. Beltrán Pitarch, B. (2017). Nuevo método de medida de la conductividad y difusividad térmica usando un módulo termoeléctrico.
6. Bollati, E., & Corporex, S. A. (2007). Generadores termoeléctricos. *Petrotecnia*, 1, 85.
7. Carvajal, J. P. A., Murillo, M. E., Aristizábal, M. M., Gómez, A. M., Ospina, L. M. B., Sánchez, D. D. B., & Monsalve, D. A. G. (2016). Prototipo de un Sistema Termoeléctrico Ecológico. *Tecnoacademia: Revista de divulgación juvenil*, 1(1), 90-93.
8. Cengel, Y. (2007). *Transferencia de calor* . Mexico : Mc Graw Hill.
9. Cevallos Edwin, E. M. (2015). MATERIALES TERMOELÉCTRICAS QUE PERMITEN TRANSFORMAR EL CALOR RESIDUAL DE AUTOMOVILES EN ENERGÍA ELÉCTRICA . *Revista CIENCIA*, 17.
10. Chejne Farid, Alean Jader, Gomez Carlos, Lopez Oscar, Betancur Luis, Guerra Cesar, Velez Jhon, Muraca Gaelle, Omaña Monica, Izasa Cesar. 2017. *Recuperacion de energia en procesos industriales*. medellin : s.n., 2017.
11. Chover Martí, G. (2013). Diseño de un sistema de control de temperatura para un prototipo de generación de frío y calor, basado en células Peltier (Doctoral dissertation).

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

12. Díaz García, S. (2017). Análisis de viabilidad de recuperación de energía mediante efecto termoeléctrico.
13. Duque Solís, M. (2013). Diseño de paneles generadores de electricidad por efecto Seebeck (Doctoral dissertation, Universidad EIA).
14. Echeverría Mario. 2015. 41, Quito : s.n., 2015, Vol. 17.
15. Esparza Zárate, I. (2016). Estudio y simulación de nuevas estructuras de módulos termoeléctricos para generación de energía eléctrica mediante efecto Seebeck.
16. Fernandez Joan. 2014. [En línea] Septiembre de 2014. [Citado el: 8 de Febrero de 2019.] upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23357/memoria%20Joan%20Fernandez%20PFC.pdf.
17. Flórez, J. O. V., & Martínez, A. F. (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. VISION-Revista de Investigaciones UNICIENCIA, 2(2), 62-69.
18. Fouille. (2006). Compendio de electronica. España: Editorial Coizareu.
19. García Rivera, J. D., & Live Sevilla, J. A. (2013). Generación de Energía por Gradiente de Temperatura (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2013).
20. González Martín, S. (2011). Estudio y caracterización de aleaciones Zn-Sb para aplicaciones termoeléctricas.
21. Guaman, G., Fabricio, L., Palomino, U., & Pablo, J. (2014). Análisis del comportamiento de módulos termoeléctricos para transformación del calor existente en el colector de escape a energía eléctrica en un motor G10 (Bachelor's thesis).
22. Jiménez Herráez, S. (2016). Desarrollo de un sistema de conversión de calor en energía eléctrica.
23. Jimenez Sara. 2016. Desarrollo de un sistema de conversión e calor en energía eléctrica. Madrid : s.n., 2016. La recuperación termoeléctrica del calor residual, una fuente de energía ambientalmente amigable.
24. Jimenez, X. (09 de Enero de 2018). Energy . Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de <https://www.xataka.com/energia/estos-ingenieros-han-disenado-un-dispositivo-capaz-de-crear-energia-del-aire-y-la-temperatura>

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

25. Joan. (2014). Análisis del aprovechamiento de calores residuales de los gases de escape del motor térmico mediante efecto seebeck en unión Cu-al upc. Scielo.
26. Juanicó, L., & Rinalde, F. (2010). Análisis comparativo de paneles termoeléctricos y fotovoltaicos para electrificación de hogares aislados. *Inter-ciencia*, 35(2).
27. Leal, J. F., León, M. M., & Sepúlveda, S. B. (2015). El diodo Schottky como atenuador del efecto Seebeck en una celda Peltier para un control PID de temperatura. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 9(18), 75-83.
28. Mario, E. (2015). Materiales termoelectricos que permiten transformar calor residual de automoviles que permiten transformar calor residual de automoviles en energía eléctrica. Scielo .
29. Medrano Parra, L. A. (2016). Diseño, construcción y evaluación de un generador termoeléctrico acoplado a una estufa ecológica(Doctoral dissertation, Instituto de Ciencias Básicas y aplicadas-Ingeniería en Energías Renovables-UNICACH).
30. Montejo, V. M. R., Lara, M. N., & Garfias, J. D. J. N. S. (2017). OBTENCION DE CLÚSTERES METÁLICOS CON PROPIEDADES SUPERCONDUCTORAS PARA SU EVALUACION DEL EFECTO SEEBECK. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 2(1), 1409-1412.
31. Palacios, R., Arenas, A., Vazquez, J., Pagola, F. L., & Pecharromán, R. R. (2006). Caracterización experimental de un Paramento Transparente Activo Termoeléctrico (PTA). *Climamed 2006. Congrès Méditerranéen des Climaticiens*. p. 305-314. Lyon, France, 20-21 November 2006.
32. Patterson, G., & Sobral, M. (2007). Efecto Peltier. Departamento de Física FCEyN, Universidad de Buenos Aires.
33. Pérez Asiain, J. (2014). Estudio experimental de la resistencia térmica en función de la relación entre el área de módulos Peltier y el área de la base de un heat pipe.
34. Perez Valdeblanquez, H. E., Parra, M., & Dubiel, Y. Generación de Condensado con Celdas de Peltier.

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

35. Pérez, M., & Alberto, J. (2018). Estudio de aplicación de células Peltier para la obtención de electricidad en automóviles (Doctoral dissertation).
36. Plata Gerardo, Badillo Carlos, Olivares Miguel. 2014. Pistas educativas. [En línea] Octubre de 2014. [Citado el: 16 de Febrero de 2019.] itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/download/1390/1202.
37. Ramírez, C. R., Lizarazo, G. M., & Duarte, E. V. (2017). Termoelectricidad: uso de las celdas Peltier en el campo de la refrigeración y sus principales aplicaciones. *INVENTUM*, 12(22), 9-16.
38. Rivera, E. M. L. (2008). GENERACIÓN ELÉCTRICA POR PILA TERMOELÉCTRICA— EFECTO SEEBECK—. *Isagogé*, (5), 10.
39. Rodriguez Julio. 2010. 41, Bogota : Momento, 2010. Materiales termoelectricas que permiten transformar calor residual de automoviles en energía eléctrica.
40. Rodriguez Raul. 2012. Instalación para el aprovechamiento energetico de los gases de escape de once motores de biogas. madrid : s.n., 2012.
41. Rof Ballús, A. (2015). Estudio y parametrización de un generador termoeléctrico (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
42. Romo Cesar, Medrano Consolacion, Romero Hipolito, Arvizu Jose, Huacuz Jorge, Beltran Jose. 2012. Comision Federal de Electricidad. [En línea] Octubre de 2012. [Citado el: 16 de Febrero de 2019.] ineel-mx/docu/Guia-RUS.pdf.
43. Sandoval, & Espinosa, E. (2008). Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base. Instituto de Electrónica. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Ángeles, A., & Juan, J. (2016). Instrumentación de un sistema de paneles solares para el diseño de un controlador de temperatura basado en el efecto Peltier-Seebeck (Doctoral dissertation).
44. Santacruz López, H., López Puente, S. I., Esquivel Castro, Y., Solís Martínez, E. E., & Ortíz Baltazar, J. A. (2017). Alternativa Peltier.

Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica

45. Solsona, J. A. C. MATERIALES TERMOELECTRICOS. APLICACIONES PARA LA REFRIGERACION Y LA GENERACION DE ELECTRICIDAD.
46. Yáñez, M. E. E., & Romero, E. M. C. (2018). MATERIALES TERMOELÉCTRICAS QUE PERMITEN TRANSFORMAR CALOR RESIDUAL DE AUTOMÓVILES EN ENERGÍA ELÉCTRICA. *Ciencia*, 17(1).
47. Zavala Pavón, P. E. (2011). Potencial termodinámico para dispositivos termoeléctricos (Doctoral dissertation).

©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/>).