

Diseño de un sistema termoeléctrico aprovechando características geotérmicas

Ricardo Muñoz Zurdo

Grado en ingeniería electrónica industrial y automática

Descripción del proyecto

El diseño de un generador termoeléctrico basado en células termoeléctricas o de Peltier, es una manera de desarrollar y producir energía. Una parte se encarga del estudio teórico del diseño del generador termoeléctrico, así como las soluciones adoptadas en algún caso concreto, según las características geotérmicas favorables existentes en los emplazamientos seleccionados: en tierras próximas a volcanes, en desiertos, en la Antártida y en misiones espaciales. La otra parte, y más importante, es desarrollar de manera física el generador termoeléctrico propuesto para este proyecto, de esta manera se puede demostrar y comprobar que la producción de energía gracias a la termoelectricidad es posible, siendo una fuente aprovechable, ecológica y sostenible.

1. Introducción

La búsqueda continua de satisfacer la necesidad actual de desarrollar distintas maneras de generar electricidad de manera ecológica y sostenible hace que se adopten distintas nuevas maneras de producir electricidad.

En el desarrollo de las nuevas fuentes de energía existen varias que por su poca producción o rendimiento son despreciables a gran escala, pero con una funcionalidad a menor escala, pueden solucionar pequeñas necesidades que con el avance del tiempo y la tecnología se desarrollen en un futuro.

Una de estas fuentes, casi inutilizada en el mundo, es por medio de la termoelectricidad, la cual, como su nombre lo dice, genera energía eléctrica por medio de la temperatura, en este caso, por una variación de temperatura aplicada sobre el generador.

En el caso del proyecto, es la fuente de energía que se utiliza, ya que está muy poco desarrollada y explotada y es interesante su análisis.

2. Termoelectricidad

Para poder aprovechar la temperatura es necesario usar la unión de dos metales distintos (llamados termopares) con los cuales se produce, al aplicar temperatura sobre ellos, un potencial eléctrico, debido a la diferencia de temperatura existente entre ambos metales.

En el estudio de la termoelectricidad se tienen que tener en cuenta varios efectos, como lo son el efecto Seebeck, efecto Peltier, efecto Thomson y efecto Joule:

- Efecto Seebeck: este efecto produce, aplicando calor por uno de los extremos de un termopar y manteniendo el otro frío, generando una corriente eléctrica a través de ellos.
- Efecto Peltier: al contrario que el efecto anterior nos dice que si se aplica una corriente eléctrica a través de dos metales distintos soldados en forma de lazo, en sus uniones se genera o absorbe calor, dependiendo el sentido que tenga la corriente eléctrica aplicada sobre los mismos.
- Efecto Thomson: si un material está sometido a un gradiente de temperatura y se le somete a una corriente interna, este material intercambia calor con el medio exterior generándolo o absorbiéndolo. Este efecto se lleva a cabo en un solo material sin necesidad de la soldadura de dos distintos materiales, en comparación con los dos efectos anteriores.
- Efecto Joule: este efecto nos dice que si circula una corriente eléctrica a través de un material, debido al movimiento de electrones, parte de la energía cinética de éstos se transforma en calor al chocar con los demás átomos. Al contrario de los otros efectos mencionados, éste es el único que no es reversible.

El efecto que se aplica para el generador termoeléctrico desarrollado es el de Seebeck, ya que lo que se busca es producir electricidad aprovechando la variación de temperatura de los lugares mencionados en la introducción.

3. Células termoeléctricas

Las células termoeléctricas, o también llamadas de Peltier, son dispositivos de pequeño tamaño que tienen 2 aplicaciones posibles: la primera aplicación es cuando es alimentada dicha célula con una tensión, ésta absorbe calor por una de las caras y por la otra lo genera, y la segunda aplicación (que es la desarrollada en el proyecto) es aplicando por una de sus caras una temperatura, y por la otra cara, otra temperatura distinta, produce un potencial eléctrico.

En la figura 1 se puede apreciar como es el funcionamiento en modo Seebeck de las células termoeléctricas a grandes rasgos.

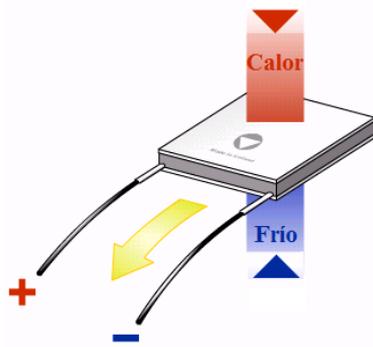


Fig. 1. Efecto Seebeck

Si se cambia el sentido de la corriente aplicada a la célula termoelectrica, como en el caso de la primera aplicacion, se invierte la polaridad de la célula de Peltier.

También a su vez, si se calienta por donde antes se aplicaba frío y se enfría por donde antes se calentaba, la polaridad será inversa.

La estructura interna de dichas células está compuesta por parejas de termopares dopados negativa y positivamente.

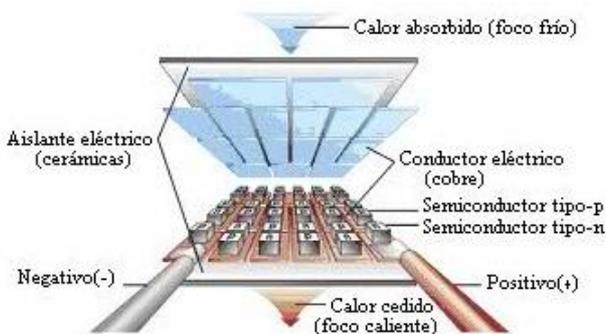


Fig. 2. Estructura Células termoelectricas

4. Diseño de generador termoelectrico en distintos emplazamientos

Se desarrolló un diseño básico para los distintos emplazamientos, variando solamente en cuestión de dimensiones, agregando o quitando células termoelectricas para que éstas produjeran una potencia y se le diera un correcto aprovechamiento.

También la base, la cual es una barra de cobre, varía de dimensiones, ya que para ciertos lugares, como las tierras cercanas a volcanes, puede ser muy provechoso el tener a una buena profundidad dicha barra, ya que la temperatura incrementa de manera significativa en este tipo de emplazamientos.

De la misma manera en que se diseñó el generador termoelectrico para cada emplazamiento, se realizó un estudio sobre un generador aplicado a misiones espaciales ya que de esta manera se puede apreciar también una aplicacion real que se está analizando y utilizando en sondas, por la NASA, como lo es la sonda Rover.

Otra característica importante que se buscó es dar aplicaciones reales a la energía eléctrica producida por el generador termoelectrico diseñado tanto para desiertos, como para tierras próximas a volcanes y la Antártida.

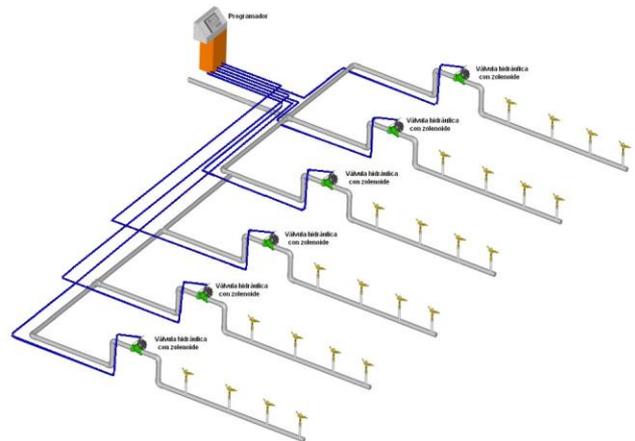


Fig. 3. Instalación de riego alimentada por generador termoelectrico

Como se puede apreciar en la figura 3, se desarrolló una instalación de riego automático en tierras próximas a volcanes, alimentada por un generador termoelectrico, habiendo estudiado el ambiente que rodea estos lugares, sabiendo que la tierra próxima a volcanes es muy fértil, aprovechando de esta manera las características que proporciona dicho terreno para hacer un buen espacio de cultivo de alimentos, por ejemplo.

Otra aplicacion que se desarrolló, en este caso, producida en los desiertos gracias al generador termoelectrico, fue la iluminación de dos reflectores de tecnología LED, para iluminar minas, donde se aprovecha dos importantes cosas, el cambio drástico de temperatura en el desierto, esto enfocado a la producción de electricidad con el generador diseñado, y que la iluminación LED no emite calor, por lo que a la vez de iluminar la mina, no genera calor de más en ella, algo importante ya que en este tipo de minas dicho calor es asfixiante y muchas veces casi imposible de trabajar dentro de ellas.

5. Desarrollo del modelo físico del generador termoelectrico

Para el desarrollo del modelo físico se tuvieron que hacer análisis exhaustivos de los materiales utilizados, para que de esta manera, se aprovechara de mejor forma la temperatura existente en ambas caras del generador.

El primer análisis, realizado con el software CES EduPack 2012, mostró cuales eran los mejores materiales termoconductores realizando una comparativa entre el precio y la termoconductividad de los mismos, dando como resultado, que el mejor termoconductor es la plata seguido por el cobre, pero en cuestión de precio, el más económico y viable es el cobre, que fue el material elegido para el desarrollo del modelo.

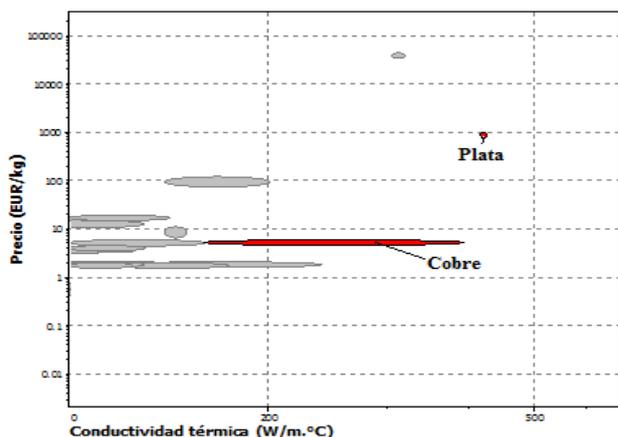


Fig. 4. Gráfica comparativa conductividad térmica/precio

El cobre utilizado para el modelo (figura 5), aunque fue un poco más caro, se utilizó el de mayor pureza, es decir Cu-ETP, ya que tiene mejores características termoconductoras y así el aprovechamiento de la temperatura sería mucho mayor a cualquier aleación existente de cobre.



Fig. 5. Cobre utilizado en el modelo del generador termoeléctrico desarrollado

Una vez escogido el material base para el generador termoeléctrico, se volvió a usar el mismo software, ahora para encontrar el mejor aislante térmico, para evitar el paso del calor de la cara caliente a la cara fría del generador y así mantener la mejor diferencia de temperatura en el modelo y que éste funcione adecuadamente.

Al realizar la comparativa en función también al precio se obtuvo un material aislante bastante efectivo ya que su conductividad térmica es muy baja, por lo que no permitirá el paso del calor de una cara a otra. Este material es la espuma flexible de polímero de baja densidad, ARMAFLEX, el cual cuenta con una conducción térmica de 0,034 W/(m·°C).



Fig. 6. ARMAFLEX utilizado en el modelo

Para este modelo se utilizaron las células termoeléctricas o de Peltier que se proporcionaron por la universidad, las cuales son del modelo TEC1-12705T200, las cuales sirven perfectamente para la demostración de que el modelo sirve correctamente.



Fig. 7. Células de Peltier utilizadas

Por último, para unir todos los elementos anteriores se usaron tornillos de plástico para evitar transmisión de calor a través de ellos, así como pasta térmica para una transmisión más uniforme entre las células y la placa de cobre y finalmente, un pegamento especial para que el aislamiento tenga el menor espacio posible para evitar posibles pérdidas de temperatura en el generador termoeléctrico.

El montaje del generador termoeléctrico despiezado, que se muestra en la figura 7, da una idea general de cómo está constituido dicho generador, así se puede apreciar correctamente el lugar que ocupa cada material utilizado en el proyecto.

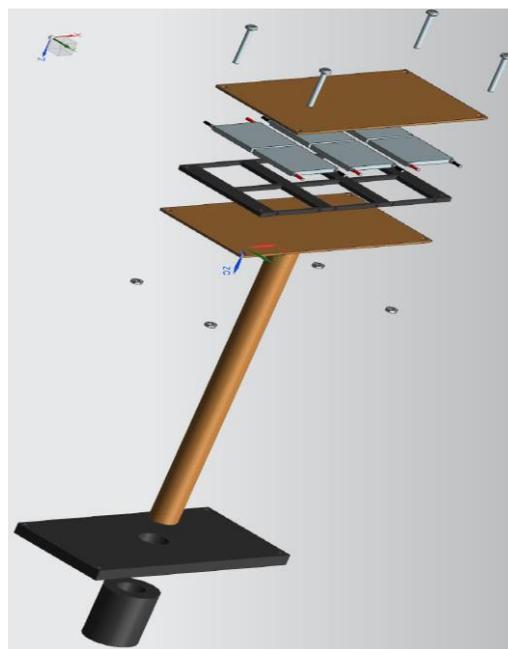


Fig. 7. Despiece del generador termoeléctrico

6. Resultados obtenidos

Una vez montado el generador termoeléctrico, se realizaron análisis sobre el mismo para poder obtener un resultado real y así saber de esta manera si el modelo funciona correctamente, conforme al diseño planteado en este proyecto.

Para saber si el modelo funcionaba correctamente se le aplicó sobre la cara caliente del generador, un incremento de temperatura aplicado con un soplador de aire caliente. De esta manera, se generó una diferencia de temperatura y con ello se produjo electricidad.



Fig. 8. Soplador de aire caliente sobre generador

Los análisis realizados sobre el generador fueron tres, donde uno se tomaba medida de la temperatura de ambas caras cuando a una de ellas (cara caliente) se aplicaba calor, el segundo de estos tres análisis fue la diferencia de temperatura a medida que se aplicaba calor sobre la cara caliente del generador y por último, la tensión que producía dicho modelo a medida que la diferencia de temperatura aumentaba.

Todos estos análisis se hicieron respecto al tiempo, es decir, el tiempo en el que tardaba en incrementarse la temperatura de la cara caliente del generador, así se puede apreciar de buena manera cómo evoluciona el generador al ir aumentando la diferencia de temperaturas sobre éste mismo.

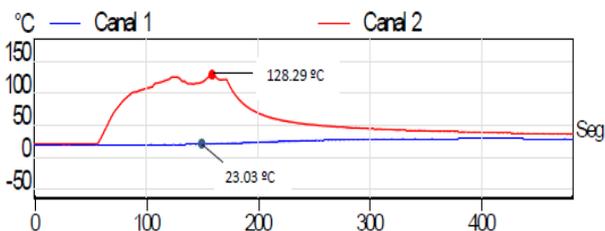


Fig. 9. Gráfica de temperatura del modelo físico realizado

En la figura 9 se puede ver la gráfica obtenida por la medida de la temperatura de ambas caras, en donde el canal 1 representa la cara fría y el canal 2 la cara caliente, en donde se puede ver que la temperatura de la cara caliente aumenta

respecto al tiempo mientras que la temperatura de la cara fría se mantiene estable a medida que pasa el tiempo.

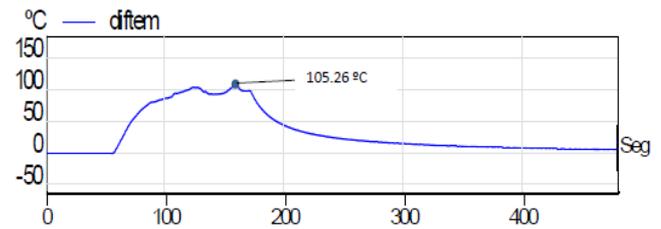


Fig. 10. Gráfica de diferencia de temperatura del generador

En la figura 10 se puede ver como a medida que se le aplica un aumento de temperatura a la cara caliente del generador, y la cara fría se mantiene estable y aislada, el aumento de temperatura es casi lineal y creciente, llegando a tener una máxima diferencia de temperatura de 105,26°C.

Por último se obtuvo la gráfica de la tensión producida por el generador termoeléctrico, que como se puede ver en la figura 11, se obtuvo una máxima tensión de 6783,109mV, que es cuando la diferencia de temperatura es máxima, siendo un incremento casi lineal de la tensión a medida que la diferencia de temperatura aumenta.

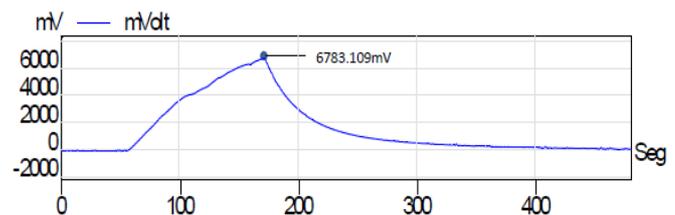


Fig. 11. Gráfica de tensión producida por el generador

De esta manera se puede ver que la linealidad es la misma para las 3 gráficas resultantes del análisis del generador termoeléctrico.

Una aplicación que se le dio a esta tensión producida fue el poner en funcionamiento una radio, la cual respondió correctamente, siendo alimentada por el generador termoeléctrico, como lo demuestra la imagen de la figura 12.



Fig. 12. Radio en funcionamiento alimentada por el modelo de generador termoeléctrico desarrollado

7. Conclusiones

Al realizar el análisis de resultados obtenidos por el generador termoelectrico diseñado se puede apreciar claramente que este modelo es funcional ya que generó una buena tensión y a su vez mantuvo las 2 caras del generador bien aisladas la una de la otra, demostrando así que el diseño es correcto y la elección de materiales hecha también fue buena.

Los objetivos planteados al inicio del proyecto se cumplieron satisfactoriamente ya que se consiguió hacer funcionar correctamente y de gran manera el diseño del generador termoelectrico propuesto, y con esto, se demuestra que la idea general del proyecto es correcta.

A su vez, nos da una clara orientación de lo que el modelo puede producir si éste se diseña en emplazamientos que permitan obtener una gran diferencia de temperatura, como los desarrollados en este proyecto.

Existen algunas mejoras que se pueden aplicar a este diseño, las cuales no se han podido aplicar debido a la falta de presupuesto, y éstas son, implementar un radiador en la parte inferior del generador para que se enfríe de mejor forma la cara fría del generador, así como el uso de células termoelectricas con mayor rendimiento y resistencia, para que de esta manera produzcan mayor energía eléctrica.

8. Agradecimientos

Agradezco el apoyo de todos los que hicieron posible la realización de este proyecto así como de mi formación durante todos estos años.

9. Bibliografía

Redondo, J.M., (1995), "Termodinámica de los procesos irreversibles, efectos termoelectricos", Rev. Termoelectricidad.

Nolas, G.S., Sharp, J., Goldsmid, H. J., (2001) "Thermoelectrics, Basic Principles and New Materials Developments", Springer-Verlag New York, LLC

Melcor, "Thermoelectric Handbook"(2000), Laird Technologies

Fernández Salgado, José María, (2010) "Guía completa de la energía solar y termoelectrica", Antonio David Vicente Ediciones (4ª Edición)

<http://es.scribd.com/doc/16803737/Melcor-Thermoelectric-Handbook>

<http://www.kryotherm.ru/index.phtml?tid=81&type=&what>
=