



Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática.
Instrumentación Para El Control De Procesos Industriales



INSTRUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES.

EFFECTO PELTIER

Wilfredo Blancarte Lizárraga.
wil_blanarte@hotmail.com
ITESO CAMPUS UNIVERSITARIO:
Periférico Sur #8585, Tlaquepaque
Jal. México, CP:45090
28 de Septiembre del 2001

EFECTO PELTIER

El efecto peltier consiste en lo siguiente: Cuando se hace pasar una corriente por un circuito compuesto de materiales diferentes cuyas uniones están a la misma temperatura, se produce el efecto inverso al Seebeck. En este caso, se absorbe calor en una unión y se desprende en la otra. La parte que se enfría suele estar cerca de los 25° C, mientras que la parte que absorbe calor puede alcanzar rápidamente los 80° C.

Lo que lo hace aún más interesante es el hecho de que, al invertir la polaridad de alimentación, se invierte también su funcionamiento; es decir: la superficie que antes generaba frío empieza a generar calor, y la que generaba calor empieza a generar frío.

Gracias a los inmensos avances en el campo de semiconductores, hoy en día, se construyen sólidamente y en tamaño de una moneda. Los semiconductores están fabricados con Teluro y Bismuto para ser tipo P o N (buenos conductores de electricidad y malos del calor) y así facilitar el trasvase de calor del lado frío al caliente por el efecto de una corriente continua

Como todo en esta vida, las unidades peltier también tienen algunos inconvenientes que hay que tener en cuenta. Como pueden ser el alto consumo eléctrico, o que dependiendo de la temperatura y la humedad puede producirse condensación y en determinadas condiciones incluso puede formarse hielo.

PORQUE SUCEDE EL EFECTO PELTIER

Cuando dos metales distintos se ponen en contacto (soldadura) aparece una diferencia de potencial (V) debida a que los electrones libres de uno de los metales tienen más energía que los del otro. Cuando se hace pasar una corriente eléctrica por la soldadura si la dirección de la corriente es contraria a la ddp los electrones tienen que ganar energía y la extraen de los metales enfriando la soldadura. Mientras que si es a favor los electrones pierden energía cediéndola a la soldadura que se calienta.

La cantidad de calor producida por estos fenómenos (Efecto Peltier) viene dada por $Q = 0.24 \cdot V \cdot i \cdot t$ donde V es la ddp de contacto.

El efecto Peltier es reversible y es lo que da lugar al efecto termoeléctrico (Seebeck). Es decir cuando dos metales se sueldan formando un anillo (dos soldaduras) se puede producir una corriente eléctrica en el anillo si las dos soldaduras están a distinta temperatura.

QUIEN DESCUBRIO ESTE FENÓMENO

En 1834 cuando el físico francés Jean Charles Peltier descubrió este efecto termoeléctrico, en el curso de sus investigaciones sobre la electricidad.

Este interesante fenómeno se mantuvo reducido a algunas pequeñas aplicaciones hasta ahora época en que se comienza a utilizar sus posibilidades con mas frecuencia.

COMO SE APROVECHA ESTE FENÓMENO

La utilización común en los últimos año fueron las termo coplees. Recordamos que al calentarse producen una tensión que va en aumento al aumentar la temperatura. La pequeña tensión generada es amplificada y permite desviar una aguja en un micro amperímetro que indica temperatura versus la tensión recibida. El segundo fenómeno utilizable es el que ocurre cuando aplicamos una tensión en los extremos de los alambres soldados.

De igual manera este fenómeno se aprovecha con mas auge a través de las llamadas células Peltier: Alimentando una de estas células PELTIER, se establece una diferencia de temperatura entre las dos caras de la célula PELTIER, esta diferencia depende de la temperatura ambiente donde este situada la célula PELTIER, y del cuerpo que queramos enfriar o calentar. Su uso mas bien es para enfriar, ya que para calentar existen las resistencias eléctricas, que son mucho mas eficientes en este co- metido que las células peltier, estas son mucho mas eficaces refrigerando, ya que su reducido tamaño, las hace ideales para sustituir costosos y voluminosos equipos de refrigeración asistida por gas o agua.

CÉLULAS PELTIER

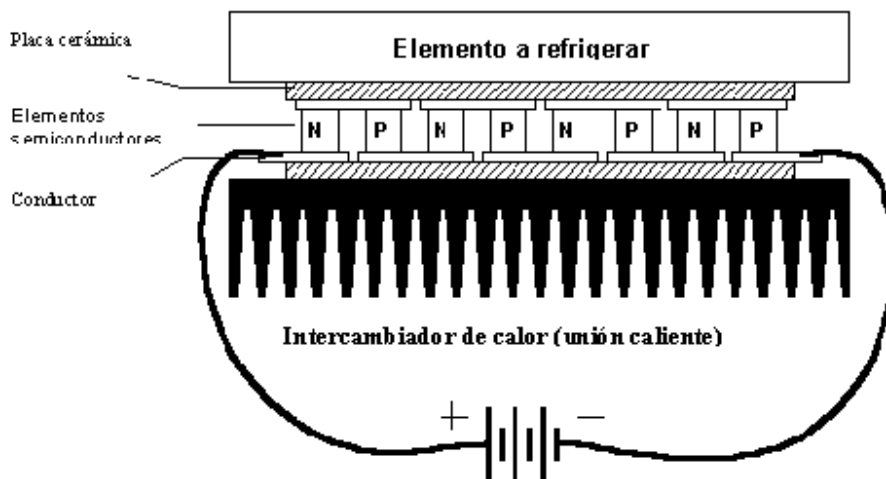
Las aplicaciones prácticas de estas células son infinitas. La lista podría ser interminable, ya que son muchas las aplicaciones en que es necesario utilizar el frío y al mismo tiempo, el calor.

Si observamos la figura, podemos ver que se compone, prácticamente, de dos materiales semiconductores, uno con canal N y otro con canal P, unidos entre si por una lámina de cobre.

Si en el lado del material N se aplica la polaridad positiva de alimentación en el lado del material P la polaridad negativa, la placa de cobre de la parte superior enfría, mientras que la inferior calienta.

Si en esta misma célula, se invierte la polaridad de alimentación, es decir, se aplica en el lado del material N la polaridad negativa y en el lado del material P la

positiva, se invierte la función de calor / frío: la parte superior calienta y la inferior enfría.

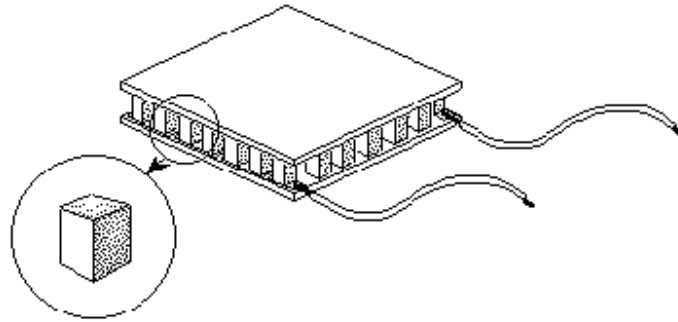


Un dispositivo de refrigeración convencional lleva tres elementos fundamentales: un evaporador, un compresor y un condensador. El evaporador representa la sección fría dentro de la cual el refrigerante, bajo presión, puede evaporarse. El paso del refrigerante de estado líquido a gaseoso necesita tomar calor de su entorno. El compresor funciona como una bomba para el refrigerante, que, comprimiéndolo, hace que pase de estado gaseoso a líquido, restituyendo su energía calórica. El condensador radia las calorías cedidas por el refrigerante, y el compresor, al exterior.

El módulo Peltier, por lo tanto presenta ciertas analogías con un dispositivo como este. Es, por lo tanto, una bomba de calor estática que no requiere ni gas ni partes móviles.

Físicamente los elementos de un módulo Peltier son bloques de **1mm** cúbico conectados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo (**ver figura**).

Los módulos Peltier también funcionan mejor o peor en función de la alimentación que requieran, ya que no todos funcionan con los mismos voltios ni amperios. Por consiguiente, cada tipo de módulo se alimenta con la tensión indicada por el fabricante, para evitar que se inutilice en un plazo breve.



Si tenemos en cuenta sus reducidas dimensiones, unos milímetros escasos, una sola célula puede alcanzar, como máximo una potencia frigorífica de 0,5 watts.

Es decir, que para conseguir potencias frigoríficas de 15 a 20 watts, hay que realizar baterías formadas, como mínimo por 30 o 40 células. De hecho, al aumentar el número de células, aumenta la superficie irradiante y, por lo tanto, la potencia refrigerante. En resumen, que tanto la dimensión como la potencia calorífica obtenida dependen del número de elementos utilizados por módulo.

Existen células Peltier con dimensiones y potencias diversas. También existen células aisladas y no aisladas, en función de que encima y debajo de las dos superficies exista, o no, una capa fina de material cerámico, necesario para aislar las láminas de cobre de las distintas células; por consiguiente estas dos superficies se pueden apoyar sobre cualquier plano metálico sin necesidad de aislantes, o no.

Si una célula Peltier está sin aislar será necesaria la utilización de una mica del tipo Sil-Pad, para poder transferir la energía. Este tipo de micas es caro, muy caro y difícil de conseguir. Por otro lado, las células ya aisladas tienen un material cerámico con una resistencia térmica muy baja, por lo que la pérdida de transferencia es insignificante.

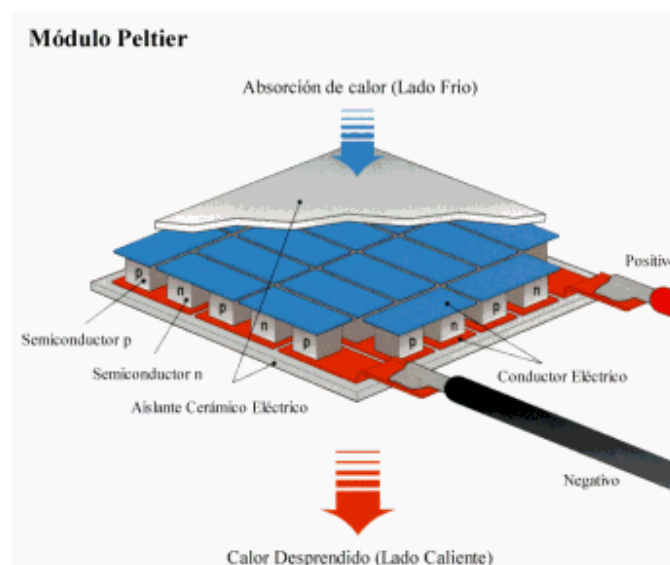
El frío o calor que puede generar un módulo Peltier viene especificado por el salto térmico (diferencia térmica, incremento, etc.) que indican sus fabricantes.

En teoría, un salto térmico de 70 grados significa que si el lado caliente de la célula se ha estabilizado a una temperatura de 45 grados, en el lado frío existe una temperatura de $45 - 70 = -25$ grados.

Por el contrario, si el lado caliente sólo alcanza 35 grados, en el lado frío hay una temperatura de $35 - 70 = -35$ grados

A nivel práctico, debido a las inevitables pérdidas de transferencia de calor entre célula y aleta de refrigeración es difícil alcanzar este salto térmico. Tampoco tiene un rendimiento lineal y son elementos muy pesados. Quiero decir con esto (no que pesen) que el rendimiento obtenido del funcionamiento del aparato es muy bajo.

Hoy en día, se construyen sólidamente y en **tamaño de una moneda**. Los semiconductores están fabricados con Teluro y Bismuto para ser tipo P o N (buenos conductores de electricidad y malos del calor) y así facilitar el trasvase de calor del lado frío al caliente por el efecto de una corriente continua.



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CELULA PELTIER:



LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE CARAS ES DE 70° C.

EJEMPLO DE MONTAJE DE UNA CELULA PELTIER:



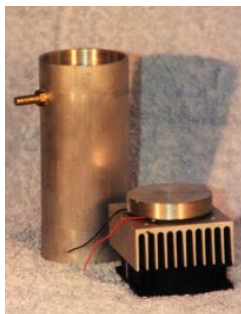
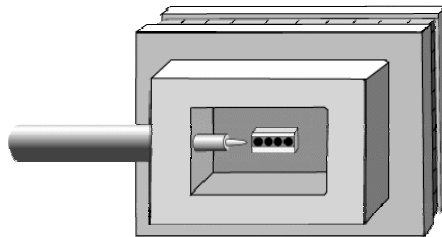
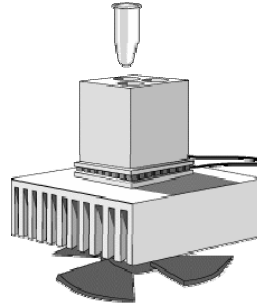
EJEMPLOS DE USO DE LOS MÓDULOS PELTIER

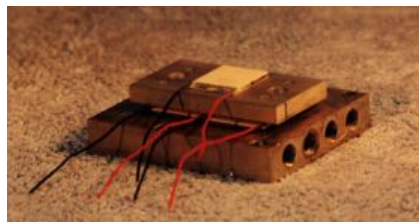
En el campo de la climatización hay equipos de aire acondicionado que controlan la temperatura y la humedad que disponen de instalaciones frigoríficas de compresión que emplean fluidos frigorígenos a base de compuestos de flúor y de cloro que en mayor o menor medida atacan a la capa de ozono. También se han desarrollado equipos que deshumidifican el aire empleando absorbentes químicos y equipos de compresión, en general de potencias de deshumidificador grandes.

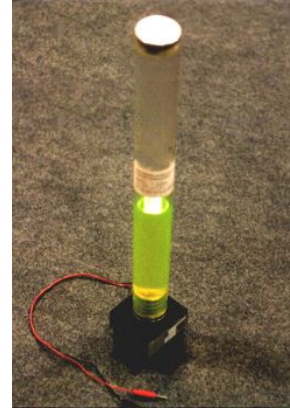
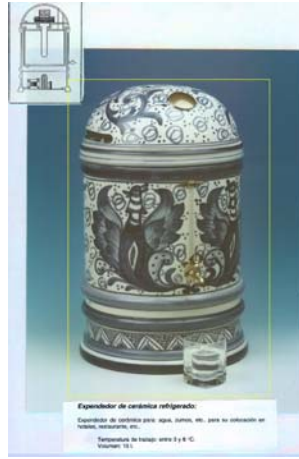
En el campo de las potencias bajas de un a cinco litros se ha pensado que equipos de deshumidificación formados por pastillas de efecto Peltier y acumuladores térmicos con cambio de fase a temperaturas más bajas del punto de rocío deseado podrían ser interesantes y competitivos, procediéndose a realizar unos prototipos y patentar el sistema. Se supera la carencia de la deshumidificación de una sala o estancia y el disponer un equipo portátil y ecológico.

La tecnología presentada consiste en hacer pasar aire de un local, habitación, etc., aspirado por unos ventiladores, a través de unos acumuladores de frío, que se enfrían mediante efecto Peltier, recogiendo el agua condensada en el sistema en una bandeja inferior. Es un equipo compacto de sobremesa, muy adecuado para controlar la humedad en climas húmedos, del cual se han eliminado ruidos y vibraciones, evitando las partes móviles de los compresores que llevan los actuales deshumidificadores y los fluidos frigorígenos, como posibles contaminaciones medioambientales.

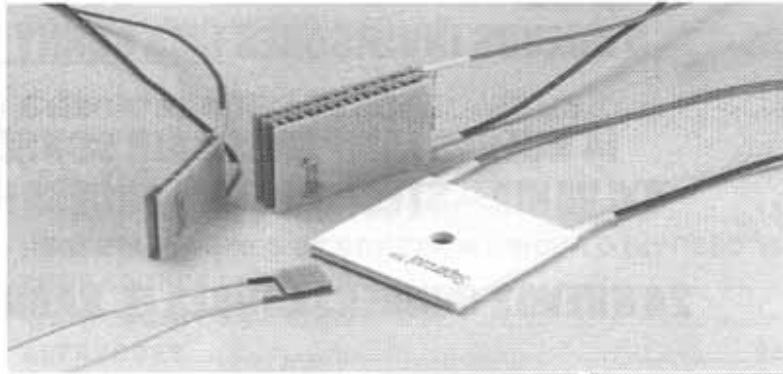
EJEMPLOS DE PRODUCTOS QUE USAN MÓDULOS PELTIER



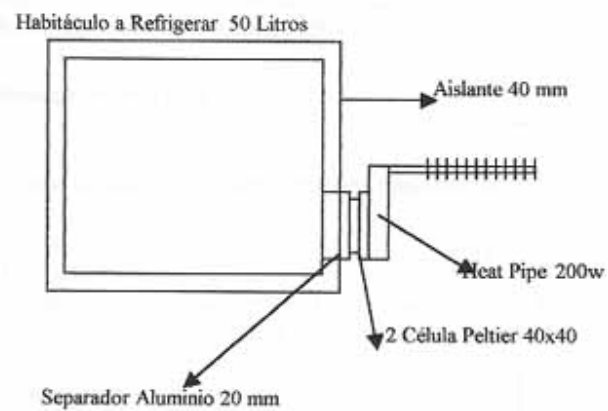
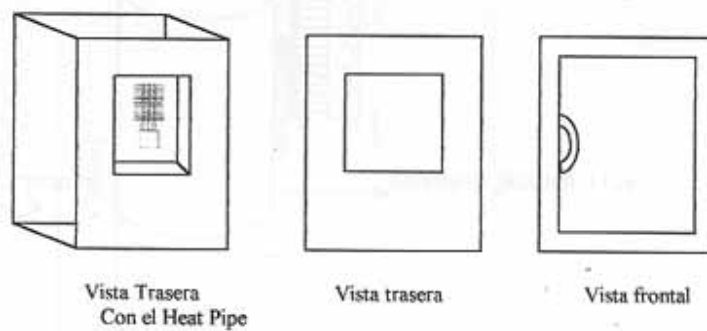




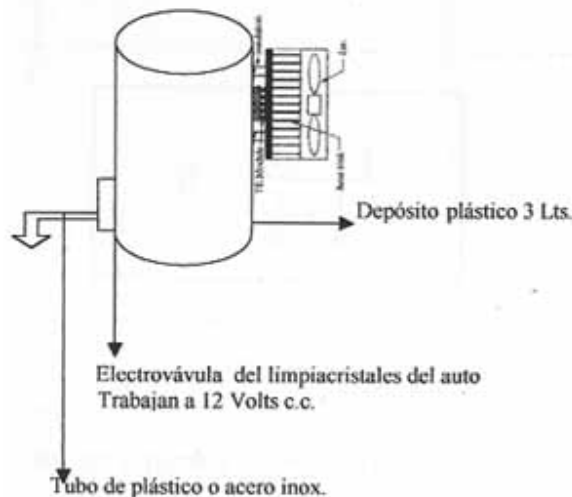
MUESTRAS DE CÓMO SE VEN LAS CELULAS PELTIER



EJEMPLO DE MONTAJE DE UNA CELULA PELTIER PARA UN MINI-BAR:



EJEMPLO DE MONTAJE DE UNA CELULA PELTIER PARA UN DEPOSITO DE AGUA:



PELIGROS DE LOS ENFRIADORES PELTIER

Si bien un enfriador Peltier puede ser una perfecta solución térmica, si el diseño es insuficiente o los ventiladores están instalados inadecuadamente puede ser peligroso. He aquí relacionados algunos de los peligros:

Sobrecalentamiento: Los enfriadores Peltier vienen con un disipador y un ventilador. Si el ventilador falla, esto es mas peligroso que con un disipador convencional. Debido a que el calor del elemento Peltier, puede sobrecalentarse y dañar nuestro producto.

Problemas eléctricos: Si se está utilizando en un CPU para enfriar el mismo, el elemento Peltier consume una potencia eléctrica importante, posiblemente mas de lo que pueda suministrar la fuente de alimentación. Esto es especialmente un problema al arrancar un sistema: Mientras los discos duros alcanzan velocidad, estos utilizan mas potencia, y si el Peltier inicia consumiendo esta potencia al principio, esto puede ser un problema. Los buenos enfriadores Peltier resuelven este problema arrancando los elementos Peltier después de cierto tiempo, cuando el CPU está caliente. Otro problema puede ser el cableado eléctrico del elemento Peltier - si es demasiado fino (como algunos Peltiers baratos). Este puede no ser suficiente para poder con los requerimientos del Peltier y se sobrecalentará. También, obsérvese que el enfriador Peltier debe tener una línea dedicada desde la fuente de alimentación.

Hasta cuando dura un elemento Peltier ?

Un elemento Peltier por si mismo dura mucho tiempo. De hecho existen personas que han utilizado elementos Peltier durante muchos años sin problemas. Es poco probable que el elemento Peltier deje de funcionar; sin embargo, como con otros disipadores, el ventilador si que puede dejar de funcionar - y este es el mayor problema.

PRACTICA CON MÓDULO PELTIER:

MÓDULO PELTIER

OBJETIVO

Estudio de los efectos Seebeck y Peltier en un módulo de 71 pares termoeléctricos en serie del semiconductor Bi_2Te_3 .

MATERIAL NECESARIO

- caja del módulo Peltier - 2 polímetros
- óhmetro - fuente de alimentación DC de 2.5 A y 12 V.
- cables de conexión - hielo y recipiente para el baño hielo-agua

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

El módulo termoeléctrico o módulo de Peltier de la práctica consta de dos uniones de materiales semiconductores tipo n y tipo p que forman a manera de termopares y que están incluidos entre bloques metálicos de cobre, en la figura señalados por sus temperaturas T_1 y T_2 , que actúan como sumideros de calor. Hasta un total de 71 pares de este tipo están situados entre ambos bloques. El número de uniones es grande para hacer más patente los efectos termoeléctricos.

Un termopar es un circuito eléctrico formado por dos conductores que tienen distinta densidad de electrones en función de la temperatura. En nuestro caso (Fig. 1), telururo de bismuto (Bi_2Te_3) semiconductor tipo *p* y tipo *n* proporciona esta diferente concentración de electrones. Al estar en contacto eléctrico diferencias de temperatura entre las uniones produce una corriente termoeléctrica entre los dos conductores. Esto se llama *efecto Seebeck*. El efecto contrario se consigue al pasar

una corriente eléctrica por las uniones, creándose una diferencia de temperaturas entre las uniones de diferentes conductores: este es el efecto *Peltier*. Si se invierte el sentido de la corriente, se invertirá asimismo que bloque se calienta y cual se enfría.

Este circuito está aislado eléctricamente de los bloques metálicos y a la vez con el mejor contacto térmico posible; de este modo la temperatura de cada bloque será la de las uniones.

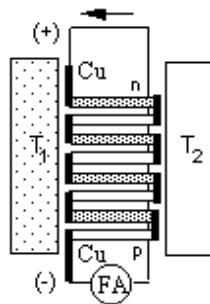


Figura 1.- Esquema del módulo. T₁ y T₂ temperaturas de los bloques. FA fuente de alimentación.

La diferencia de temperatura entre los bloques $\Delta T = T_2 - T_1$ genera la fem térmica (efecto Seebeck)

$$E_T = \alpha \Delta T,$$

en donde α es la potencia termoeléctrica del módulo (71 veces mayor que la potencia termoeléctrica de un par p-n). En el circuito de la Fig. 1 tenemos un módulo y una fuente de alimentación (FA). Para determinar la corriente eléctrica I hemos de tener en cuenta la fem térmica del módulo y la diferencia de potencial V entre los bornes de la FA, es decir

$$V - \alpha \Delta T = R_{\text{módulo}} I$$

en donde R_{módulo} es la resistencia eléctrica del módulo.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Una corriente de agua fría, impulsada por una bomba, mantiene el bloque 1 a temperatura próxima a 0 °C. El bloque 2 alcanzará una temperatura elevada (35-60

°C) por la acción de una resistencia de calefacción embutida en él, o por efecto Peltier.

En esta práctica vamos a estudiar el circuito del módulo termoelectrico en dos situaciones: (A) en circuito abierto; (B) en circuito cerrado.

(A) EN CIRCUITO ABIERTO

Prepara el montaje mostrado en la Fig. 2: la FA se conecta a la resistencia eléctrica embutida en el bloque 2. El circuito eléctrico del módulo queda abierto: el voltímetro medirá la tensión V entre los terminales (+) y (-). El óhmetro (\square) mide el valor de la resistencia de los termistores (R_1 y R_2) colocados en los bloques; así podremos conocer las temperaturas T_1 y T_2 .

El procedimiento a seguir se inicia preparando el baño agua + hielo que ha de refrigerar el bloque 1. **Al poner en marcha la bomba, se ha de comprobar que el agua circula; en caso contrario se debe cebar la bomba.** En tres o cuatro minutos R_1 alcanza valores mayores de los 207 Kohm, es decir $T_1 < 10^\circ\text{C}$.

A continuación se ajusta la tensión de salida de la FA a unos 8 V. El bloque 2 se calentará por encima de la temperatura ambiente. A partir de este momento toma datos durante 10 minutos, a intervalos de 60 s, de las tres magnitudes R_1 , R_2 y V . Representa los resultados V frente a $\square T$ y calcula la potencia termoelectrica del módulo. Ten presente que es importante que la línea de regresión $V = \square \square \square T$ pase por el origen.

Nota sobre seguridad: En este montaje la FA no debe trabajar con un potencial de salida superior a 8 V. Caso contrario el bloque 2 alcanzará temperaturas elevadas dañando al módulo.

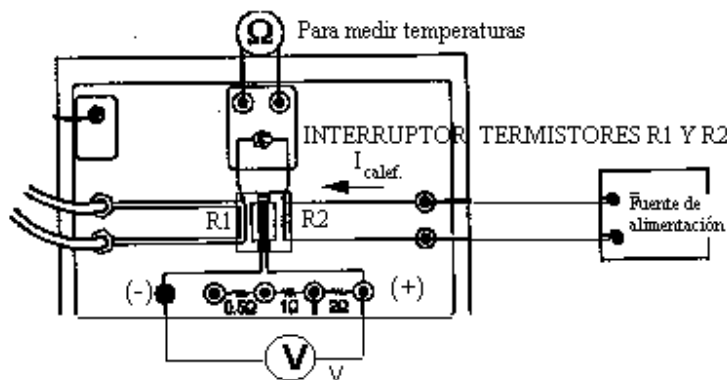


Figura 2.- Funcionamiento del módulo en circuito abierto.

(B) CIRCUITO CERRADO

El procedimiento a actuar es el siguiente:

1) Monta el circuito de la Fig. 3 sin encender la FA. **¡¡¡No intercales en el circuito ninguna resistencia de carga (1, 2 o 3 ohm) . Se fundirían!! No tengas inconveniente en llamar al profesor para que te revise el montaje.** La refrigeración del bloque 1 continua como en el apartado anterior.

2) Durante un breve tiempo enciende la FA y ajusta la intensidad a un valore próximo a 1,0 A. Esta magnitud la lees en la pantalla del amperímetro embutido en la FA.

3) Conecta de modo permanente la FA y anota durante 10 minutos, a intervalos de 60 s, los valores de las siguientes magnitudes R_1 , R_2 , V , I . El valor de I suele mantenerse constante; en caso de que varíe modifica la posición del botón intensidad en la FA. En estas condiciones se cumple $V = \square\square\square T + R_{\text{modulo}} I$

Nota sobre seguridad: Se debe interrumpir la experiencia cuando se midan valores de R_1 o R_2 menores de 22.5 Kohm. De este modo ninguno de los bloques superará el límite de los 60 °C.

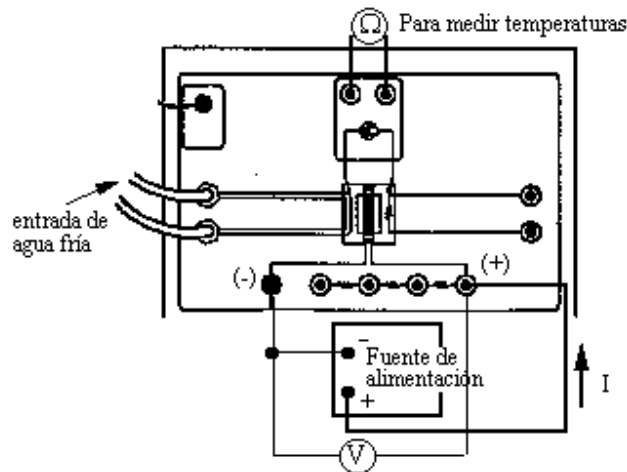


Figura 3.- Esquema de funcionamiento en circuito cerrado.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A) Experiencia en circuito abierto. En estas condiciones se cumple $V = \square\square\square T$. Con los valores T_1 , T_2 y V representa la recta de regresión $V = f(\square T)$. A continuación calcula la potencia termoeléctrica del módulo \square . Ten presente que es importante que la línea de regresión $V = \square\square\square T$ pase por el origen.

B) Experiencia en circuito cerrado. En estas condiciones se cumple $V = \rho \frac{L}{A} I + R_{\text{modulo}} I$. Con los valores T_1 , T_2 , V , I y ρ (esta última ha sido calculada en el apartado anterior) determina la ecuación de la recta $y = f(x)$; y $\int V \times \int \Delta T$. Como I se ha mantenido constante calcula el valor de R_{modulo} . Representa también T_i ($i = 1,2$) respecto al tiempo.

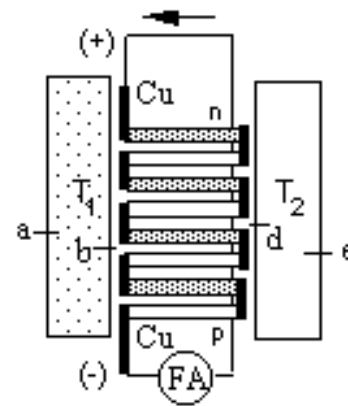
C) En el circuito del módulo, el flujo de energía tiene el mismo sentido que el flujo de corriente eléctrica I . En cada parte del circuito, según sea el material del que está hecho, el flujo de energía es distinto; por lo tanto tenemos tres valores de flujo de energía J_{Cu} , J_n y J_p . Con esta ayuda responde a las siguientes preguntas:

c1) El flujo de energía J_n ¿es mayor o menor que J_p ?

c2) El flujo de energía J_n ¿es mayor o menor que J_{Cu} ?

c3) Señala el sentido de los flujos de energía en a (entre el exterior y el bloque 1), b (entre el bloque 1 y el módulo), d (entre el módulo y el bloque 2) y e (entre el bloque 2 y el exterior).

c4) Los flujos de energía en a, b, d y e son flujos de calor. Los flujos J_{Cu} , J_n y J_p son flujos de energía pero no de calor: ¿por qué?



Nota: Para calcular T ($^{\circ}\text{C}$) a partir de R ($\text{K}\Omega$) puedes utilizar la relación

$$T = - 273.15$$

COMENTARIOS

Solo quisiera comentar que este efecto tiene un campo de aplicación enorme en el cual se puede explorar fácilmente debido a la flexibilidad con que se puede utilizar el fenómeno y a la relativamente fácil reproducibilidad de los dispositivos a diseñar.

También quiero agregar que se anexa a esta investigación un archivo del tipo pdf en el cual viene explicado paso por paso todos los efectos que intervienen dentro de los módulos de Peltier. Me tome la libertad de anexar este documento debido a que la información contenida es muy interesante y mucho mas explicativa que el presente reporte.

BIBLIOGRAFÍA:

- <http://www.upc.es/AIT/>
- Thermolyte Coporparation
<http://www1.shore.net/~temodule/tlyte.htm>
- ElectraCool
<http://www.electracool.com>
- KryoTherm
<http://www.kryotherm.spb.ru/>
- <http://www.telepolis.com/cgi-bin/t30/!DISTRITOSEC?distrito=Overclocking&pag=3>
- <http://www.oak.es/descrip.htm>
- <http://www.nto.org/curso/peltier.html>

- CCD Astronomy. Construcción y uso de una cámara CCD astronómica. (Christian Buil)
- Todo Electrónica. La revista de electrónica para todos.
- Emilio. Ibi (España). ecarbonellz@nexo.es

- "Física General" de S. Burbano de Ercilla. ISBN 84-7078-376-9
Antonio Gros. Ceuta (España)

- <http://www.canaletas.es/peltier.htm>

- http://www.digital.arrakis.es/aplicac_peltier.htm

- <http://www.geocities.com/acuariogratis/electronica/peltier.html>



Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática.
Instrumentación Para El Control De Procesos Industriales

- <http://www.qsl.net/ea3dlv/Info/peltier.htm>
- ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL DE MADRID.
Departamento de Electrónica, Automática e Informática Industrial.