



La moderna tecnología
de refrigeración Peltier
¿Sustituirán los módulos Peltier a los compresores?

Resumen

Los elementos Peltier son componentes termoeléctricos capaces de bombear calor de forma reversible en una dirección definida. Aunque el principio es de sobra conocido, los modernos materiales semiconductores de la tecnología Peltier han contribuido a su consagración.

Los puntos fuertes de la tecnología Peltier son la escalabilidad de los elementos de refrigeración, la posibilidad de operar en cualquier lugar, su fiabilidad y el control preciso de la dosificación. Además, los elementos Peltier funcionan sin partes móviles y, por lo tanto, sin vibraciones ni ruidos. Una de sus principales ventajas frente a las máquinas frigoríficas convencionales con compresor es que no se emplean refrigerantes inflamables o nocivos para el medio ambiente. Sin embargo, la capacidad y eficacia máximas de los sistemas de refrigeración Peltier son considerablemente más bajas que las de los sistemas con compresor. Habría que contar con unos costes energéticos significativamente superiores en los equipos de refrigeración y congelación estándares y asumir una pérdida calorífica mayor.

Con sus particulares características, la tecnología Peltier ofrece un amplio rango de aplicaciones especiales. No obstante, no sustituirá a los compresores, por ejemplo en los frigoríficos domésticos, debido a su escasa rentabilidad.

Índice

2 Resumen

4 Efectos termoeléctricos

Historia

Propiedades físicas

6 Aplicación técnica de la refrigeración termoeléctrica

Estructura de un elemento Peltier

Estructura de un módulo Peltier

Control de un sistema Peltier

9 Comparación de las tecnologías de refrigeración

11 Ámbitos de aplicación de la tecnología Peltier

13 Conclusiones finales

14 Nota legal

Efectos termoeléctricos

Historia

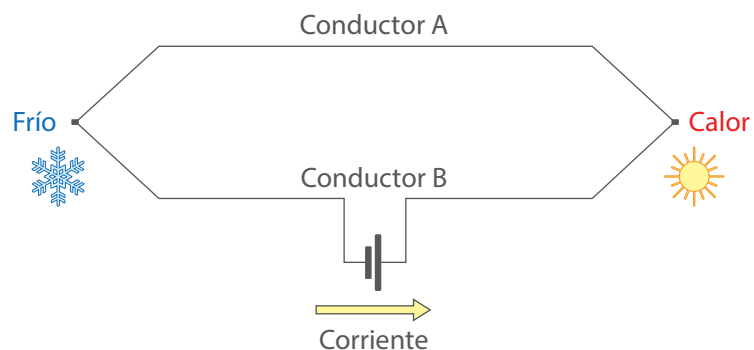
El efecto Seebeck

El físico de origen alemán-Báltico, Thomas Johann Seebeck (1770 – 1831), descubrió en el año 1821 que la aguja de una brújula se desviaba en un circuito conductor cerrado compuesto por dos metales diferentes cuando los puntos de contacto del conductor estaban a diferentes temperaturas. El físico danés Hans Christian Ørsted trató en la misma época el fenómeno del electromagnetismo e interpretó correctamente el efecto "termomagnético" de Seebeck como efecto "termoeléctrico", esto es, una corriente eléctrica provocada por una diferencia de temperatura que da origen a su vez al campo magnético observado por Seebeck.

El efecto Peltier

Solo trece años después del descubrimiento del efecto termoeléctrico, el físico francés Jean Charles Athanase Peltier (1785 – 1845) observó el efecto opuesto: el establecimiento de una diferencia de temperatura en los puntos de contacto de dos conductores eléctricos diferentes en el flujo de una corriente eléctrica.

Por aquel entonces Peltier no tenía todavía la explicación correcta para este efecto, a la que llegaría finalmente el físico británico-irlandés William Thomson (también conocido como Lord Kelvin, que dio nombre a la unidad de temperatura del Sistema Internacional) en el año 1860 con su teoría de la termodinámica.



Efectos termoeléctricos

Propiedades físicas

La termopotencia

Los efectos termoeléctricos son fundamentalmente diferentes fenómenos vinculados por una constante de materia común. La llamada termopotencia Q se diferencia en los conductores metálicos solo por unos pocos $\mu\text{V/K}$. Sin embargo, para la aplicación técnica del efecto Peltier se requieren algunos conductores eléctricos con una tensión termoeléctrica mucho mayor. Hasta ahora solo se han hallado determinados semiconductores que cumplen estas condiciones a temperatura ambiente.

El coeficiente Peltier Π es el producto de termopotencia y temperatura (relación Kelvin):

$$\Pi = Q \cdot T$$

La cantidad de calor liberada entre dos conductores en la interfase por el efecto Peltier se calcula así

$$W = (\Pi_A - \Pi_B) \cdot I$$

El flujo térmico (W) depende de la diferencia de los coeficientes Peltier y es proporcional a la corriente eléctrica I . El signo del flujo térmico depende de la dirección de la corriente. Un signo negativo indica absorción de calor en los puntos de contacto.

Sin embargo, con el aumento de la corriente la pérdida eléctrica crece más rápidamente que la transferencia de calor por el efecto Peltier. En consecuencia, la potencia de refrigeración aumenta a partir de una intensidad de corriente determinada a pesar de que la corriente no continúe aumentando, sino que incluso baje.

La refrigeración termoeléctrica

El efecto Peltier puede aplicarse a la refrigeración desde el punto de vista técnico. Frente al lado refrigerante con temperatura T_0 hay un depósito de calor con temperatura T_1 .

$$(T_0 - T_1)_{\text{máx}} = 1/8 \cdot (\Pi_A - \Pi_B) \cdot \sigma/\lambda$$

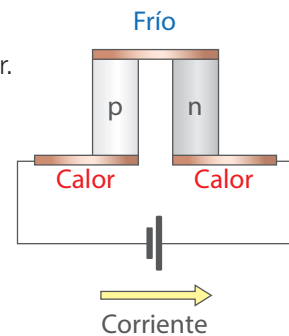
La diferencia de temperatura máxima alcanzable es proporcional a la conductividad eléctrica σ e inversamente proporcional a la conductividad térmica λ , esto es, dos propiedades contrarias. Precisamente esto plantea, junto con la tensión termoeléctrica necesaria, el segundo reto para la aplicación técnica del efecto Peltier, ya que la mayoría de los buenos conductores eléctricos son también buenos transmisores del calor.

Aplicación técnica de la refrigeración termoeléctrica

Estructura de un elemento Peltier

Termopar

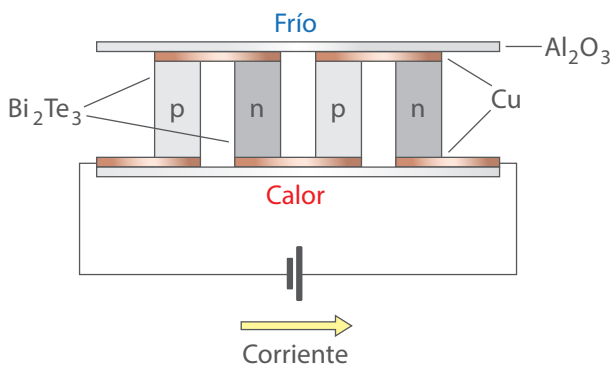
El componente más pequeño de un termoelemento es el termopar. Consta de dos conductores eléctricos con coeficientes Seebeck muy diferentes para producir la mayor tensión termoeléctrica posible. El material utilizado principalmente son bloques semiconductores unidos con cobre en los extremos. El material más apropiado hasta la fecha para aplicaciones a temperatura ambiente es una aleación de bismuto y telurio en dopaje de tipo N y P.



Termoelemento

Un elemento Peltier moderno consta de una variedad de termopares conectados en serie eléctricamente a través de puentes de cobre. Los puentes de cobre de cada lado están unidos térmicamente entre sí mediante placas cerámicas (principalmente, alúmina), pero están aislados eléctricamente entre sí.

Incluso utilizando un material semiconductor dopado de tipo P y N, no se trata de "tecnología de semiconductores" en sentido estricto, como sí se da, por ejemplo, con los diodos semiconductores. En ese caso, ambos semiconductores tienen que estar en contacto directo para bloquear el flujo de corriente en una dirección. Sin embargo, esto no es útil en el elemento Peltier y los diferentes semiconductores están generalmente unidos entre sí por puentes metálicos. Por eso, se prefieren los semiconductores a otros materiales conductores, porque en este

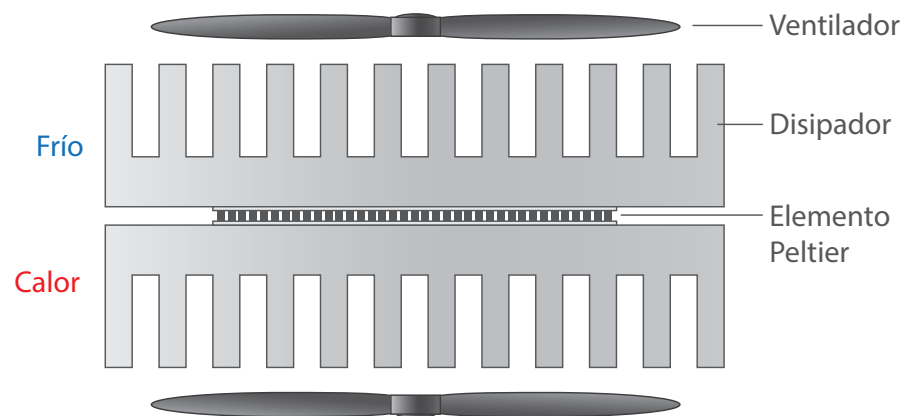


grupo de materiales se han encontrado componentes con elevada tensión termoeléctrica que conducen muy bien la electricidad, pero aíslan térmicamente. Solo así es posible separar de forma eficaz el lado frío del caliente y producir una diferencia de temperatura aprovechable.

Aplicación técnica de la refrigeración termoeléctrica

Estructura de un módulo Peltier

Un módulo Peltier consta de uno o varios elementos Peltier y de disipadores acoplados térmicamente. La potencia eléctrica aplicada a las bombas se transforma irreversiblemente en calor en los elementos Peltier y debe dispersarse de manera efectiva. Asimismo, los elementos Peltier bombean calor de manera reversible, de un lado al otro, según la dirección de la corriente. Por lo tanto, en un lado se consigue una captación de calor que, sin embargo, es considerablemente inferior al calor absorbido en el otro lado. Por consiguiente, el intercambio térmico debe realizarse mediante disipadores de grandes dimensiones que se ajustan a ambos lados del elemento Peltier transmitiendo calor. Por lo general, unos potentes ventiladores evacúan el aire calentado o enfriado.



Aplicación técnica de la refrigeración termoeléctrica

Control de un sistema Peltier

A menudo, los elementos Peltier se regulan con modulación por ancho de pulsos, mediante la cual la intensidad media de la corriente está controlada por la longitud de los pulsos de corriente de alta frecuencia. El control de la tensión también es un método habitual. Sin embargo, apenas se utiliza el control sí/no simple porque supone una gran carga para el elemento Peltier y un considerable acortamiento de su vida útil.

Estrés térmico

Aunque es posible controlar los módulos Peltier invirtiendo simplemente la polaridad, es necesario comprender bien las consecuencias. Cuando se invierte la dirección de la corriente, antes de que se haya establecido una desviación de temperatura en el elemento Peltier, se ejerce un enorme estrés térmico sobre el componente. Los fabricantes de chips Peltier prueban la resistencia cíclica de sus productos mediante la inversión directa de la polaridad, provocando una caída tras varios cientos de ciclos. Es posible aumentar la resistencia cíclica mediante determinadas modificaciones.

En el ámbito científico, donde resulta especialmente importante la estabilidad a largo plazo y la fiabilidad, no suele aceptarse este acortamiento de la vida útil.

Comparación de las tecnologías de refrigeración

Los puntos fuertes de los sistemas Peltier

Los elementos Peltier son muy fiables, duraderos y apenas requieren mantenimiento porque carecen de piezas de desgaste móviles. Además, funcionan sin provocar ruidos ni vibraciones. Su estructura puede ser pequeña y ligera, incluso cuando se agrupan varios módulos en un elemento. Otra ventaja que presentan es que su fabricación resulta económica. Los sistemas Peltier no contienen refrigerantes inflamables, perjudiciales para la capa de ozono ni con potencial de calentamiento atmosférico. Se suprime todo el circuito de refrigeración con compresor, bobina y grandes componentes como evaporadores y condensadores. Los elementos Peltier no necesitan mantenimiento y, en caso de avería, pueden sustituirse fácil y rápidamente. Gracias a la moderna tecnología de control, es posible dosificar el efecto refrigerante con mayor precisión que con un compresor convencional. Además, invirtiendo la polaridad es posible alterar la función, es decir, se puede crear un elemento calefactor eficiente a partir de un elemento refrigerante.

Los puntos débiles de los sistemas Peltier

En los módulos Peltier es técnicamente imposible evitar que el lado caliente y el frío estén muy próximos entre sí. En la práctica, los módulos Peltier actuales tienen un grosor de solo 3 a 5 mm. Esta distancia hace necesario que el calor tenga que transmitirse de forma muy efectiva hacia dentro y hacia fuera. Desde el punto de vista técnico, esto se realiza mediante grandes disipadores con ventiladores.

La potencia de un módulo Peltier depende directamente de la diferencia de temperatura deseada. Cuanto mayor es la diferencia de temperatura, menor será la potencia de la bomba, hasta que (en el estado actual de la tecnología Peltier) se interrumpe completamente en aprox. 70 K. Unas diferencias de temperatura mayores solo pueden efectuarse de forma costosa con elementos multietapas.

Comparación de las tecnologías de refrigeración

Eficiencia energética

Los elementos Peltier pueden absorber calor por un lado y desprenderlo por el otro. El medio que se utiliza para este proceso de bombeo reversible es la corriente eléctrica o su portador de carga. La corriente funciona, en cierto sentido, como medio refrigerante en el circuito de refrigeración y la potencia de la bomba es, idealmente, proporcional al flujo de corriente. Es inevitable que esta corriente en el elemento Peltier con su propiedad de resistencia óhmica se transforme de forma irreversible en calor Joule. Esta generación de calor no solo representa una pérdida de potencia, sino que además el calor perdido acumulado en el lado frío debe compensarse mediante la potencia de la bomba antes de que se produzca potencia frigorífica neta.

En la práctica hay que asumir que, en sistemas Peltier, multiplicar la capacidad de bombeo de calor supone una pérdida de potencia. Por el contrario, la potencia frigorífica de los sistemas de compresores prácticamente duplica el trabajo a invertir.

Ámbitos de aplicación de la tecnología Peltier

La moderna tecnología Peltier se aplica en todos los ámbitos en los que no es posible utilizar compresores debido a su tamaño, en los que la eficiencia energética desempeña un papel secundario o cuando solo es necesaria una pequeña potencia de refrigeración.

Hogar y tiempo libre

Las cajas refrigeradas operadas con sistemas Peltier son aptas para conservar alimentos y bebidas en coches o caravanas, ya que son móviles y pueden conectarse directamente a la toma de 12 V del vehículo.

Una desventaja fundamental de los módulos Peltier se aprovecha para los deshumidificadores. El aire a deshumedecer se conduce por el lado frío del módulo Peltier y el agua de condensación que surge se recoge en un recipiente.

Ciencia

Un buen ejemplo del control de temperatura Peltier es el termociclador, un equipo de laboratorio para multiplicar secuencias de ADN. Con la PCR (reacción en cadena de la polimerasa), se necesitan tres temperaturas de reacción diferentes en sucesión rápida.

Los sistemas de compresores no pueden modularse a voluntad. Sin embargo, los módulos Peltier pueden tener un tamaño diminuto y una increíble capacidad de refrigeración. Estos minúsculos elementos Peltier pueden, por ejemplo, utilizarse en escintiladores, donde el ruido de los fotodiodos debe reducirse mediante refrigeración.

Los sistemas de compresores habituales funcionan según su posición. Inclutados o colocados boca abajo, dejan de funcionar; igual que en estado de ingravidez. En cambio, con los módulos Peltier pueden construirse equipos móviles que funcionan con una batería de 12 V fácilmente adquirible. Ejemplo: densímetros, viscosímetros, reómetros o refractómetros.

Ámbitos de aplicación de la tecnología Peltier

Aplicaciones especiales

Los elementos Peltier irradian más calor cuando pueden bombear. Por eso, para los procesadores informáticos actuales se han introducido disipadores y elementos de transmisión de calor de alto nivel que eliminan exclusivamente el calor generado por el procesador. Solo se aplica la tecnología Peltier cuando la temperatura del procesador debe estar necesariamente por debajo de la temperatura ambiente.

Los módulos Peltier multietapa pueden generar una diferencia de temperatura de más de 100 K y se utilizan, por ejemplo, en sensores IR o higrómetros de espejo frío. Las cámaras de niebla de difusión para la detección de diferentes partículas (radiación alfa, electrones, positrones) requieren tanto refrigeración como calefacción. En estos casos, la tecnología Peltier resulta ideal.

Incubadoras refrigeradas

Recientemente, la tecnología Peltier se ha introducido en las incubadoras refrigeradas de los laboratorios. Para proveer bajas temperaturas constantes (por ejemplo, por debajo de los 10 °C), son menos aptos, pero para incubaciones en un rango de temperatura ambiente (15 – 30 °C) o en aplicaciones con entrada de calor, estos equipos pueden resultar económicos.

En estos casos, la mala eficiencia energética no tiene ninguna importancia, ya que la refrigeración funciona a un nivel bajo, sin que sea necesario recurrir a la potencia máxima. De este modo, el consumo energético medio puede situarse por debajo del de una incubadora refrigerada convencional y es posible ahorrarse la complejidad técnica de un sistema de compresores, con los inconvenientes que conlleva.

Conclusiones finales

La tecnología Peltier abre un mundo de nuevas posibilidades para aplicaciones específicas, especialmente cuando no se requieren ni potencia de refrigeración ni eficiencia energética máximas. Su escalabilidad y capacidad para funcionar en cualquier lugar permiten desarrollar equipos pequeños o portátiles. Con los módulos Peltier se puede controlar la temperatura de forma eficiente en gradientes mínimos de temperatura gracias a la dosificación precisa de la potencia frigorífica.

Debido a su elevado grado de eficacia y sus grandes reservas de potencia, los sistemas convencionales de refrigeración con compresores gozan de preeminencia en los equipos actuales de refrigeración y congelación, como los que se encuentran en hogares y laboratorios.

Aviso legal

| Autor

Jens Thielmann es licenciado en Biología y jefe de producto del área de Crecimiento y Almacenamiento de BINDER GmbH. Es responsable de producto para las diferentes incubadoras que se emplean en la investigación médica, científica y farmacéutica para la incubación de bacterias o cultivos celulares de mamíferos, así como de los congeladores a temperaturas ultrabajas para el almacenamiento estable de muestras sensibles a largo plazo.

| Descripción de la empresa

BINDER es el mayor especialista del mundo en cámaras de simulación para laboratorios científicos e industriales. Con sus soluciones tecnológicas, la empresa contribuye sustancialmente a una mejora permanente de la salud y la seguridad de la humanidad. La gama de productos es apta tanto para aplicaciones rutinarias como para tareas específicas de investigación y desarrollo, producción y control de calidad. BINDER cuenta con 350 empleados en todo el mundo y una cuota de exportación del 80 %. En 2012 alcanzó un volumen de ventas de 56 millones de euros.

| Contacto

BINDER GmbH
Im Mittleren Ösch 5
78532 Tuttlingen
Tel: +49(0)74 62-20 05-0
info@binder-world.com
www.binder-world.com

Aviso legal

| Bibliografía

MacDonald, D.K.C. (1962):

Thermoelectricity. An Introduction to the Principles. Wiley, Nueva York

Dugdale, J.S. (1977):

The electrical Properties of Metals and Alloys. Edward Arnold, Londres

Jäckle, J. (1998):

Über die Ursache der Thermospannung. Facultad de Física, Universidad de Constanza

| Enlaces de los fabricantes

www.tellurex.com

www.quick-cool-bibliothek.de

www.mecheltron.com

www.peltier.de

www.deltron.ch

www.dr.neumann-peltier.de

www.ferrotec.com

www.siteware.ch