

ترموالکتريک؛ آينده چيلرها

آرش تابع قانون

شرکت کار و اندیشه

در حال حاضر، از اثر پليتر در ساخت خنك‌کننده‌های ترموالکتريک کوچک برای مدارهای الکتريکی، ديوده‌های ليزر و ايجاد سرما در مصارف پزشکی، تحقیقاتی، آزمایشگاهی و همچنین یخچال‌های کوچک و بی‌صدا یا قابل حمل برای نگهداری مواد غذایی استفاده می‌شود؛ اما به‌علت راندمان پایین، تاکنون چيلر پليتر با ظرفیت بیشتر از يك تن به تولید انبوه نرسیده است. برای بالا بردن اثر پليتر در حجم کمتر از صفحاتی به نام صفحات ترموالکتريک^۲، که ده‌ها نیمه‌هادی با ابعاد کوچک در آنها به هم لحیم شده‌اند، استفاده می‌شود.

از مزایای این چيلرها می‌توان به ابعاد بسیار کوچک، قابلیت کنترل دما با دقت زیاد، عدم استفاده از گازهای مخرب محیط زیست و اطمینان بسیار بالای آنها اشاره کرد. در بعضی از مصارف علمی، تحقیقاتی و پزشکی کنترل دقیق دما بسیار حیاتی می‌باشد و چون چيلرهای پليتر از دقتی تا میزان ۰/۱ سانتی‌گراد برخوردارند، گزینه مناسبی برای این مصارف می‌باشند. در حال حاضر، حتی صفحات ترموالکتريک کوچکتر از يك سانتی‌متر مربع و ضخامت ۳ میلی‌متر نیز به تولید انبوه می‌رسند. ابعادی که صدها برابر کوچکتر از ظرفیت‌ترین چيلر تراکمی موجود است. چون در صفحات ترموالکتريک هیچ‌گونه قطعه متحرکی وجود ندارد، امکان خرابی آنها نسبت به دیگر چيلرها کمتر است.

البته افزایش دمای قسمت گرم این صفحات به آسیب جدی دستگاه از جمله ذوب لحیم موجود در محل اتصال دو فلز منجر می‌شود. لذا بهتر است برای جلوگیری از خرابی صفحات ترموالکتريک، در قسمت گرم آنها علاوه بر فین، از يك فن خنك‌کننده نیز استفاده شود. گرمایی که در این صفحات ایجاد می‌شود، گردد علاوه بر گرمای جابه‌جاشده، گرمای حاصل از عبور جریان الکتريسیته را نیز شامل می‌شود که میزان آن در يك صفحه ترموالکتريک معمولی حدود دو برابر گرمای جابه‌جاشده است. يك صفحه ترموالکتريک معمولی قابلیت تحمل یکصد درجه سانتی‌گراد گرما را دارد که در مدل‌های سفارشی حتی به بیش از دویست درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد.

در سال ۱۸۱۲م توماس جان سبیک به این موضوع پی‌برد که اگر در مداری متشکل از دو فلز متفاوت و متصل به هم، محل اتصال و دو سر فلزها در برابر دمای متفاوت قرار گیرد، قادر است عقربه قطب‌نما را به حرکت درآورد. در گام بعد، وی دریافت که حرکت عقربه در اثر میدان مغناطیسی حاصل از تولید جریان در این مدار به‌وجود آمده است. بعدها از این پدیده به‌عنوان اثر سبیک^۱ یاد شد که در ساخت مولد الکتريکی کاربرد دارد.

در سال ۱۸۳۴م، جین چارلز پليتر کشف کرد که عبور جریان برق از دو فلز متفاوت در دو سر دیگر آنها و در محل اتصالشان تولید گرما و سرما می‌نماید. این پدیده که به نوعی معکوس سبیک بود به‌عنوان اثر پليتر^۲ شناخته شد.

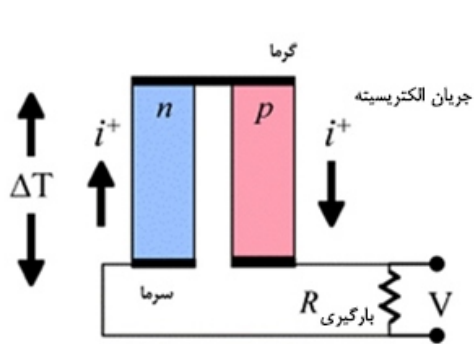
علت پیدایش این پدیده‌ها، پیچیده و خارج از حوصله این گزارش است و عدم استفاده فراگیر از آنها نیز راندمان بسیار پایین آنها برای تولید برق و جابه‌جایی گرماست. البته با گذشت زمان و استفاده از آلیاژهای جدید، راندمان آنها در حال افزایش می‌باشد.

در حال حاضر از اثر سبیک برای تولید الکتريسیته در برخی از ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی، که در فواصل دور از خورشید حرکت می‌کنند و امکان بهره‌مندی از پنل‌های خورشیدی را ندارند، استفاده می‌شود. الکتريسیته مورد نیاز با استفاده از گرمای حاصل از پلوتونیوم ۲۳۸ در راکتور به‌دست می‌آید. پلوتونیوم ۲۳۸ سرمایه‌ی موجود در این راکتورها، در حالت عادی آن‌قدر گرما تولید می‌کند که به‌صورت گداخته و کاملاً سرخ در آمده و حدود پنجاه سال است که در مأموریت‌های فضایی کاربرد دارد. این مولدها از دیگر قسمت‌های سفینه به‌عنوان منبع سرما استفاده کرده و گرمای اضافه را از طریق تشعشع به خارج از سفینه هدایت می‌نمایند. در برخی از ماهواره‌ها، صفحه خورشیدی و مولد ترموالکتريک توأمان به‌کار می‌روند، بدین‌صورت که قسمت گرم صفحات خورشیدی به‌عنوان منبع گرما و سمت دیگر صفحه واقع در سایه به‌عنوان منبع سرما مورد استفاده قرار می‌گیرند. گرما در سطوح سرد، از طریق تشعشع به بیرون هدایت می‌شود.

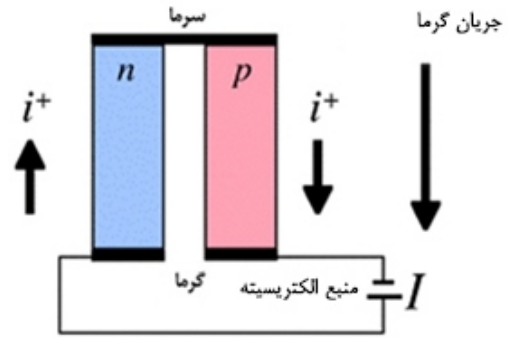
¹Seebeck

²Peltier

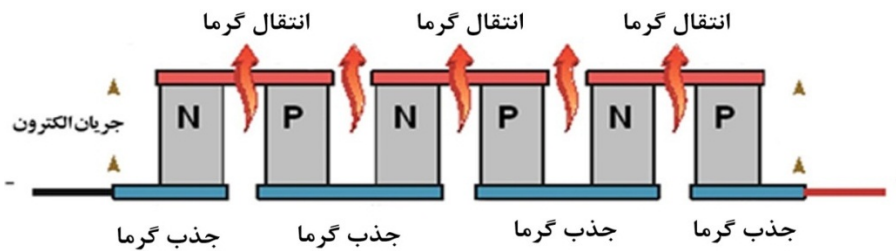
^۳برخی افراد این صفحات را با نام مدول خنك‌کننده می‌شناسند.



شکل ۲: اثر سبیک برای تولید جریان

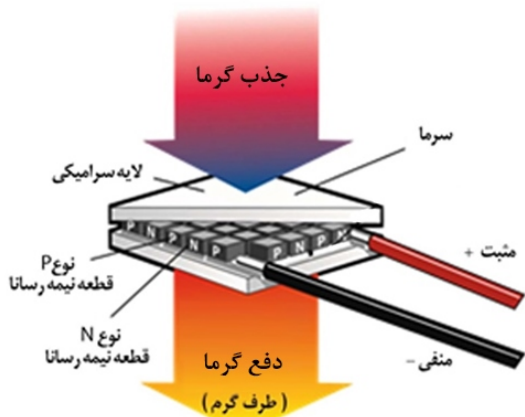


شکل ۱: اثر پلیر برای جابه‌جایی گرما



شکل ۳: نحوه اتصال نیمه‌هادی‌ها در یک صفحه ترموالکتریک

از طرف سرد و این بدان معناست که در صورت استفاده از یک بخاری که توسط این صفحات، گرما را به داخل هدایت می‌نماید، میزان برق کمتری نسبت به یک بخاری برقی معمولی مصرف می‌شود. مثلاً اگر ضریب عملکرد را یک‌سوم در نظر بگیریم، در قبال مصرف ۱۰۰ وات برق، توسط یک صفحه ترموالکتریک، ۱۳۳ وات گرما تولید و جابه‌جا می‌گردد؛ در صورتی‌که در یک بخاری برقی این مقدار ۱۰۰ وات می‌باشد. با این وجود، به‌خاطر قیمت ساخت بالای این صفحات و پیچیدگی‌های فنی دیگر، تاکنون این گرم‌کننده‌ها به تولید انبوه نرسیده‌اند. گفتنی است تغییر سبیک گرما و سرما، با تغییر جهت جریان الکتریسته صورت می‌گیرد. چیلرهای ترموالکتریک با وجود مزایای فراوان، برای استفاده در ابعاد وسیع مسیر طولانی را در پیش روی دارند و به‌نظر نمی‌رسد در آینده نزدیک بتوانند جایگزین مناسبی برای چیلرهای کمپرسوری باشند، اما می‌توان پیش‌بینی نمود با پیشرفت در ساخت صفحات ترموالکتریک با ضریب عملکرد بالاتر، نمونه‌های بزرگتر آن به تولید انبوه برسند.



شکل ۴: صفحه ترموالکتریک

ضریب عملکرد این نوع از چیلرها معمولاً حدود یک‌سوم است و این بدان معناست که هر کدام از آنها حدود ده برابر یک اسپلیت معمولی با ضریب عملکرد ۳ برق مصرف می‌کنند! از اینروست که کارشناسان استفاده از چیلر پلیر در ابعاد بزرگ را از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه نمی‌دانند. اما پرسشی که ممکن است برای برخی پیش‌آید این است که چرا به‌جای استفاده از فن و پره‌های فین، برای خنک‌کردن مدارهای الکتریکی مانند سی. پی. یو. کامپیوتر باید از این روش استفاده کرد؟

باید توجه داشت که فن در حالت ایده‌آل (که عملاً غیرممکن است) دمای فین‌های متصل به سی. پی. یو. را به دمای محیط کامپیوتر می‌رساند، در حالی‌که دمای کیس کامپیوتر به‌دلیل وجود مدارهای الکتریکی، همیشه بالاتر از دمای اتاق است. اما در صورتی‌که، یک صفحه ترموالکتریک بین سی. پی. یو. و فین‌ها قرار گیرد، دمای سی. پی. یو. با سرعت بیشتری به پایین‌تر از دمای اتاق می‌رسد.

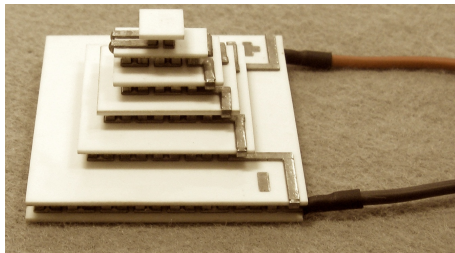
در یک صفحه ترموالکتریک معمولی اختلاف حرارت بین دو طرف سرد و گرم به حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد که با استفاده از فن و پره‌های فین در قسمت گرم، در دمای اتاق می‌توان به دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد دست یافت. برای رسیدن به دماهای پایین‌تر، از چیلرهای چندمرحله‌ای استفاده می‌شود که در آن چند صفحه ترموالکتریک به هم متصل هستند. در این نوع از چیلرها، صفحه دوم نه‌تنها باید گرمای جابه‌جاشده در قبال سرما را جذب نماید، که گرمای حاصل از عبور الکتریسته در صفحه اول را نیز باید جذب کند. از اینرو صفحات بعدی در چیلرهای چندمرحله‌ای معمولاً بزرگتر از صفحه اول است که تولید سرما می‌نماید.

همان‌طور که گفته شد، دمای طرف گرم این صفحات برابر است با مجموع گرماهای تولیدی در اثر عبور جریان الکتریسته و گرمای جابه‌جاشده

کافی خنک نشود، دمای مطلوب در قسمت سرد ایجاد نمی‌شود. همان‌طور که در شکل پیداست، از یک انگشت به‌عنوان مخزن آب و برای آب‌بندی، قسمت زیرین آن توسط روغن چرب گردید. با انجام آزمایش، یک چیلر کوچک و بسیار ساده با وزن ۳۲۰ گرم و قیمتی کمتر از صد هزار تومان ساخته شد. این در حالی است که با استفاده از یک رادیاتور کوچکتر، امکان کاهش بیشتر وزن نیز وجود داشت. به هر حال، ساخت چیلر تراکمی با این اوزان و در صورت امکان، کار بسیار پیچیده‌ای خواهد بود و این دقیقاً همان مزیت خنک‌کننده‌های ترموالکتریک است که در ظرفیت‌های پایین مصرف بالای انرژی را توجه می‌نماید.



شکل ۵: استفاده از خنک‌کننده ترموالکتریک با برق خودرو



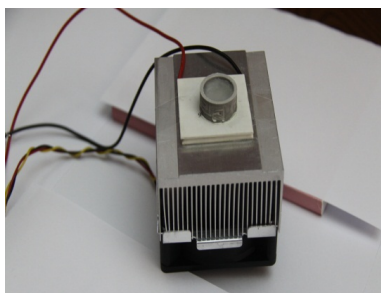
شکل ۸: خنک‌کننده شش مرحله‌ای ترموالکتریک



شکل ۹: قطعه یخ تولیدی بعد از برداشتن قالب

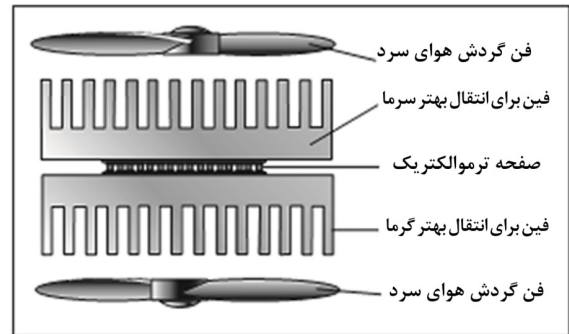


شکل ۱۰: اندازه‌گیری دمای یخ تولیدی

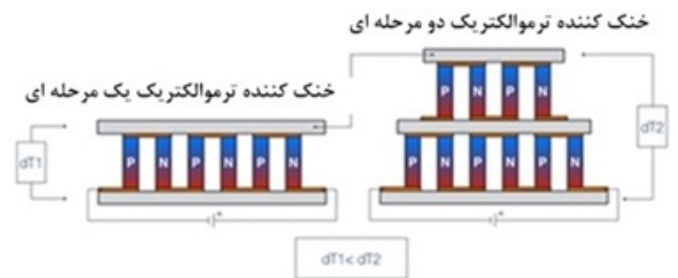


شکل ۱۱: یخ درون قالب

^۱جاذب گرما در این نوع از چیلرها، تا حدودی نقش کندانسور در چیلرهای تراکمی را بازی می‌کند، اما چون هیچ‌گونه میعانی در این قسمت انجام نمی‌شود ترجیح داده شد به‌جای کلمه کندانسور از واژه رادیاتور استفاده شود.
^۲از هیچ‌گونه عایقی برای جلوگیری از اتلاف سرما استفاده نشد.
^۳گرمترین نقطه محل تلاقی صفحه ترموالکتریک و رادیاتور است که ابزاری برای اندازه‌گیری آن وجود نداشت.



شکل ۶: اتصال به فین و فن در دو قسمت سرد و گرم یک صفحه ترموالکتریک برای بالا بردن توان و COP



شکل ۷: مقایسه عملکرد خنک‌کننده یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای

ساخت یخ با یک صفحه ترموالکتریک در کار و اندیشه

در آزمایشگاه شرکت کار و اندیشه، توسط یک صفحه ترموالکتریک این پدیده آزمایش شد. در طول آزمایش از طریق یک خنک‌کننده سی. پی. یو. کامپیوتری به‌عنوان رادیاتور^۱ قسمت گرم مورد استفاده قرار گرفت و با استفاده از یک صفحه ترموالکتریک با ابعاد ۴ × ۴ سانتی‌متر، دو سی. سی. آب در کمتر از ۷ دقیقه^۲ به یک قطعه یخ با دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد تبدیل شد. در این آزمایش دمای پره‌های اتاق ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دمای پره‌های فین در گرمترین نقطه قابل اندازه‌گیری، ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود.^۳ برای انتقال بهتر حرارت از صفحه به فین، یک لایه نازک روغن بین آن دو قرار گرفت. قبل از انجام آزمایش، دمای آب به زیر صفر نمی‌رسید؛ زیرا این صفحات قابلیت ایجاد اختلاف دما در وجوه خود را دارند و در صورتی که قسمت گرم به اندازه