

سیستم خنک‌کننده نوین هوای داخل اتاق خودرو

علی میرمحمدی

استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، a.mirmohammadi@srttu.edu

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۳

چکیده

در این مقاله نتایج پژوهشی مربوط به طراحی، ساخت و تست یک سیستم خنک‌کننده هوای نوین مخصوص خنک‌کردن اتاق خودرو ارائه شده است. این سیستم خنک‌کننده براساس خنک‌کنندگی ترموالکتریکی مواد با اثر پلتیر طراحی و ساخته شده است. سیستم ساخته شده نیاز به کمپرسور ندارد و بدون نیاز به سیال مبرد، خنک‌کنندگی داخل اتاق خودرو را انجام می‌دهد؛ بنابراین علاوه بر جلوگیری از انتشار مبردهای آلاینده در محیط زیست، مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. همچنین در این سیستم به دلیل عدم نیاز مستقیم به توان موتور، با تأمین انرژی مورد نیاز از باتری خودرو، پیک توان مصرفی خودرو در هنگام روشن بودن کولر به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. نتایج این مقاله نشان می‌دهد که با کمک خنک‌کننده ترموالکتریک می‌توان توان مصرفی مجموعه خنک‌کننده خودرو را بیش از ۵۰ درصد کاهش داد و با قطعاتی بسیار ارزان‌تر از سیستم خنک‌کننده موجود داخل اتاق خودرو را خنک کرد.

واژگان کلیدی: طراحی، ساخت، کولر ترموالکتریک، سیستم خنک‌کننده، اتاق خودرو

۱. مقدمه

خنک‌کننده‌ها یا تهویه مطبوع به طور معمول از سیستم‌های کنترل مکانیکی، الکترومکانیکی، الکتریکی و سیالی مانند کمپرسورها، تبخیرکننده‌ها، کندانسورها و فن‌ها برای تأمین گرمایش و سرمایش استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها علاوه بر سنگینی و پیچیدگی اجزاء، نیازمند فضای زیاد و تعمیر و نگهداری منظم می‌باشند. المان‌های ترموالکتریکی توانایی تأمین قابلیت‌های مشابه را بدون نیاز به قطعات و فضای زیاد دارند. به طور کلی آثار ترموالکتریک به تبدیل مستقیم اختلاف دما به ولتاژ الکتریکی و بالعکس آن برمی‌گردد. وقتی اختلاف دمایی مابین سطوح المان ترموالکتریکی به وجود آید، ولتاژی تولید می‌کند. وقتی ولتاژی به ترمینال‌های المان ترموالکتریکی اعمال

تمامی سیستم‌های معمول خنک‌کننده با تکیه بر سیال عامل کار می‌کنند و معمولاً از مبردهای شیمیایی، گازها یا آب برای گرمایش یا سرمایش محیط بهره می‌برند. چرخه‌های ترمودینامیکی سیستم‌های خنک‌کننده معمول عبارت‌اند از چرخه تراکمی که در آن ماده مبرد به تناوب تبخیر و چگالیده می‌شود؛ چرخه گازی که در آن ماده مبرد در تمام مراحل در فاز گاز باقی می‌ماند؛ چرخه تبرید جذبی که در آن ماده مبرد قبل از تراکم در مایعی حل می‌شود و نهایتاً چهارمین نوع سیستم خنک‌کننده نوع ترموالکتریکی است که ماده مبرد در آن استفاده نمی‌شود، بلکه عبور جریان الکتریکی از دو ماده غیرهمجنس گرما و سرما تولید می‌کند. سیستم‌های تنظیم‌کننده دما و شرایط محیطی نظیر

شود، میان سطوح آن اختلاف دما ایجاد می‌شود. در مقیاس اتمی، اعمال گرادیان دمایی سبب حمل شارژ در ماده برای نفوذ از طرف داغ به طرف سرد می‌شود [۱]. خنک‌کننده ترموالکتریکی با توجه به ساختار و سیستم عملکردی آن دارای مزایای زیر می‌باشد:

۱. چون در این سیستم از مبردهای سی. اف. سی. ۱، که به‌صورت بالقوه برای محیط زیست مضرند، استفاده نمی‌شود، مزایای زیست محیطی و ایمنی دارد
۲. نیاز به تعمیر و نگهداری آن اساساً چیزی نزدیک به صفر خواهد بود و برای خنک‌کردن قطعات حساس به ارتعاش مکانیکی گزینه ایده‌آلی محسوب می‌شود
۳. برای تولید در اندازه‌های کوچک مناسب است
۴. سبک است
۵. طول عمری طولانی دارد؛ متوسط زمان خرابی آن بیش از یکصد هزار ساعت اندازه‌گیری شده است

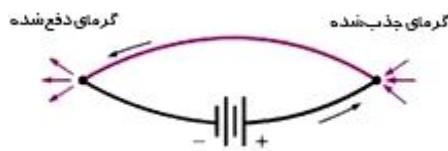
۶. با تنظیم مقدار ولتاژ/جریان به‌راحتی قابل کنترل است

در حال حاضر خنک‌کننده‌های ترموالکتریکی کاربردهای زیادی دارند. چندین شرکت نمونه‌هایی از المان پلتیر برای کاربردهای مختلف تولید می‌کنند. مثلاً خنک‌کننده صندلی خودرو نمونه‌ای از آن است [۲]. نمونه‌ای دیگر در مآخذ [۳] برای تهویه مطبوع اتاق خودرو به‌صورت مدلسازی طراحی شده است که در آن برای خنک‌کردن طرف داغ قطعه ترموالکتریکی از جریان هوا استفاده شده است. این شیوه با توجه به ظرفیت کم هوا برای خنک‌کردن چندان مناسب نیست. نمونه دیگر در مآخذ [۴] ساخته شده است که در آن از جریان هوا برای خنک‌کردن استفاده شده است. مآخذ [۵] از خنک‌کننده ترموالکتریکی برای رطوبت‌گیری هوای اطراف سلول‌های خورشیدی در مناطق با رطوبت زیاد استفاده کرده است. مآخذ [۶] با انجام تحلیل نظری و عددی نتیجه گرفته است که خنک‌کننده ترموالکتریکی برای خنک‌کردن دستگاه‌های بسیار ریز مناسب است. مآخذ [۷] مروری بر کاربردهای فعلی و پتانسیل کاربرد دستگاه‌های ترموالکتریکی را ارائه کرده است. امروزه با مشکلات عدیده‌ای که جامعه بشری با محیط زیست دارد، پرداختن به علمی که به‌نحوی در جایگزینی انرژی‌های مضر محیط زیست مفید باشند، امری مطلوب در علوم مهندسی محسوب می‌شود؛ بنابراین در این مقاله با توجه به وابستگی ظرفیت خنک‌کنندگی

مجموعه ترموالکتریکی به مقدار دفع گرمای طرف داغ، برای دفع گرمای طرف داغ از دو رادیاتور آب با فن قرار گرفته مابین آن دو و از سیال آب به همراه یک دستگاه پمپ استفاده شده است.

۲. مفاهیم فیزیکی خنک‌کننده‌های ترموالکتریکی

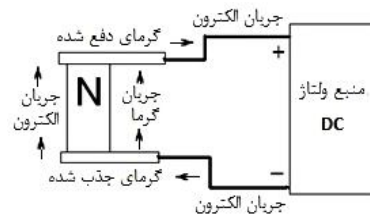
فرایند ترموالکتریک براساس دو اصل شناخته‌شده اثر سبیک^۱ و اثر پلتیر^۲ کار می‌کند. در سال ۱۸۲۱ م، فیزیکدانی آلمانی به نام توماس جوهان سبیک، دریافت که اگر مطابق شکل ۱ حلقه‌ای از دو سیم غیرهمجنس وجود داشته باشد و یکی از نقاط اتصال حرارت داده شود، در مدار جریان الکتریکی برقرار می‌شود.



شکل ۱. نمایی شماتیک از اثر سبیک

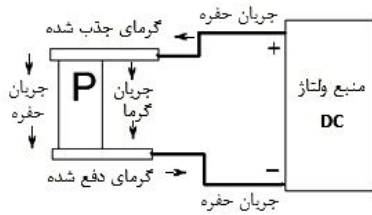
مولدهای ترموالکتریک المان‌های حالت جامدی هستند که مطابق آنچه در فیزیک معروف به اثر سبیک است عمل می‌کنند (شکل ۲). این دستگاه‌ها وقتی اختلاف دمایی در امتداد دو سمت آن به‌وجود آید، قدرت الکتریکی تولید می‌کنند. قدرت الکتریکی توسط شار حرارتی در امتداد مجموعه تولید می‌شود. بازدهی معمول المان‌های سبیک ۵ الی ۸ درصد می‌باشد. مولدهای ترموالکتریکی با اختلاف دما کار می‌کنند و بزرگترین اختلاف دمای میان طرف سرد و گرم با توجه به محدودیت‌های فیزیکی، بیشترین مقدار قدرت را تولید می‌کند. در استفاده از چنین سیستم‌هایی تلاش‌های زیادی روی مدیریت حرارتی، به‌طور ویژه طرح دفع گرما از طرف سرد باید به‌کار گرفته شود. کارایی مولد ترموالکتریکی ساخته‌شده به امکان تأمین دمای ثابت طرف داغ، هدایت گرما از طرف داغ به طرف سرد و دفع شار گرما به محیط و مقدار قدرت خالص تولیدی بستگی دارد. سیزده سال پس از سبیک، فیزیکدانی فرانسوی به نام پلتیر مشاهده کرد که وقتی جریان کمی از اتصال دو سیم غیرهمجنس عبور کند، اختلاف دما پدید می‌آید (شکل ۳)؛ بنابراین اثر پلتیر یک اثر برگشت‌پذیر است. این اثر توسط اعمال ولتاژ مابین دو الکترود متصل به یک نمونه از ماده نیمه‌رسانا با نتیجه سرمایش یک طرف و گرمایش طرف دیگر به‌وجود می‌آید. سرمایش

ترموالکتريکی يا اثر پلتيير افزايش دما در يک طرف و به طور مشابه سرمايش را در طرف ديگر موجب مي شود. سرمايش ترموالکتريک براي نخستين بار در سال ۱۸۳۴ م توسط پلتيير کشف شد، اما تجاري سازي آن تا زماني که روش هاي توليد مواد نيمه رسانا توسعه نيافته بود؛ يعني تا قرن ۲۰ م به واقعيت تبديل نشد. وقتي انتقال گرما از يک محيط به محيط ديگر ضروري باشد، اثر پلتيير مي تواند مفيد واقع شود. در اثر عبور جريان DC از



شکل ۲. توليد قدرت الکتريکی با استفاده از اثر سيبيک

طريق مولد ترموالکتريک به منظور انتقال گرما و ايجاد يک اختلاف دما در امتداد سطوح سراميک موجب مي شود يک طرف از مجموعه ترموالکتريکی سرد شود، در حالي که طرف ديگر داغ مي شود. يک خنک کننده ترموالکتريک تک مرحله اي استاندارد مي تواند اختلاف دمایی به اندازه ۷۰ درجه سانتی گراد ايجاد کند [۸] و پيشرفت روش هاي ساخت مواد نيمه هادی مدرن، محدوديت المان هاي خنک کننده ترموالکتريکی را از ميان برداشته است [۹].



شکل ۳. سرمايش با استفاده از اثر پلتيير

۳. المان های خنک کننده ترموالکتريک

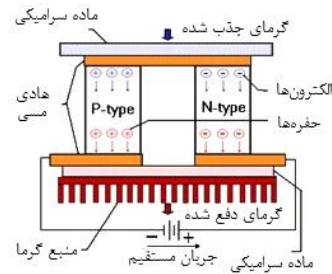
خنک کننده ترموالکتريک^۴ از دو المان نيمه رسانا تشکيل شده است که به صورت متراکم از تعداد زيادی از الکترون هاي نوع n و تعداد محدودی الکترون هاي نوع p که در طرف مخالف همدیگر مرتب شده اند، تشکيل شده است. اين مواد مخالف روی سطوح سرد و داغ در امتداد مواد رسانا نظير مس، همان طور که در شکل ۴ نمايش داده شده است، قرار گرفته اند. در طرف سرد گرما توسط الکترون هايی که از المان نيمه رسانای نوع p با انرژی کم به نوع n با انرژی زياد عبور مي کنند، جذب مي شود. در طرف داغ انرژی از طريق حرکت الکترون ها از سطح انرژی بيشتر در المان نيمه رسانای نوع n به سطح انرژی کمتر در نوع p به چاه حرارتی^۵ انتقال داده مي شود. منبع قدرت DC انرژی مورد نیاز حرکت الکترون ها در درون سيستم را تأمین مي کند. ابعاد يک نوع خنک کننده ترموالکتريک معمول ۳/۶ × ۳۰ × ۳۰ میلی متر مکعب است. اما قالب هندسی آنها مي تواند تغيير کند؛ نمونه هاي تجاری به کوچکی ۲ × ۲ میلی متر مربع و به بزرگی ۶۲ × ۶۲ میلی متر مربع وجود دارد. خنک کننده هاي ترموالکتريکی معمولاً در وزن هاي بسيار سبکی هستند که آنها را برای کاربرد در فضاهاي هندسی نازک يا نقاطی که نیازمند وزن کم در مقایسه با خنک کننده هاي معمولی مي باشد، مناسب مي کند [۲]. نمونه هايی از خنک کننده هاي ترموالکتريک در شکل ۵ نمايش داده شده است.

۴. ساختار مجموعه خنک کننده هاي ترموالکتريک

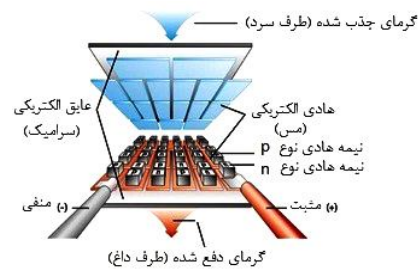
مجموعه خنک کننده هاي ترموالکتريک از طريق در کنار هم قرار گرفتن جفت نيمه رساناهاي غيرهمجنس که يکی از نوع n و دیگری از نوع p مي باشد، ساخته مي شوند. نيمه رساناهايی که امروزه بيشتر در ساخت اين مجموعه ها استفاده مي شوند تلوريد بيسموت^۶ مي باشد. ساير موادی که جهت ساخت ترموالکتريک استفاده مي شوند عبارت اند از تلوريد سرب^۷، سيلیکون ژرمانيوم^۸ و در شرايط خاص آلياژهاي بيسموت آنتيموان^۹ است. بيشترين کارایی زمانی به دست مي آيد که يک نيمه رسانای نوع n- و يک نيمه رسانای نوع p- از نظر الکتريکی با هم سری و از نظر گرمایی موازی باشند (شکل ۶). ولتاژی به انتهای آزاد دو نيمه رسانا اعمال مي شود و جريان الکتريسيته در ميان نيمه رساناهاي جفت شده جريان مي يابد. اختلاف دمای ايجاد شده در دو سوی نيمه رسانا سبب مي شود گرما از اطراف صفحه سرد جذب شود و به سمت ديگر دستگاه (چاه حرارتی) حرکت کند. با حرکت الکترون ها از سمتی با انرژی بيشتر به سمتی با انرژی کمتر، حرارت نیز توسط اين الکترون هاي سرما ساز حمل و در سمت ديگر (صفحه داغ) آزاد مي شوند.

خنک کننده هاي ترموالکتريک مزایای متعددی نسبت به ديگر فناوري هاي خنک کننده دارند. اين مجموعه ها اجزای متحرک ندارند و بسيار کم صدا هستند. قابليت اعتماد بيشتری دارند. مجموعه ترموالکتريک مي تواند دستگاه ها را تا زير دمای

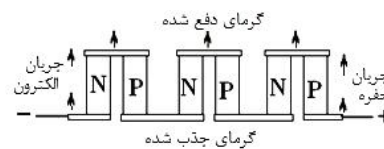
محیط خنک کند. دماهای سردتر تا کمتر از ۱۰۰- درجه سانتی‌گراد با استفاده از خنک‌کننده ترموالکتریک چندمرحله‌ای در یک محیط خلأ قابل دستیابی است.



شکل ۴. نحوه عملکرد خنک‌کننده ترموالکتریک یا یک المان پلتیر



شکل ۵. خنک‌کننده ترموالکتریک یا المان پلتیر



شکل ۶. مجموعه المان‌های ترموالکتریک

اندازه‌ای ذکر می‌شود. به‌منظور طراحی یک مجموعه خنک‌کننده ترموالکتریک تجاری در دسترس انتخاب و پارامترهای آن برای طراحی استفاده می‌گردد. حجم فضای داخلی خودرو ۶ متر مکعب در نظر گرفته شده است که مربوط به یک خودرو سواری است. با توجه به راهبرد این طرح، که چهار مجموعه مستقل برای خنک‌کردن داخل اتاق خودرو در نظر گرفته شده است، هر کدام حجم ۲/۵ متر مکعب را باید تأمین کند. زمان تعادل دمایی ۱۰ دقیقه فرض شده است. مشخصات و پارامترهای انتخاب شده برای خنک‌کننده ترموالکتریک مدل انتخابی TEC1-12708 در جدول ۱ آمده است. این جدول مقادیر حالت معمول را در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد طرف داغ نشان می‌دهد [۷].

جدول ۱. مشخصات المان تجاری TEC 1-12708

در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد طرف داغ [۱۰]

Feature	TEC1-12708
Dimensions	40×40×3.5
Q_{max} (W)	79
T_{max} (oC) Δ	75
I_{max} (A)	8.4
V_{max} (V)	17.5
R (Ohm)	1.8

دمای طرف داغ (T_H) و اختلاف دمای ماکزیمم (ΔT_{max}) به‌صورت $T_H=50$ °C و $\Delta T_{max}=75$ °C برای مجموعه خنک‌کننده ترموالکتریک مشخص شده است. برای تعیین محدوده دمای طرف سرد T_C از رابطه زیر استفاده شده است.

$$\Delta T_{max} = T_H - T_C \quad (1)$$

از این معادله $T_C=-25$ °C می‌شود. فرمولاسیون زمان مورد نیاز برای تغییر دما در فضای داخلی خودرو از رابطه گرمای ویژه به‌دست می‌آید [۲].

$$t = \frac{m C_p \Delta T_{max}}{Q_v} \quad (2)$$

به‌طوری‌که در این رابطه t گام زمانی برحسب ثانیه و C_p گرمای ویژه هواست. همچنین Q_v قدرت حرارتی مورد نیاز را برای سیستم تهویه مطبوع برحسب وات و m جرم هوا برحسب کیلوگرم است که به‌صورت ۳ محاسبه می‌شود:

$$m_{air} = \rho_{air} \times v \quad (3)$$

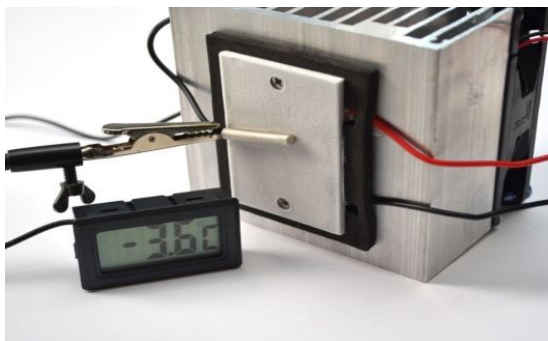
۵. طراحی خنک‌کننده ترموالکتریک برای خودرو

برای طراحی مجموعه خنک‌کننده برای خودرو موارد زیر باید تعیین شود:

- تعیین دماهای طرح (اختلاف دمای طرف سرد و گرم)
- تعیین قدرت لازم و تعداد TEC های مورد نیاز
- طراحی یا انتخاب چاه حرارتی، دمنده مناسب و میدل حرارتی
- تعیین منبع تغذیه با ولتاژ و جریان لازم
- سیستم کنترل دما

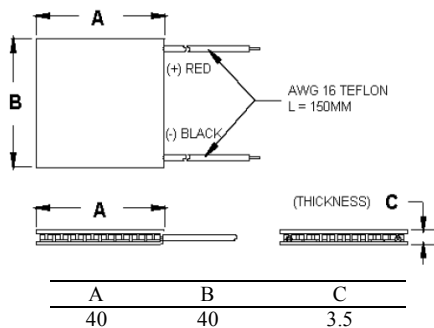
در این مقاله با استفاده از المان‌های پلتیر طرح یک سیستم خنک‌کننده جدید برای خودرو ارائه شده است. برای این منظور، نخست محاسبات ترمودینامیکی ارائه و پس از آن، محاسبات

گرمای طرف داغ آن دفع شده، نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد قابل دستیابی است.



شکل ۷. عملکرد طرف سرد المان ترموالکتریکی

مشخصات کامل المان ترموالکتریکی در شکل ۸ و جدول ۲ آمده است. طبق اثر پلتیر، که در بخش ۲ تشریح شد، وقتی جریان الکتریکی DC از المان ترموالکتریکی عبور داده شود، یک طرف المان به شدت داغ و طرف دیگر آن سرد می‌شود. قدرت سرمایش بستگی به شدت دفع گرما از طرف داغ دارد.



شکل ۸. مشخصات کامل المان ترموالکتریکی [۱۰]

جدول ۲. مشخصات کامل المان ترموالکتریکی [۱۰]

Feature	TEC1-12708	
Hot Side Temperature (oC)	25	50
Q _{max} (Watts)	71	79
ΔT _{max} (oC)	66	75
I _{max} (Amps)	8.5	8.4
V _{max} (Volts)	15.4	17.5
Module Resistance (Ohms)	1.50	1.8

۶-۲. چیدمان مجموعه المان‌های ترموالکتریکی

المان‌های ترموالکتریکی برای استفاده در مجموعه خنک‌کننده باید از نظر الکتریکی سری و از نظر حرارتی موازی شوند. شکل

چگالی هوا ۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب و ۷ حجم داخل خودرو و برابر با ۲/۵ متر مکعب است. چون زمان مورد نیاز برای رسیدن به تعادل حرارتی ۱۰ دقیقه گرفته شده است، گرمای مورد نیاز برای مجموعه خنک‌کننده ترموالکتریکی به صورت ۴ محاسبه می‌شود:

$$Q_v = \frac{(1.2 \times 2.5) \times 1004 \times 75}{600} = 76.5W \quad (۴)$$

برای محاسبه تعداد المان‌های خنک‌کننده ترموالکتریکی مورد نیاز برای خنک‌کردن اتاق خودرو، از قدرت الکتریکی هر المان که برابر ۷۹ وات است به صورت رابطه ۵ محاسبه شده است.

$$\eta = \frac{Q_v}{Q_{max}} = \frac{376.5}{79} = 4.76 \quad (۵)$$

طبق این محاسبات ۵ المان از مجموعه پلتیر برای سیستم خنک‌کننده مورد نیاز است. بنابراین با در نظر گرفتن ضریب ایمنی، شش مجموعه استفاده خواهد شد و ماکزیمم توان الکتریکی مورد نیاز ۴۷۴ وات خواهد بود. ماکزیمم قدرت DC محتمل از باتری خودرو برای تأمین مجموعه خنک‌کننده ترموالکتریک از رابطه ۶ استفاده می‌شود.

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} \quad (۶)$$

که I_{max} ماکزیمم جریان ورودی و V_{max} ولتاژ المان TEC می‌باشد که به ترتیب برابر با ۴۸/۸ آمپر و ۱۷/۵ ولت گرفته می‌شود. در آخر ماکزیمم توان الکتریکی ممکن P_{max} برای سیستم خنک‌کننده مجموع ۶ المان خنک‌کننده ترموالکتریکی برابر با ۸۸۲ وات محاسبه می‌شود. باید اشاره کرد که ماکزیمم جریان در شرایط ولتاژ ماکزیمم اتفاق نمی‌افتد. نرخ توان مصرفی سیستم ۴۷۴ وات می‌باشد که بسیار کمتر از ماکزیمم توان آن است. تعداد چهار دستگاه برای خنک‌کردن اتاق یک خودرو سواری مورد نیاز است. با توجه به مصرف برق مجموع فن‌ها و المان‌های هر دستگاه، که ۵۰۰ وات می‌باشد، فقط با مصرف ۲ کیلووات برق باتری انرژی مورد نیاز کولر خودرو تأمین می‌گردد.

۶. ساخت خنک‌کننده‌های ترموالکتریکی

۶-۱. مشخصات المان ترموالکتریکی

نقش اصلی خنک‌کننده ترموالکتریکی را المان‌های ترموالکتریک دارند. در شکل ۷ دمای طرف سرد المان ترموالکتریکی، وقتی

۱۱ چیدمان المان‌ها به صورت سری از نظر الکتریکی را نمایش می‌دهد.



شکل ۹. چیدمان سری المان‌ها از نظر جریان الکتریکی

۳-۶. دفع گرما از مجموعه المان‌های ترموالکتریکی

خنک‌کننده‌های ترموالکتریک از نظر مبدل‌های حرارتی به کار رفته در آن به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند:

۱. هوا به هوا
۲. هوا به مایع
۳. مایع به مایع
۴. مستقیم به هوا (خنک‌کردن صفحه با هوا)

مقادیر معمول مقاومت گرمایی چشمه حرارتی برای جابه‌جایی طبیعی در محدوده ۰/۵ تا ۵ درجه سانتی‌گراد بر وات می‌باشد، در حالی که مقدار آن برای جابه‌جایی اجباری ۰/۰۲ تا ۰/۵ درجه سانتی‌گراد بر وات می‌باشد و مقدار آن برای آب سرد ۰/۰۵ تا ۰/۱۵ درجه سانتی‌گراد بر وات است. بنابراین بهترین روش دفع گرما در سمت داغ خنک‌کننده‌های ترموالکتریک به صورت جابه‌جایی اجباری با مایع آب سرد است. در طرح این مقاله نیز از خنک‌کننده آب سرد برای دفع گرمای سمت داغ استفاده شد.

۴-۶. توصیف متعلقات مجموعه خنک‌کننده ساخته شده

در شکل ۱۰ بلوک دیاگرام بخش‌های مختلف مجموعه خنک‌کننده ترموالکتریک ساخته شده نمایش داده شده است. شکل ۱۱ نیز مجموعه خنک‌کننده ترموالکتریک خودرو که در این طرح ساخته شده است و شکل ۱۲ با جزئیات متعلقات آن را نمایش می‌دهند. متعلقات این طرح با شماره اعداد نشان داده شده در شکل ۱۲ به این صورت است:

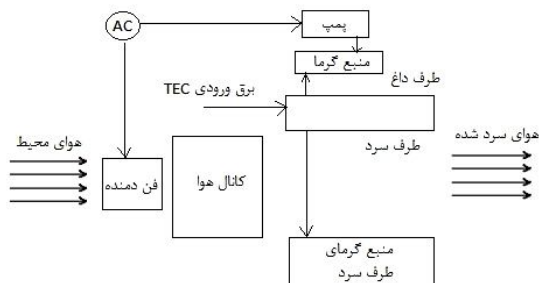
۱. مجموعه المان‌های ترموالکتریکی که به صورت سری الکتریکی و موازی حرارتی اجرا شده‌اند

۲. چشمه حرارتی شامل مبدل مایع آب سرد، رادیاتورهای مخصوص با فن وسط آنها برای دفع گرما، پمپ مخصوص تأمین گردش جریان آب، منبع انبساط تأمین تغییرات حجم آب در اثر تغییر دما و مدار لوله‌کشی مربوطه می‌باشد

۳. مدار تأمین هوای خنک داخل اتاق خودرو که این مدار از انتقال گرمای از نوع جابه‌جایی اجباری با هوا می‌باشد. فن سانتریفیوژ با دبی بالا جریان هوا را از روی منبع سرد به فضای داخل خودرو هدایت می‌کند

۴. منبع تغذیه که برق DC با ۱۲ ولت و حداکثر ۴۰ آمپر را برای نمونه اولیه از برق AC، ۱۲۰ ولت شهری تأمین می‌کند

۵. دماسنج دیجیتالی که دمای سطح سرد مبدل طرف سرد المان‌های ترموالکتریکی را اندازه‌گیری می‌کند



شکل ۱۰. بلوک دیاگرام مجموعه خنک‌کننده اتاق خودرو

پس از مونتاژ متعلقات دستگاه اندازه‌گیری دمای نقاط مختلف آن با دماسنج دیجیتالی انجام شد. این مجموعه که با ظرفیت یک‌چهارم و برای تأمین سرمایش ۲/۵ متر مکعب از فضای شش مترمکعبی اتاق خودرو فرض شده در محاسبات ساخته شد به قابلیت کاهش دمای هوا تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد را نشان داد.

۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله مبانی و نتایج طراحی و ساخت سیستم خنک‌کننده نوین برای اتاق خودرو ارائه شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که می‌توان بدون نیاز به سیال مبرد، خنک‌کنندگی داخل اتاق خودرو را تأمین کرد و با کمک آن از انتشار گازهای آلاینده مبردها در محیط زیست جلوگیری کرد. همچنین با کمک خنک‌کننده ترموالکتریک می‌توان توان مصرفی مجموعه خنک‌کننده خودرو را بیشتر از ۵۰ درصد کاهش داد. مجموعه

خاموش و در مصرف انرژی صرفه جویی کرد. با توجه به قابلیت کنترل جریان و ولتاژ ورودی به مجموعه المان‌های ترموالکتریک قابلیت کنترل این روش خیلی راحت‌تر و دقیق‌تر می‌باشد.

قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی طبق قرارداد شماره ۱۹۸۸ مورخ ۱۳۹۴/۲/۵ انجام شده است. نویسنده از این حمایت مالی سپاسگزاری می‌کند.

خنک‌کننده خودرو که در این مقاله طراحی و ساخته شد، نیاز مستقیم به توان موتور ندارد و انرژی خود را از باتری تامین می‌کند. بنابراین پیک توان مصرفی خودرو در هنگام روشن بودن کولر خودرو به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. با توجه به استقلال عملکرد این مجموعه از موتور خودرو و جمع‌وجور بودن آن و امکان تقسیم بار سرمایشی خودرو به چند بخش و عملکرد مستقل هر بخش در ضمن توزیع مناسب دریچه‌های خنک‌کننده می‌توان در مواقعی بعضی از آنها را که ضرورت نداشته باشد



شکل ۱۲. اجزای تشکیل دهنده نمونه اولیه مجموعه خنک‌کننده ترموالکتریک خودرو



شکل ۱۱. اجزای تشکیل دهنده نمونه اولیه مجموعه خنک‌کننده ترموالکتریک خودرو

۸. مآخذ

- [1] Wikipedia, "Thermoelectric effect", <http://en.wikipedia.org> (accessed August 30, 2016).
- [2] Choi, Hyeung-Sik, Sangkook Yun, and Kwang-il Whang. "Development of a temperature-controlled car-seat system utilizing thermoelectric device." *Applied Thermal Engineering* 27, no. 17 (2007): 2841-2849.
- [3] Kemiklioğlu, U., S. Solmaz, *Design and analysis of a novel air conditioning system based on thermoelectrics coolers*, OTEKON 2014, 7, *Otomotiv Teknolojileri Kongresi*, BURSA, 26-27th May 2014.
- [4] Raut, Manoj S., and P. V. Walke. "Thermoelectric air cooling for cars." *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)* 4, no. 5 (2012): 2381-2394.
- [5] Atta, Raghied Mohammed. "Solar water condensation using thermoelectric coolers." *the International Journal of Water Resources and Arid Environments* 1, no. 2 (2011): 142-145.
- [6] Yang, Ronggui, Gang Chen, A. Ravi Kumar, G. Jeffrey Snyder, and Jean-Pierre Fleurial. "Transient cooling of thermoelectric coolers and its applications for microdevices." *Energy Conversion and Management* 46, no. 9 (2005): 1407-1421.
- [7] Riffat, Saffa B., and Xiaoli Ma. "Thermoelectrics: a review of present and potential applications." *Applied thermal engineering* 23, no. 8 (2003): 913-935.
- [8] Laird Technologies, *Thermoelectric Handbook*, <http://www.lairdtech.com> (accessed August 25, 2016).
- [9] Tellurex <http://www.tellurex.com> (accessed August 25, 2016).
- [10] Hebei Ltd. *Electronic Components*, Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd <http://www.hebeiltd.com.cn> Hebei Ltd. *Electronic Components*, Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd <http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.datasheet/TEC1-12708.pdf>

-
1. CFC
 2. Seebeck
 3. Peltier
 4. Thermoelectric Cooling (TEC)
 5. heat sink
 6. Bi₂Te₃
 7. PbTe
 8. SiGe
 9. Bi-S