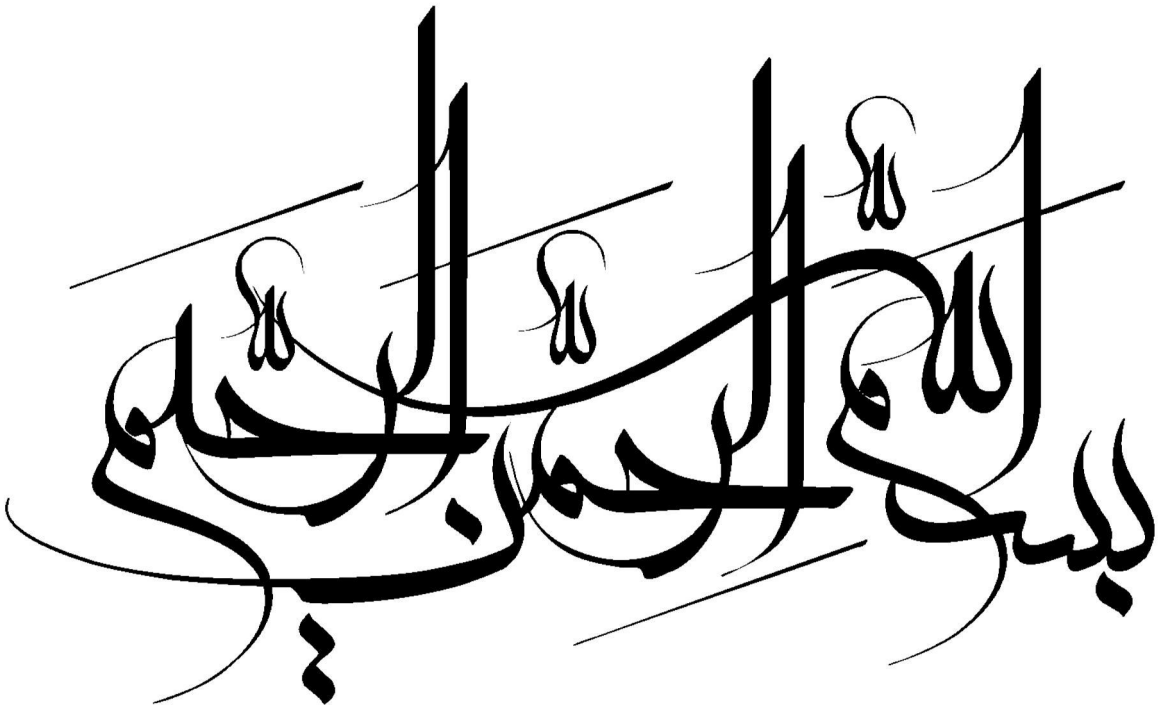

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی مکانیک و مکاترونیک
پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های انرژی

بررسی استفاده از المان ترموالکتریک در سیستم گرمایش و سرمایش خودرو به منظور کاهش تلفات خودرو

نگارنده: حسین دنکوب

استاد راهنما
دکتر علی عباس نژاد

بهمن ۱۳۹۵

شماره:
تاریخ:

باسمه‌تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای حسین دنکوب با شماره دانشجویی۹۳۰۷۶۲۴رشته مهندسی مکانیک گرایش سیستم های انرژی تحت عنوان **بررسی استفاده از المان ترمو الکتریک در سیستم گرمایش و سرمایش خودرو به منظور کاهش تلفات** که در تاریخ ۹۵/۱۱/۱۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با امتیاز ۱۷٫۵ درجه .....) ☑ **مردود** ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ **عملی** ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر علی عباس نژاد	استادیار	
۲- استادراهنمای دوم			
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر پوریا اکبرزاده	دانشیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر محمود فرزانه گرد	استاد	
۶-ـ استاد ممتحن دوم	دکتر محمود چهارطاقی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیر و تشکر

قبل از هر چیز خداوند بزرگ را شاکرم که توفیق
آغاز و انجام این پایان نامه را به من عطا فرمود.
از استاد راهنما جناب آقای دکتر علی عباس نژاد و از اعضای هیأت علمی گروه مکانیک
دانشگاه صنعتی شاهرود که با راهنمایی های ارزنده خود راه انجام این پایان نامه را برای من هموار کرده و با تمام وجود از هیچ لطفی
دریغ نکرده اند، صمیمانه تقدیر و تشکر می نمایم. از مادران مهربان که تمام زندگی خود را وقف تعالی فرزندانشان کرده اند و
همواره در تمامی مراحل زندگی حامی و مشوق بوده اند، تقدیر و تشکر می نمایم.

تعهدنامه

اینجانب حسین دنکوب دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی مکانیک** گرایش **سیستم های انرژی** دانشکده **مهندسی مکانیک** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی استفاده از المان ترموالکتریک در سیستم گرمایش و سرمایش خودرو به‌منظور کاهش تلفات خودرو** تحت راهنمایی **دکتر علی عباس‌نژاد** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام "دانشگاه صنعتی شاهرود" و یا " **Shahrood University of Technology** " به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

با مسقف شدن خودروها، سیستم تهویه و تبرید جزئی جدایی ناپذیر از خودرو به‌حساب می‌آید، ولی با توجه به پرهزینه، سنگین ، حجیم و البته پرخطر بودن سیستم کولرهای کمپرسور دار موجود بر روی خودروها و همچنین مصرف بالای انرژی آن‌ها سعی شده است از المان‌های ترموالکتریک در سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی خودرو استفاده شود. در تحقیق حاضر از مواد نیمه‌هادی فلورید سرب و تالیم استفاده‌شده و با نصب هیت سینک مسی فین دار در دو طرف المان ترموالکتریک از قسمت سرد آن برای کولر و از قسمت گرم آن برای بخاری خودرو استفاده‌شده است . در این مطالعه سعی شده بجای نصب هیت سینک مسی فین دار در کنسول وسط خودرو در مسیر فن کولر و بخاری در هر نقطه‌ای از خودرو که در تماس مستقیم با سرنشین است، آن‌ها را ازجمله در سقف، پانل داشبورد، پشت صندلی‌های جلو و درها نصب کرد تا سرما یا گرمای تولیدی سریع‌تر به سرنشین برسد و در مسیر به هدر نرود. سرما و گرمای تولیدی طبق آزمایش با اختلاف ^{o}C ۴-۳ چیزی نزدیک به کولرکمپرسوردار و بخاری رادیاتوری می‌باشد ولی آمپر مصرفی هر المان حدود ۳/۸ آمپر و توان مصرفی هر سیستم با دو المان تقریباً ۵۰ وات می‌باشد پس با به‌کارگیری از این نوع سیستم در شش نقطه از فضای داخلی اتاق خودرو فقط۶۰۰ وات انرژی مورد نیاز است که در مقایسه با کولرهای کمپرسورداری که انرژی معادل kW ۶-۵ مصرف می‌کنند تقریباً انرژی ناچیزی می‌باشد و ازلحاظ هزینه نزدیک به یک سوم هزینه مدل قبلی می‌باشد و تقریباً مصرف سوخت تا حدود۲۰ ٪ کاهش می‌یابد. با به‌کارگیری نیمه‌هادی فلورید سرب و تالیم و یا آلیاژ اکسیدروی درون سیلیکون عایق در مناطق داغ خودرو ازجمله در اگزوز و دیسک‌های ترمز می‌توان در حدود ۱۰۰۰-۸۰۰ وات برق تولید کرد که با این کار می‌توان یا دینام را حذف کرد و یا از دینام کوچک‌تری استفاده نمود که می‌توان تا ۳٪ با کاهش سوخت مواجه شد.

واژگان کلیدی: ترموالکتریک، هیت سینک، هیت سینک مسی فین دار، کمپرسور، المان سرد کننده، ضریب پلتیر، ضریب زبک، ضریب تامسون، فاکتور شایستگی،

فهرست مطالب

فهرست نشانه‌ها ..... ک

فصل ۱ سیستم‌های تهویه و تبرید خودرو ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- تاریخچه سیستم تهویه وتبرید ۲

۱-۳- مطالعات گذشته ۴

۱-۴- ساختمان کولرهای گازی کمپرسوردار ۷

۱-۴-۱ طرز کار کولرگازی کمپرسوردار ۸

۱-۴-۲ مشکلات بخاریهای رادیاتوری و کولرهای کمپرسوردار ۱۲

فصل ۲ مبانی ترموالکتریک ۱۵

۲-۱- ترموالکتریک چیست؟ ۱۶

۲-۲- تاریخچه ترموالکتریک ۱۶

۲-۲-۱ اثر سی بک ۱۸

۲-۲-۲ اثرپلتیر ۱۹

۲-۲-۳ اثر زبک ۲۰

۲-۲-۴ اثر تامسون ۲۰

۲-۲-۵ فاکتورشایستگی ۲۱

۲-۲-۶ ترموالکتریک وتولید جریان الکتریسیته ۲۵

۲-۲-۷ توان ترموالکتریک ۳۰

۲-۲-۸ مواد ترموالکتریک ۳۱

۲-۲-۹ واحدهای مبرد ترموالکتریک ۳۴

فصل ۳ کاربرد عملی ترموالکتریک ۳۷

۳-۱- تکنیک نصب ترموالکتریک ۳۸

۳-۲- هیت سینک چیست ؟ ۳۹

۳-۳- منابع تغذیه ترموالکتریک ۴۰

۳-۴- نحوه ساخت کولر و بخاری ترموالکتریک ۴۱

۳-۵- طریقه ساخت و جانمایی کولر و بخاری ترموالکتریک قابل‌انتقال ۴۶

۳-۶- نحوه آزمایش کولرترموالکتریک و کمپرسوردار و بخاری ترموالکتریک ۵۰

۳-۷- محاسبه ضریب عملکرد کولر ۵۵

۳-۸- مزایای کولر و بخاری ترموالکتریک ۵۷
۳-۹- تأمین برق کولرو بخاری ترموالکتریک ۵۹
۳-۱۰- کلمپینگ ۶۱

فصل ۴ نتیجه گیری ۶۳

مراجع ۶۸

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ مسیر گردش آب گرم موتور در رادیاتور بخاری برای سیستم گرمایشی خودرو ۴

شکل ۱-۲ چرخه گاز کولر در سیستم کمپرسور دار ۹

شکل ۱-۳ پیستون‌های یک کمپرسور پنج پیستونه ۱۱

شکل ۱-۴ حرکت الکترون‌ها از انتهای سرد به انتهای گرم براثر ایجاد گرما ۱۷

شکل ۱-۵ اختلاف پتانسیل به‌دست‌آمده در دو سر یک نیمه‌هادی ۱۸

شکل ۱-۶ اختلاف دما در دو سر نیمه‌هادی بر اثر برقراری جریان الکتریسیته ۱۹

شکل ۱-۷ با حرکت زوج الکترون‌های نوع P/ N یک چاله حرارتی و چشمه حرارتی ساخته می‌شود ۲۱

شکل ۱-۸ نمایش حفره‌ها و الکترون‌های آزاد که حامل بار الکتریکی و حرارت هستند ۲۳

شکل ۱-۹ نمایش تراکم بیشتر گاز بدون بار در سمت سرد و انبساط بیشتر آن در سمت گرم ۲۴

شکل ۱-۱۰ انباشت مولکول‌ها در قسمت گرم و تراکم کمتر مولکول‌ها در قسمت سرد درگاز باردار ۲۵

شکل ۱-۱۱ ایجاد حفره در ترکیب سیلیسیم و آلومینیم ۲۶

شکل ۱-۱۲ تولید الکترون آزاد در ترکیب سیلیسیم وآرسنیک ۲۶

شکل ۱-۱۳ تولید برق از ترموالکتریک با استفاده از گرما ۲۷

شکل ۱-۱۴ تولید جریان الکتریسیته بر اثر اختلاف دما در دو طرف المان ۲۸

شکل ۱-۱۵ تولید ولتاژ بر اثر اختلاف دما بین محیط و بدن انسان ۲۹

شکل ۱-۱۶ محل نصب المان‌های ترموالکتریک در مسیر طولانی اگزوز به‌منظور تولید الکتریسیته ۳۰

شکل ۱-۱۷ نمایش حرکت حفره‌ها و الکترون‌ها در سیستم ترموالکتریک و تولید منطقه گرم و سرد ۳۱

شکل ۱-۱۸ نمایش یک المان واقعی ترموالکتریک که دردوطرف آن با سرامیک محافظت شده است ۳۲

شکل ۱-۱۹ چیدمان اتصال‌های سری و موازی در المان‌های ترموالکتریک ۳۴

شکل ۱-۲۰ اتصال سری و موازی در نیمه هادی‌ها بر اساس ترتیب الکتریکی و گرمایی ۳۵

شکل ۱-۲۱ استفاده از هر دو نوع نیمه‌هادی‌های P و N ۳۶

شکل ۱-۲۲ نیمه‌هادی‌ها خود خاصیت مثبت و منفی دارند ۳۶

شکل ۱-۲۳ نمایش واقعی درون یک المان ترموالکتریک همراه با رنگ سیم‌ها ۳۸

شکل ۱-۲۴ نمایی از هیت سینک با جابجایی هوا با فن ۴۰

شکل ۱-۲۵ طریقه نصب دو هیت سینک با جابجایی هوا با فن به دو طرف چند المان ترموالکتریک ۴۳

شکل ۱-۲۶ نحوه قرار گرفتن المان‌های ترموالکتریک با توجه به رنگ سیم آن‌ها بین دو هیت سینک ۴۵
شکل ۱-۲۷ نمونه‌ای از یک سیستم کولر و بخاری قابل نصب در هر مکانی از خودرو ۴۸
شکل ۱-۲۸ مکان‌های پیشنهادی نصب کولر و بخاری متحرک ترموالکتریک در خودرو ۴۸
شکل ۱-۲۹ مولتی متر و دماسنج استفاده‌شده در اندازه‌گیری‌ها ۵۰
شکل ۱-۳۰ مقایسه سرعت خنک کنندگی کولرکمپرسوردار و ترموالکتریک ۵۲
شکل ۱-۳۱ مقایسه سرعت خنک کنندگی کولر کمپرسوردار و ترموالکتریک در فضای اتاق ۵۲
شکل ۱-۳۲ دمای کولر متحرک ترموالکتریک در واحد زمان ۵۳
شکل ۱-۳۳: مدار تولید برق از سیستم ترمز با استفاده از دینام کمکی و میکرو سویچ ۶۰
شکل ۱-۳۴ روغن سیلیکون یا گریس گرمایی همراه با کد اختصاری استفاده‌شده در آزمایش ۶۲

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱ مقایسه خط ترمز خودرو با دینام کمکی و بدون دینام کمکی ۶۱

فهرست نشانه‌ها

قطر پیستون	A
ضریب عملکرد	COP
ارزش حرارتی سوخت	C_v
بارگرمایی	H
جریان جاری شده	I
تعداد پیستون	K
دور کمپرسور	n
توان مصرفی	P
توان مفید	P_e
توان تئوری موتور	P_i
فشار متوسط کمپرسور	P_m
میزان گرمای وارده به هیت سینک	Q
میزان گرمایش	Q_c
میزان سرمایش	Q_h
کورس پیستون	s
ضریب زبک	SA
دمای محیطی هیت سینک	T_a
دمای مطلق ماده مبرد در کندانسور	T_H
اختلاف دمای بیرون اتاق	T_i
دمای مطلق ماده مبرد در اواپراتور	T_l
اختلاف دمای داخل اتاق	T_O
دمای هیت سینک	T_s
ضریب انتقال حرارت جسم	U
دبی حجمی سوخت	V
کار وارد شده به کولر	W
بازده حرارتی مفید موتور	η_e
بازده مکانیکی کمپرسور	η_m
چگالی نسبی بنزین معمولی	ρ
توان گرمایی ماده	ΔT
مقاومت گرمایی	θ_s

فصل ۱ سیستم‌های تهویه و تبرید خودرو

۱-۱- مقدمه

با پیشرفت علم و تکنولوژی در ساخت خودروها و مسقف شدن آن‌ها وجود امکانات مختلفی در خودروها به‌شدت احساس می‌شد، ازجمله سیستم‌های تهویه وتبریدکه برای راحتی سرنشینان خودرو خودنمایی

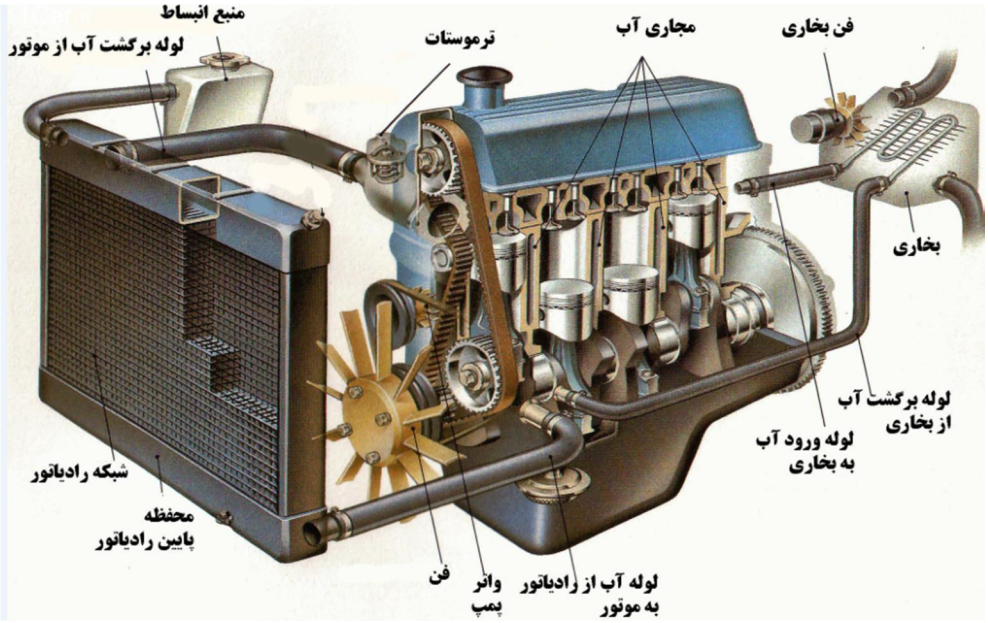
می‌کرد. با بالا رفتن تکنولوژی این سیستم‌ها نیز شروع به گسترش نمودند و جای خود را در خودرو بازنمودند. خودروسازان و محققان هرروز با به‌کارگیری سیستمی و تکنولوژی نوینی در خودرو می-خواستند که این امکانات را ارتقاء بخشیده و امکانات جدیدی در این سیستم بکار گیرند تا سرنشینان ازلحاظ سیستم تهویه و تبرید مشکلی را احساس نکنند. ازجمله ورود بخاری در هوای سرد برای سیستم گرمایشی بود که با مسقف شدن خودرو از سال ۱۹۱۴ در خودروها بکار گرفته شد و یا ورود کولر که از سال ۱۹۶۴ در خودروها استفاده شد و به‌سرعت درهمه خودروها رواج پیدا کرد.

۱-۲- تاریخچه سیستم تهویه وتبرید

در سال ۱۸۷۵ در کشور آلمان دانشمندی بنام نیکلاس اتو موتور احتراق داخلی تک سیلندری با توان دو اسب بخار معادل ۱/۵ کیلووات ساخت و آن را روی سه‌چرخه‌ای سوار کرد و اولین کالسکه‌ای که بتواند بدون اسب حرکت کند را به جهانیان عرضه کرد. ده سال بعد آقای دایملر که انگلیسی و شاگرد آقای بنز بود موتور دو سیلندری ساخت و آن را روی یک کالسکه چهارچرخ سوار کرد و اولین خودروی چهارچرخ ساخته شد و شکل گرفت.که از آن زمان تا الان دائماً روی این خودرو تغییراتی انجام می‌شود تا بتواند هم به‌عنوان یک وسیله نقلیه از آن استفاده شود که بتواند سرنشین و بار را جابجا کند و هم گاهی به‌عنوان یک کالای لوکس خودنمایی کند. بنابراین خودروسازان هرروز امکانات رفاهی و نکات ایمنی جدیدی روی خودروها نصب می‌کنند تا در عین اینکه فرد قصد جابجایی با خودرو را داشته باشد از رانندگی لذت هم ببرد و موتور آن‌ها را نیز ازنظر مصرف سوخت بهینه‌سازی کردند که سوخت کمتری را مصرف کنند تا بتوانند با عرضه این‌گونه از خودروها نظر مشتریان را جلب

و بازار جدیدی برای خود پیدا کنند و هم طرفداران محیط‌زیست را آزرده‌خاطر نکنند. با ورود علم الکترونیک و بعدازآن کامپیوتر این امکانات رفاهی و امنیتی در خودروها گسترش چشمگیری پیدا نمودند و قطعات سنگین ، حجیم و پر سرو صدای مکانیکی جای خود را به قطعات سبک و بی‌سر و صدا و کم استهلاک الکترونیکی دادند و خودروها نمای دیگری به خود گرفتند شکیل‌تر و جذاب‌تر شدند و مبلمان داخلی خودروها جادارتر و زیباتر برای سرنشین ساخته شد تا علاوه بر یک جابجایی شخص از نشستن در خودرو یا رانندگی با آن لذت هم ببرد. با مسقف شدن خودروها از سال ۱۹۱۴ سیستم تهویه و تبرید بیشتر از سایر امکانات رفاهی خودنمایی می‌کرد اتاق خودرو باید دمای مطبوعی داشته باشد تا شخص از نظر گرما و سرما مشکلی نداشته باشد و احساس ناراحتی نکند. بنابراین سازندگان خودرو سیستم‌های مختلفی را بکار گرفتند تا بتوانند بیشترین راحتی را برای سرنشینان خودرو به ارمغان بیاورند ولی اینجا دو مشکل خودنمایی می‌کرد یکی اینکه اولاً این امکانات خیلی حجیم، جاگیر، سنگین و گران نباشند و ثانیاً اینکه مصرف انرژی بالایی نداشته باشند که موتور خودرو قادر نباشد انرژی درخواستی این سیستم‌ها را تأمین کند و موتور اتومبیل تحت فشار زیادی قرار بگیرد و بجای اینکه نیروی تولیدی موتور صرف به حرکت درآوردن خودرو شود صرف بکار انداختن این سیستم‌های پرهزینه شود. بنابراین گزینه‌های مختلفی را امتحان کردند که در مورد سیستم گرمایشی خودرو می‌توان به استفاده از گرمای اگزوز برای گرم کردن اتاق اشاره کرد که این زمان زیادی دوام نیاورد و به خاطر خطراتش زود کنار گذاشته شد.

استفاده از المنت که به خاطر مصرف برق بالایش زود از گردونه خارج شد. استفاده از آب گرم موتور که شبیه سیستم شوفاژ اتاق سرنشین را گرم کند که هنوز هم مرسوم است. استفاده از یک سوخت ارزان‌تر که با سوزاندن نفت یک بخاری جدا از سیستم موتور خودرو داشته باشیم که به بخاری درجا معروف است. ولی چیزی که بیشتر خودنمایی می‌کرد و هزینه کمتر بعلاوه امنیت بیشتری را به همراه داشت استفاده از آبگرم موتور برای سیستم گرمایشی خودرو بود که این هم مشکلات خاص خود را داشت.



شکل ۱-۱ مسیر گردش آب گرم موتور در رادیاتور بخاری برای سیستم گرمایشی خودرو

در مورد سیستم سرمایشی استفاده از پنکه در خودرو بود که دوام زیادی نداشت چون رفاه خوبی را به همراه نداشت استفاده از کولر کمپرسوردار با مبرد گازی در خودروها تقریباً از سال ۱۹۶۴ رواج پیدا کرد که تاکنون هم ادامه دارد.

۱-۳- مطالعات گذشته

درسال ۱۸۲۳ دانشمندی بنام ژوهان سی بک[1] دریافت که اگر محل اتصال دو فلز ناهمانند دارای اختلاف دمایی باشند افت ولتاژ به وجود می‌آید[۱]. در سال ۱۸۳۴ پلتیر[2] در محل اتصال سیم‌هایی از جنس آنتیموان و بیسموت قطره آبی ریخت و جریان الکتریسیته اعمال کرد این قطره آب یخ زد و زمانی‌که جریان معکوس شد، یخ ذوب شد[۲]. حرارت جذب و یا ایجاد شده در نقطه اتصال با میزان جریان الکتریکی متناسب است. علت این پدیده آن است که الکترون‌ها حامل انرژی گرمایی هستند و می‌توانند توسط اعمال ولتاژ از انتهای سرد به انتهای گرم حرکت کنند[۳]. این مشاهدات سنگ بنای

[1] Thomas Johann seebeak
[2] Jean charls peltier

این نظریه شد که دانشمندان به فکر طراحی و ساخت یخچال‌های ترموالکتریک برای مقاصد صنعتی باشند که در آن‌ها از نیمه‌هادی‌ها بهره گرفته شود. ولی به دلیل محدودیت در سرمایش توسعه چندانی نیافت. ولی در دهه‌های اخیر با توجه به افزایش نرخ حامل‌های انرژی در سطح جهان و تلاش برای دسترسی به انرژی‌های نو دانشمندان در پی آن هستند که با بهره‌گیری از آلیاژهای جدید ترموالکتریک همچون آنتیموان، مس، فلورید سرب، تالیم، بیسموت، اکسید روی، ژرمانیم و غیره کولر و بخاری‌هایی بسازند که انرژی کمتری مصرف کنند[۴].

ادموند آلتکیرخ[1] اولین فردی بود که مدل خاصیت ثابت را بکار برد تا بیشینه بازده یک مولد ترموالکتریکی و کولر ترموالکتریک را بررسی کند که این روابط به‌عنوان فاکتور شایستگی نمایش داده شد. که در فاکتور شایستگی ملاک یک ماده ترموالکتریک خوب بدین‌صورت است که ضریب زبک داده‌شده که با زبک بزرگ و هدایت الکتریکی بالایی در کنار هدایت حرارتی پایین نیاز است تا بازده ماده ترموالکتریک به بالاترین حد خود برسد [۵]. در دهه ۱۹۵۰ فدروویچ آیف[2] در انستیتوی خود در سن‌پترزبورگ پژوهش درباره ترموالکتریک را دنبال کردند تا جایی که اولین دستگاه‌ها به شکل ژنراتور و خنک‌کننده از ترموالکتریک‌های تجاری را ساختند. آیف از اولین افرادی بود که از آلیاژسازی برای کاهش هدایت حرارتی در شبکه کریستالی با استفاده از ایجاد عیوب نقطه‌ای در شبکه بلوری را ترویج داد[۶].

دانشمندی که به‌عنوان سمبل و دانشمند برتر عصر حاضر در این زمینه شناخته می‌شود جولین گلدسمیت[3] است که برای اولین بار دمای صفر درجه سانتی‌گراد توسط آلیاژ بیسموت فلوراید را به‌دست آورد و انستیتوی او در استرالیا کمک شایانی به پیشرفت ترموالکتریک کرد[۷]. در سال‌های اخیر از این المان‌ها برای ساخت یخچال‌های حمل دارو یا قابل‌حمل درون خودرو و یا قهوه جوش و اجاق مسافرتی استفاده‌شده است که در بعضی از خودروهای امروزی دیده می‌شود.

---

[1] Edmond Altekirokh
[2] Abram F. Ioffe
[3] Joliane gold Esmite

همچنین در سال‌های ۱۳۷۸ و۱۳۸۱ آقایان رسولی و صیامی در ایران توانستند از این المان‌ها در خودرو به‌عنوان یخچال استفاده کنند. که البته به علت ضعیف بودن هیت سینک و همچنین بکار بردن آلیاژ بیسموت فلورید که تقریباً ضعیف‌تر از مدل جدید است نتیجه قابل‌قبولی نگرفته بودند[۸]. شرکت جنرال موتور و بی ام دبلیو در خودروی Suburban شورولت در سال ۲۰۰۴ با نصب این المان‌ها در اگزوز خودرو توانستند تا ۵٪ کاهش سوخت در۱۰۰ کیلومتر را به دست آورند و تا ۸۰۰ وات توان تولید کنند[۹]. با توجه به پرهزینه و سنگین و حجیم و البته پرخطر بودن سیستم کولرهای گازی موجود درروی خودروها و همچنین مصرف بالای انرژی آن‌ها (از ۵ تا۱۰ اسب بخار قدرتی که صرف چرخاندن کمپرسور می‌شود) سعی شده است از المان‌های ترموالکتریک در سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی خودرو استفاده شود. که مصرف سوخت تا حدود ۲۰٪ کاهش یابد و با نصب این المان‌ها در اگزوز و یا بدنه داغ موتور و دیسک‌های ترمز از گرمای هدررفته در این نواحی الکتریسیته تولید کرد و تقریباً تا ۱۰٪ مصرف سوخت خودرو را کاهش داد.چون حدود ۲۷٪ بیشتر از سوخت مصرفی به توان مفید تبدیل نمی‌شود و بقیه تبدیل به گرما و به هدر می‌رود.

در تحقیق حاضر هیت سینک مسی فین دار با جابجایی هوا با فن قدرتمندی استفاده‌شده تا بتواند حداکثر کارایی را در سمت مبرد آن داشته باشد چون هیت سینک یکی از اجزای مهم در سیستم مبرد ترموالکتریکی بوده و لذا محاسبه آن در محاسبه کارآیی و بهره کلی سیستم مبرد مؤثر می‌باشد چون تمامی مشخصات اصلی هر المان ترموالکتریک کاملاً وابسته به انتخاب هیت سینک مناسب می باشد. لذا در محاسبه و برگزیدن هیت سینک مناسب باید دقت کافی صورت پذیرد. همچنین با استفاده از فلورید سرب و تالیم معجونی ساخته شده که ضریب زبک یا توان این المان‌ها به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد.

با نصب هیت سینک مسی فین دار در دو طرف المان همراه با خمیر سیلیکون از قسمت سرد آن برای کولر و از قسمت گرم آن برای بخاری خودرو استفاده‌شده است. حتی می‌توان از هیت سینک با

مایع خنک‌کننده برای افزایش کارآیی نیز استفاده کرد. برای اینکه بتوان استفاده مستقیم از سرما یا گرمای این ماژول‌ها داشت بجای نصب در خروجی فن کولر و بخاری می‌توان در هرجایی از خودرو که در تماس مستقیم با سرنشینان است نصب شوند ازجمله در سقف، پانل داشبورد، پشت صندلی‌های جلو و درها تا سرما یا گرمای تولیدی در مسیر هدر نرود. حتی می‌توان کاری کرد که سرنشین فقط احساس سرما بکند یعنی درون صندلی از آن‌ها استفاده کرد، و در بحث تولید برق می‌توان از آلیاژ اکسید روی درون سیلیکون که سه مزیت فراوانی و ارزانی و ایمنی را نسبت به فلوریدسرب و تالیم دارد روی اگزوز و بدنه داغ موتور و حتی دیسک‌های ترمز خودرو استفاده کرد و بخش زیادی از برق موردنیاز خودرو را تأمین کرد بدون اینکه هزینه تولید خودرو به‌واسطه این المان‌ها خیلی بالا برود. همچنین از خطرات سرب هم در امان ماند.و دینام را کلاً حذف یا از دینام فوق‌العاده کوچکی استفاده کرد که موتور زیاد تحت فشار قرار نگیرد. پس می‌توان کولری بدون کمپرسور، کندانسور، اواپراتور، کپسول رسیور، فن، شیر انبساطی و گاز و سایر متعلقات و همچنین بخاری بدون آب و رادیاتور و لوله‌کشی عرضه کرد. و چون نیاز به لوله‌کشی ندارد در هر نقطه از خودرو می‌توان از این المان‌ها استفاده کرد. در ضمن قدرتی که صرف چرخاندن سیستم کولر(۱۰- ۵ اسب بخار) می‌شود می‌تواند به خدمت نیروی محرکه خودرو درآید. همچنین می‌توان زمان خاموش بودن خودرو به‌عنوان کولر و یا بخاری درجا نیز از آن سود برد چون برای بکار انداختن آن نیازی به روشن بودن خودرو نیست و در آخر اینکه راننده دغدغه‌ای برای سرویس و نگهداری از سیستم کولر و بخاری نداشته باشد.

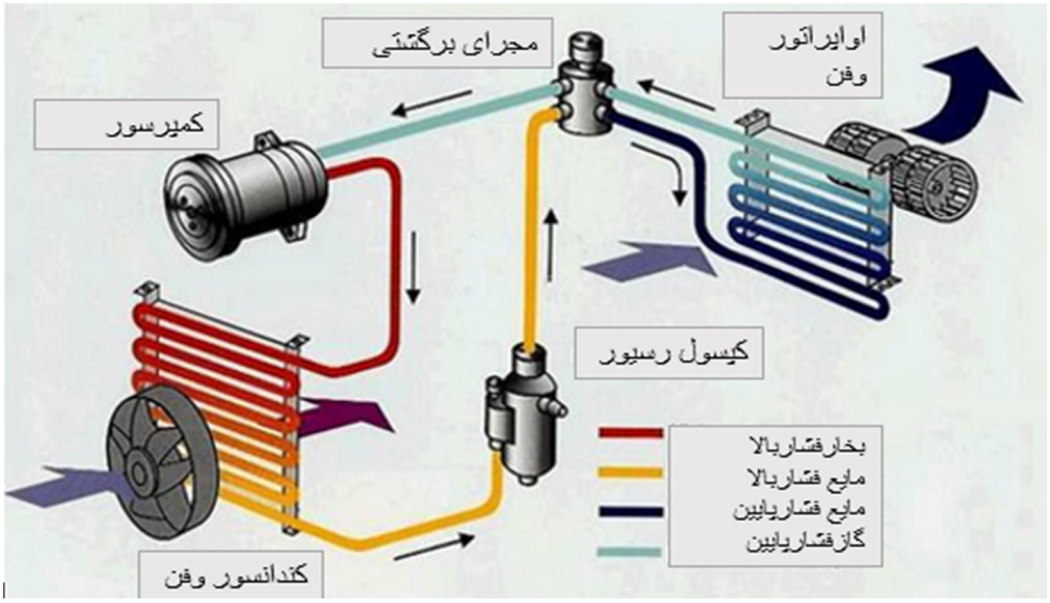
۱-۴- ساختمان کولرهای گازی کمپرسوردار

در این سیستم از یک کمپرسور پنج یا هفت پیستونه، کلاچ مغناطیسی، کندانسور، اواپراتور، کپسول رسیور، لوله‌های انتقال‌دهنده گاز، شیرانبساطی، فن کندانسور، فن اواپراتور، تعدادی شیر برقی، گاز فرئون ۱۳۴ R به‌عنوان مبرد و پولی و تسمه‌ای که از موتور نیرو اخذ می‌کند تشکیل شده است .

۱-۴-۱ طرز کار کولرگازی کمپرسوردار

زمانی که کولر بکار می‌افتد کلاچ مغناطیسی محور کمپرسور را با پولی سر آن یکپارچه کرده و کمپرسور با تسمه‌ای از موتور نیرو گرفته و به حرکت می‌افتد و شروع به مکیدن گاز R ۱۳۴ از اواپراتور و متراکم کردن آن می‌کند، گاز تا حد ۱۲ بار تحت فشار قرار گرفته و براثر این فشار بالا دمای آن به ۶۵- ۶۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. گاز متراکم به کندانسور رفته و در آنجا تا حد ۴۵ – ۴۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود و در خروج از کندانسور تقریباً تبدیل به مایع همراه با بخار متراکم می‌شود بعد به کپسول رسیور رفته و در آنجا ناخالصی و رطوبت آن گرفته شده وکاملا تبدیل به مایع می‌شود در شیر انبساطی مقدار گاز ورودی به اواپراتور اندازه‌گیری و مشخص می‌شود و حجم مخصوصی از مایع به اواپراتور رفته و با افزایش ناگهانی حجم، مایع تبخیر شده و چون تبخیر گرماگیر می‌باشد سرمایی در حدود ۵ درجه سانتی‌گراد تولید می‌شود و فشار آن‌هم به ۳/۵ بار می‌رسد.

یک فن قدرتمند این سرمای تولیدی را به درون اتاق سرنشین می‌دمد. دومرتبه این گاز توسط کمپرسور مکیده شده و این چرخه ادامه پیدا می‌کند و گاز همچنان در یک فضای بسته به مسیر خود ادامه می‌دهد. که این سرما در قبال اخذ انرژی بسیار زیادی از موتور تولید می‌شود. ازجمله کلاچ مغناطیسی حدود ۲/۶ آمپر برق مصرف می‌کند چرخاندن کمپرسور برای تولید ۱۲ بار فشار در سیستم به‌طور متوسط ۷- ۵ اسب بخار از موتور انرژی خواهد گرفت که توان فوق‌العاده زیادی روی موتور می‌باشد (افت دور ناگهانی RPM ۲۰۰-۳۰۰ موتور به‌طور لحظه‌ای خود گواه این حقیقت می‌باشد).



شکل ۱-۲ چرخه گاز کولر در سیستم کمپرسور دار

شیر برقی، فن اواپراتور و فن کندانسور همه و همه جاهایی هستند که از موتور انرژی کسب می-کنند که باعث بالا رفتن مصرف سوخت تا حدود ۳۰- ۲۵ درصد در خودرو می‌شود مثلاً در خودروی پژو ۴۰۵ با هر بار روشن کردن کولر در هر یکصد کیلومتر تقریباً ۲/۵ لیتر مصرف سوخت افزایش می‌یابد که اگر قدرتی که با این مقدار سوخت می‌توان تولید کرد محاسبه شود مشاهده می‌شود که چه توان قابل‌توجهی از موتور صرف بکار انداختن سیستم کولر ازجمله کمپرسور، فن او اواپراتور و فن کندانسور، شیر برقی کولر و کلاچ مغناطیسی می‌شود.

$$Pi = \frac{V.\rho.Cv.\eta e}{3600} \qquad (۱-۱)$$

که در رابطه (۱-۱) Pi، بیان‌گر توان تئوری موتور برحسب kW ، V دبی حجمی سوخت برحسب $Lit\ /\ h$،

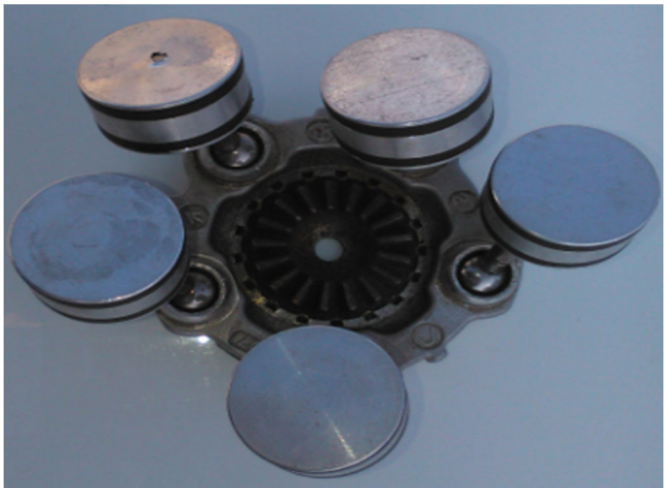
ρ چگالی نسبی بنزین معمولی برحسب kg / lit ، ارزش حرارتی سوخت (Cv) برحسب KJ/kg و ηe بازده حرارتی مفید موتور می‌باشد.

اگر سرعت خودرو km/h ۱۰۰ در نظر گرفته شود توان تئوری برابر با $pi = ۶/۳۴kW$ خواهد شد که تقریباً $۶/۳۴kW$ از قدرت حداکثر پژو که $۷۰\ kW$ در دور RPM ۵۵۰۰ می‌باشد صرف به حرکت درآوردن کولر می‌شود که با حذف سیستم کولر این مقدار توان صرف به حرکت درآوردن خودرو می‌شود. که باعث می‌شود موتور تحت فشار کمتری قرار بگیرد و استهلاک خودرو هم کمتر شود.

در کمپرسور کولر پنج پیستون قطر هر پیستون ۳۴ میلی‌متر می‌باشد پس با داشتن اطلاعات زیر در دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه می‌توان به قدرت مصرفی کمپرسور رسید.

$$Pe = Pm.A.S.K.n.\eta_m \qquad (۲-۱)$$

که قطر پیستون ۳۴میلی‌متر و فشار متوسط کمپرس $۱۰\ bar$ برابر با $۱۰۰\ N/cm^2$ ،کورس پیستون (S) برابر با ۳ سانتی‌متر، تعداد پیستون‌ها (K) برابر با ۵، دور کمپرسور (n) برابر ۳۰۰۰RPM، بازده مکانیکی کمپرسور برابر با ۸۵٪ می‌باشد. با داشتن اطلاعات بالا توان مفیدی برابر با $Pe = ۵۷۸۲\ Watt$ به دست می‌آید.



شکل ۱-۳ پیستون‌های یک کمپرسور پنج پیستونه

در کمپرسور هفت پیستون قطر هر پیستون۲۸ میلی‌متر می‌باشد با داشتن اطلاعات زیر در دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه می‌توان به توان مصرفی کمپرسور رسید.

که قطر پیستون (D) ۲۸ میلی‌متر، فشار متوسط کمپرس (P_m) برابر bar ۱۲ معادل N/Cm^2 ۱۲۰، کورس پیستون برابر با ۳ سانتی‌متر، عدد پیستون‌ها (K) برابر با ۷، دور کمپرسور برابر RPM ۳۰۰۰ معادل

$RPSm$ ۵۰ و بازده مکانیکی کمپرسور برابر با ۸۵٪ می‌باشد. با داشتن این اطلاعات توان مفید برابر با $Watt$ ۶۵۹۰ p به دست می‌آید.

طبق محاسبات بالا این قدرتی است که کمپرسورها از موتور به هدر می‌دهند حال اگر سایشی که در اثر اصطکاک تسمه و پولی‌ها و برقی که در قسمت‌های دیگر ازجمله ۲/۶ آمپر در کلاچ مغناطیسی و ۱/۵ آمپر در فن کندانسور و۱ آمپر در فن اواپراتور و ۰/۵ آمپر در شیر برقی به آن اضافه شود. توان مصرفی در این قسمت $P = ۶۱/۲\ Watt$ می‌باشد که به قدرت قبلی اضافه می‌شود. پس قدرت زیادی از موتور صرف به حرکت درآوردن سیستم کولر می‌شود که در صورت نبود سیستم کولر صرف به حرکت درآوردن خودرو می‌شد.

۱-۴-۲ مشکلات بخاری‌های رادیاتوری و کولرهای کمپرسوردار

برخی از مشکلات بخاری‌های آبی و کولرهای کمپرسوردار در خودرو را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

۱. وجود تعداد زیادی از لوازم و قطعات یدکی در سیستم کولر باعث بالا رفتن هزینه‌های اولیه در خودرو می‌شود.
۲. گرفتن حجم زیادی از خودرو به خاطر قطعات حجیم و بزرگی که در سیستم کولر بکار رفته که این می‌تواند حجم داخلی خودرو را برای سرنشینان کاهش دهد و تأثیر بسزایی در دکوراسیون داخلی خودرو داشته باشد.
۳. سنگینی قطعات بکار رفته باعث مصرف بیشتر سوخت در خودرو می‌شود.
۴. برای متراکم کردن گاز تا bar ۱۲کمپرسور قدرتمندی موردنیاز است و همین باعث می‌شود کمپرسور قدرت زیادی از موتور اخذ نموده که چیزی در حدود kW۷-۵ می‌باشد.
۵. شتاب گیری ضعیف و کاهش قدرت موتور که این قدرت می‌توانست صرف به حرکت درآوردن خودرو شود.
۶. نیاز به لوله‌کشی گاز و آب و در معرض خطر بودن لوله‌های انتقال‌دهنده ازنظر نشتی گاز یا آب از آن‌ها یا صدمه دیدن آن‌ها.
۷. آلودگی محیط‌زیست ناشی از نشت گاز به محیط (تولید گازهای گلخانه‌ای) و هم مسمومیت سرنشینان داخل خودرو.
۸. نیاز به زمان برای گرم شدن آب موتور برای استفاده از بخاری.
۹. در زمان خاموش بودن موتور از سیستم کولر یا بخاری نمی‌توان استفاده کرد.
۱۰. نیاز به سرویس و نگهداری مکرر به خاطر این‌که جریان گاز پرفشار در شلنگ‌ها و لوله‌هایی که در معرض لرزش‌های مکرر خودرو قرار دارند درحرکت است که این می‌تواند یک دغدغه فکری برای مالک خودرو باشد. باوجود مشکلاتی که سیستم سرمایشی در خودروها دارند

خودروسازان به فکر ساخت کولرهایی هستند که حداقل مصرف انرژی را داشته باشند تا در رقابت با خودروسازان دیگر عقب نمانند و خودرویی بسازند که حداقل سوخت را مصرف کند چون یکی از دغدغه‌های خودروسازان و مشتریان آن‌ها مسئله مصرف سوخت است. که هرچقدر مصرف سوخت خودرویی پایین‌تر باشد طرفداران بیشتری دارد هم به خاطر بحران گرانی سوخت و هم از منظر طرفداران محیط‌زیست که آلودگی کمتری داشته باشد.

فصل ۲ مبانی ترموالکتریک

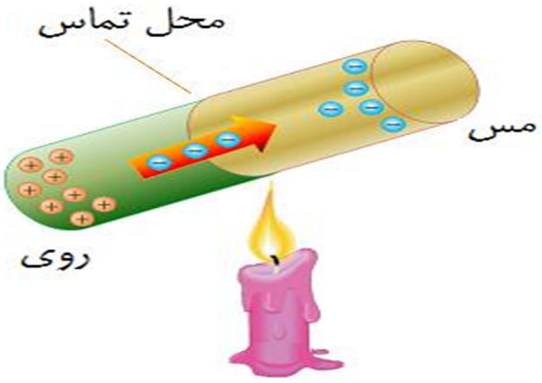
۲-۱- ترموالکتریک چیست؟

ترموالکتریک توصیفی بر تولید برق از اختلاف دما و به وجود آوردن اختلاف دما با جاری‌سازی جریان الکتریسیته می‌باشد. اگر به یک المان ترموالکتریک برق DC متصل شود حرارت تولید می‌کند حال اگر جریان برق (جهت مثبت و منفی) عوض شود سرما تولید می‌کند[۴]. پس اگر در حجم بالا از این المان‌ها ساخته شود و به‌طور سری به هم متصل شود می‌تواند سرما و گرمای زیادی تولید کند پس این می‌تواند جایگزین خوبی برای کولر و یا بخاری خودرو باشد. یعنی کولری بدون کمپرسور و گاز و بخاری بدون رادیاتور و آب گرم ساخته شود و از مشکلاتی که کولرهای گازی کمپرسوردار و بخاری-های رادیاتوری در خودرو به همراه دارند بر حذر بود تا دغدغه فکری راننده برای سرویس و نگهداری از این سیستم تهویه و تبرید آزاردهنده نیز کم شود.

۲-۲- تاریخچه ترموالکتریک

همان‌طور که در فصل قبل بیان شد سی بک دانشمند آلمانی دریافت که اگر محل اتصال دو فلز ناهمانند دارای اختلاف دمایی باشند افت ولتاژ ایجاد می‌شود اما حالت معکوس به این صورت است که اگر افت ولتاژی در محل اتصال این دو به وجود آید اختلاف دما به وجود می‌آید [۱].

همچنین اشاره شد که پلتیر در محل اتصال سیم‌هایی از جنس آنتیموان و بیسموت قطره آبی ریخت و جریان الکتریسیته اعمال کرد این قطره آب یخ زد و زمانی که جریان معکوس شد یخ ذوب و حتی بخار شد. علت این پدیده آن است که الکترون‌ها حامل انرژی گرمایی هستند و می‌توانند توسط اعمال ولتاژ از باتری از انتهای سرد به انتهای گرم حرکت کنند [۲].



شکل ۲-۱ حرکت الکترون‌ها از انتهای سرد به انتهای گرم براثر ایجاد گرما

سیستم پلتیر از یک رشته نیمه‌هادی تشکیل گردیده است و به‌گونه‌ای تعبیه شده که یک نوع از حامل‌های بار(مثبت و منفی) بخش زیادی از جریان را حمل می‌کنند و به‌گونه‌ای شکل داده‌شده‌اند که ازنظر الکتریکی باهم N / P زوج‌هایی بسازند[۹].

در این سیستم حامل‌های بار منفی و مثبت DC وقتی ولتاژ در رشته قرص‌ها (المان‌ها) انرژی گرمایی را از یک سطح لایه خروجی دریافت و آن را در سطح طرف دیگر آزاد می‌کنند. محلی که انرژی گرمایی از آن جذب می‌شود سرد می‌گردد و سطح مخالف که انرژی گرمایی را دریافت می‌کند گرم می‌شود. با استفاده از این روش ساده تلمبه گرمایی فن‌آوری ترموالکتریک در کاربردهای گسترده ای از قبیل خنک‌کننده‌های دیودی کوچک، یخچال‌های قابل‌حمل، سردکننده‌های مایع و غیره استفاده می‌شود[۱۰].

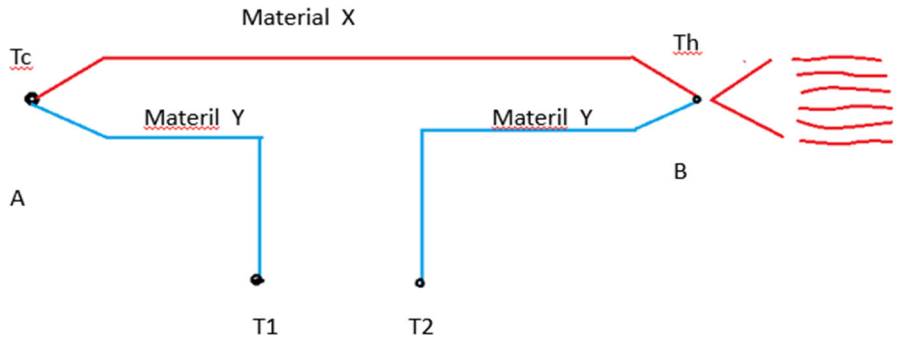
در سال ۱۸۳۸ زبک[1] نشان داد که بسته به جهت جریان حرارت می‌تواند از نقطه اتصال فلزات جذب شود تا حدی که آب منجمد و به یخ تبدیل شود. و یا با تغییر جهت جریان حرارت ایجاد شود تا منجر به ذوب یخ شود. حرارت جذب و یا ایجاد شده در نقطه اتصال با میزان جریان الکتریکی متناسب است. این تناسب دارای ثابت تناسبی به نام ضریب پلتیر است[۱۱].

[1] Zebak

اثرات سی بک، پلتیر، زبک، تامسون و چند پدیده دیگر در مجموع اصولی اساسی در ترموالکتریک می‌باشند که در ادامه بدون وارد شدن به جزئیات ریز آن‌ها به شرح برخی از این اثرات پرداخته می-شود :

۲-۲-۱ اثر سی بک

برای نمایش اثر سی بک بهتر است ابتدا به یک مدار ساده ترموکوپل که در شکل ۲-۲ نشان داده‌شده است.



شکل ۲-۲ اختلاف پتانسیل به‌دست‌آمده در دو سر یک نیمه‌هادی

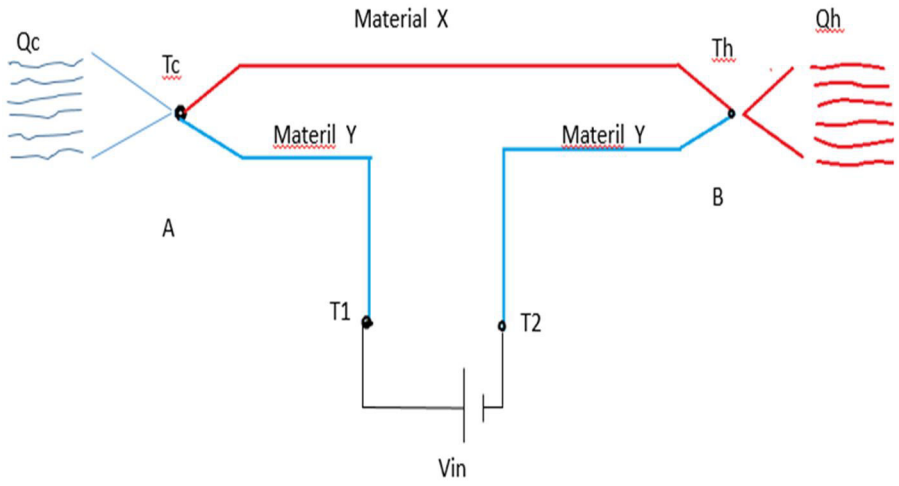
مشاده می‌شود رساناهای ترموکوپل دو فلز غیر متشابه هستند مانند ماده X و ماده Y هرگاه ترموکوپل B در دمای بالاتری قرار گیردگرمای اعمال شده به ترموکوپل B که از دمای ترموکوپل A بیشتر است سبب ایجاد یک اختلاف‌پتانسیل Vo در دو سر T_1 و T_2 می‌گردد که توسط فرمول زیر قابل‌محاسبه می‌باشد.

$$v_o = X.Y(T_c - T_h) \qquad (۱-۲)$$

که v_o ولتاژ پدید آمده در اثر اختلاف دما، $X.Y$ تفاضل نسبت سی بک بین دو ماده X و Y، T_h و T_c مقادیر دمای گرم و سرد برحسب درجه کلوین هست[۱۲].

۲-۲-۲ اثرپلتیر

اثر پلتیر به پیوندگاه هم‌دمای بین دو ماده متفاوت نسبت داده می‌شود وقتی از این پیوندگاه جریان در یک‌جهت عبور کند گرما ایجاد می‌شود با معکوس کردن جهت این جریان باعث جذب همان مقدار گرما می‌شود. این گرما با چگالی جریان نسبت مستقیم دارد و جهت جریانی که به تولید گرما می انجامد به کمک ضرایب زبک در دو ماده قابل تعیین است. اثر پلتیر را برای ساختن وسیله‌ای که قسمت‌های متحرک نداشته باشد می‌توان بکار برد[۱۳].



شکل ۲-۳ اختلاف دما در دو سر نیمه‌هادی بر اثر برقراری جریان الکتریسیته

اگر ترموکوپل‌های شکل ۲-۲ مطابق مدار شکل ۲-۳ کنار هم قرار داده شود یک پدیده معکوس از حالت

سی بک رخ خواهد داد که موسوم به اثر پلتیر می‌باشد. اگر در ترمینال‌های T_1 و T_2 یک اختلاف‌پتانسیل Vin قرار داده شود جریانی در مدار برقرار خواهد شد که درنتیجه یک عمل سرمایش خفیف دریکی از سطوح ترموکوپل‌ها انجام می‌گیرد اثر پلتیر به شرح روابط ریاضی به‌قرار زیر خواهد بود :

$$Q_c = XY.IQ_h \qquad (۲-۲)$$

که در این رابطه XY تفاضل نسبت اثر پلتیر در دو ماده X و Y برحسب ولت، I جریان جاری شده برحسب آمپر، Q_h یا Q_c میزان سرمایش یا گرمایش برحسب وات می‌باشد.

قابل‌ذکراست که بر اساس قانون ژول یک مقدار تلفات اهمی $I.R$ نیز در این مدار خواهد بود که از میزان سرمایش سیستم خواهد کاست[۱۴].

۲-۲-۳ اثر زبک

اگر ماده‌ای که حاوی الکترون‌های متحرک است در معرض جریان گرمایی قرار بگیرد و این به ایجاد اختلاف دما منجر شود برای یک جسم همگن و مدارباز داخل ماده منجر شود در این صورت با یک اختلاف‌پتانسیل روبرو خواهدشد. رابطه بین اختلاف‌پتانسیل و اختلاف دما بدین شرح است :

$$\Delta v = SA\,(T_{mean})\,\Delta T \qquad (۳-۲)$$

که در رابطه فوق $T_{mean} = \frac{T_2+T_1}{2}$ و $\Delta T = T_2 - T_1$ می‌باشد.

در دمای A توان گرمایی ماده $\Delta T\,(Tmean)$ ، SA که در آن توان الکتریک یا ضریب زبک نیز نامیده

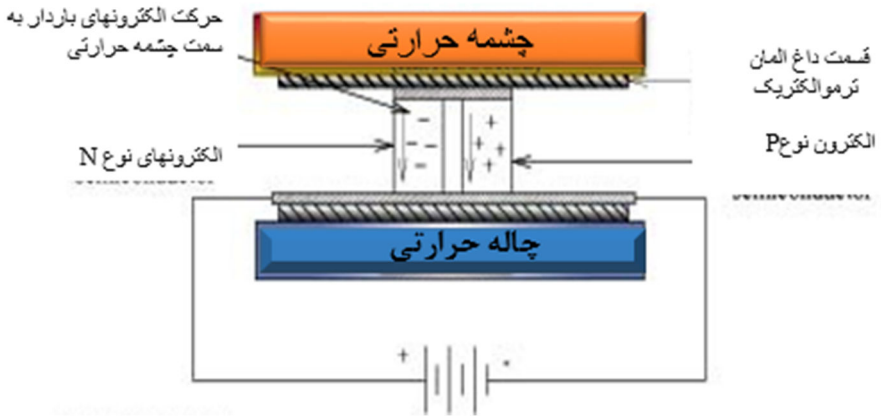
می‌شود. نام اخیر برای نیم‌رساناها متداول شده است از ضریب معادله بالا می‌توان نتیجه گرفت و به معادله کلی‌تر زیر رسید[۱۵].

$$(T_{mean})\,\Delta Tv = \int SA \qquad (۴-۲)$$

۲-۲-۴ اثر تامسون

بیست سال بعد "ویلیام تامسون "که مدتی بعد لقب لرد کلوین را دریافت نمود توضیح جامعی از اثرهای "زبک"و"پلتیر"را ثبت نمود و رابطه بین آن‌ها را تشریح کرد. تشریح رابطه بین اثر "زبک"و "پلتیر" به‌عنوان روابط کلوین شناخته می‌شوند. ضرایب زبک و پلتیر به‌واسطه ترمودینامیک به هم مرتبط شده‌اند. ضریب پلتیر به‌سادگی عبارت است از ضریب زبک ضربدر دمای مطلق[۱۴].

اثر تامسون در ماده واحدی که گرادیان دمایی هم داشته باشد رخ می‌دهد. جریان در یک‌جهت گرما تولید می‌کند درحالی‌که در جهت مخالف همان گرما را جذب می‌کند. با استفاده از این اصل، برای آشکارسازهای مختلف اپتیکی خنک‌کننده‌های ترمودینامیکی ساخته‌شده است. در اثر تامسون حرارت ایجاد و یا جذب می‌شود درصورتی‌که جریان براثر گرادیان دمایی در ماده ایجاد شود حرارت با هر دو گرادیان دمایی و جریان الکتریکی متناسب است. این ثابت تناسب که بنام "ضریب تامسون " شناخته‌شده با روابط ترمودینامیکی به ضریب زبک وابسته است[۱۷].



شکل ۲-۴ با حرکت زوج الکترون‌های نوع P/ N یک چاله حرارتی و چشمه حرارتی ساخته می‌شود

۲-۲-۵ فاکتورشایستگی

ادموند آلتکیرخ اولین فردی بود که مدل خاصیت ثابت را بکار برد تا بیشینه بازده یک مولد ترموالکتریکی را به دست آورد.(سال ۱۹۰۹میلادی) و سپس کار آیی یک خنک‌کننده ترموالکتریکی را در سال ۱۹۱۱ درحالی‌که طراحی و شرایط کاری کاملاً بهینه ماده ترموالکتریک بسط سازی شده بود بررسی نمود. این روابط صحیح بعدها به‌عنوان "فاکتور شایستگی" نمایش داده شد[۱۸]. در فاکتور شایستگی ملاک یک ماده ترموالکتریک خوب بدین‌صورت است که ضریب Z داده‌شده که با زبک بزرگ و هدایت الکتریکی بالایی در کنار هدایت حرارتی پایین نیاز است تا بازده ماده ترموالکتریک به بالاترین حد خود برسد[۱۸]. اولین اندازه‌گیری‌ها و آزمایش‌ها هدایت الکتریکی که توسط آرنولد

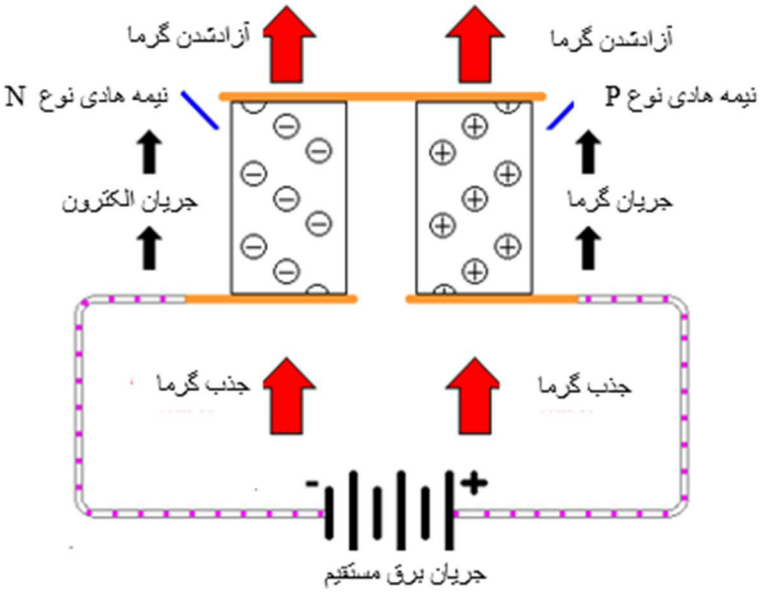
اویکن[1] بر روی جامدات صورت گرفته نشان داد که عیوب نقطه‌ای که در آلیاژها یافت می‌شوند به‌طور قابل‌توجهی مؤلفه شبکه کریستالی هدایت حرارتی را کاهش می‌دهد. تدبیری که برای مواد ترموالکتریک بسیار مهم و حیاتی شد[۱۹]. در سال ۱۹۴۹ آبرام فدورووِیچ آیف نظریه مدرنی از ترموالکتریسیته را بسط داد که با استفاده از مفهوم "فاکتور" بود. آیف همچنین استفاده از مواد نیم‌رساناها به‌عنوان مواد ترموالکتریک و استفاده از فیزیک ZT - شایستگی نیم‌رساناها برای بررسی و تحلیل نتایج و بهینه‌سازی عملکرد ترموالکتریک را ترویج داد[۲۰]. مواد ترموالکتریک با فاکتور شایستگی بالا معمولاً نیمه‌رساناهایی که به‌طور سنگینی آلایش شده‌اند می‌باشند. شناخته‌ترین آن‌ها فلورایدهای آنتیموانی بیسموت و سرب هستند. آیف و انستیتوی او در سن‌پترزبورگ، پژوهش در ترموالکتریک را دنبال کردند و در شوروی توسعه دادند تاجایی‌که اولین دستگاه‌ها به شکل ژنراتور و خنک‌کننده از ترموالکتریک‌های تجاری را ساختند. آیف از اولین افرادی بود که آلیاژسازی برای کاهش هدایت حرارتی در شبکه کریستالی را با استفاده از ایجاد عیوب نقطه‌ای در شبکه بلوری ترویج داد[۶].

یکی از افرادی که برای اولین بار سرد کردن تا صفر درجه سانتی‌گراد توسط ترموالکتریک را به نمایش درآورد جولین گلد سمیت بود که این کار را در سال ۱۹۵۴ با استفاده از آلیاژ بیسموت فلوراید کرد. گلدسمیت تا به امروز کتاب‌های متعددی را درزمینه مبانی ترموالکتریسیته و مواد ترموالکتریک به نگارش درآورده است. وی که اهل کشور استرالیاست به‌عنوان سمبل و دانشمند برتر عصر حاضر در این زمینه شناخته می‌شود و به احترام نام وی سالیانه به افرادی که برترین تحقیقات را در زمینه مواد ترموالکتریک انجام می‌دهند جوایزی تحت نام وی داده می‌شود[۲۱]. در مواد ترموالکتریک حفره‌ها و الکترون‌های آزادی وجود دارند که حامل بار الکتریکی و حرارت هستند .

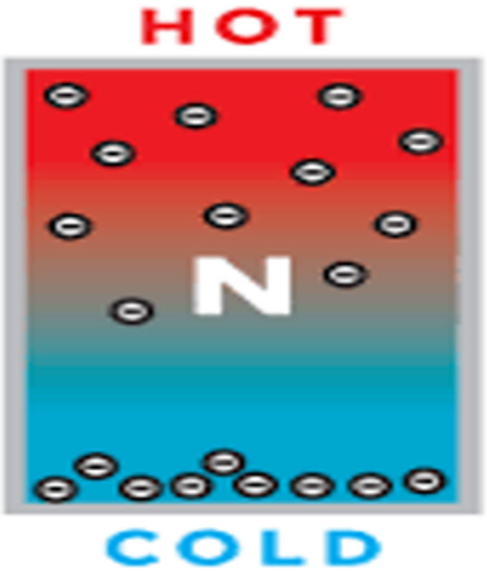
به‌طور تقریبی می‌توان گفت که الکترون‌ها و حفره‌ها در یک نیمه رسانای ترموالکتریکی شبیه یک گاز از ذرات باردار رفتار می‌کنند. اگر یک گاز معمولی (بدون بار) در یک جعبه با گرادیان دمایی قرار گیرد

[1] Arnold evieken

بطوریکه یک سمت جعبه سرد و سمت دیگر داغ باشد، مولکول‌های گاز در سمت داغ سریع‌تر از مولکول‌های سمت سرد حرکت خواهند کرد. این مولکول‌های سریع‌تر، بیشتر از مولکول‌های سرد نفوذ خواهند کرد بنابراین یک انباشتگی از مولکول‌ها (چگالی بیشتر)در سمت سرد به وجود خواهد آمد. این گرادیان در چگالی باعث رانش مولکول‌ها همراه با نفوذ به عقب به سمت داغ جعبه خواهد شد[۲۲].

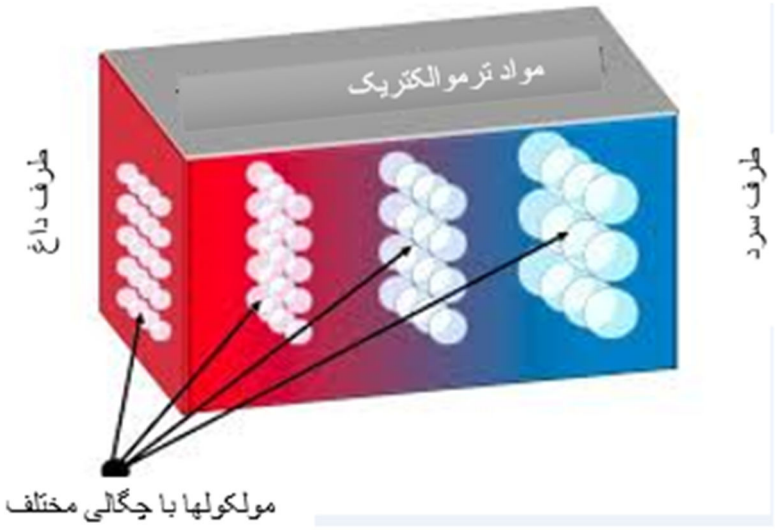


شکل ۲-۵ نمایش حفره‌ها و الکترون‌های آزاد که حامل بار الکتریکی و حرارت هستند



شکل ۲-۶ نمایش تراکم بیشتر گاز بدون بار در سمت سرد و انبساط بیشتر آن در سمت گرم

در حالت پایدار، اثر گرادیان در چگالی کاملاً برعکس اثر گرادیان دمایی عمل خواهد نمود و در نتیجه جریان خالص مولکول از سمتی به سمت دیگر وجود نخواهد داشت. اگر مولکول‌ها باردار باشند انبوه مولکول‌های باردار در سمت سرد جعبه باعث نیروی دافعه الکترواستاتیکی خواهند شد تا بار را به سمت داغ پس براند. پتانسیل الکتریکی(ولتاژ) ایجاد شده توسط یک اختلاف دما به اثر زبک شناخته شده و ثابت تناسب آن ضریب زبک نامیده می‌شود.



شکل ۲-۷ انباشت مولکول‌ها در قسمت گرم و تراکم کمتر مولکول‌ها در قسمت سرد درگاز باردار

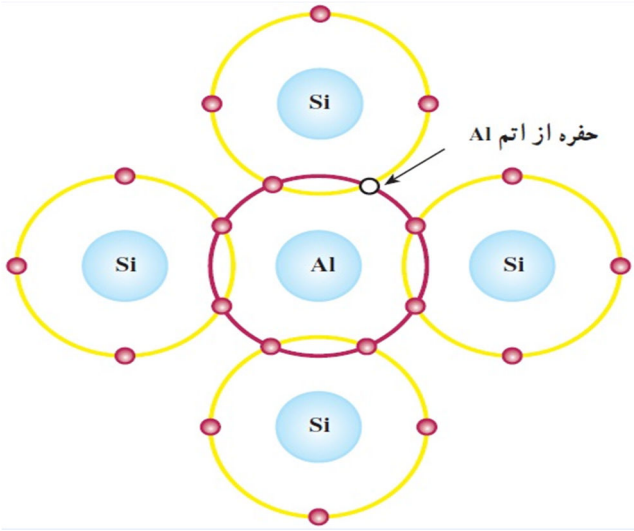
چنانچه بارهای آزاد در ماده مثبت باشند (ماده از نوع P است) بار مثبت در سمت سردتر ماده انباشته شده که پتانسیل مثبت خواهد داشت. به همین ترتیب بارهای آزاد منفی (ماده از نوع N) پتانسیل منفی در سمت سرد ایجاد خواهد کرد [۲۲].

ضریب زبک یکی از پارامترهای مهم مواد ترموالکتریک محسوب می‌شود که افزایش آن (چنانچه سایر پارامترها ثابت فرض شوند) باعث افزایش بازده ماده می‌شود. برای اینکه ضریب زبک یک ماده به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شود کافی است اختلاف ولتاژ ایجاد شده در دو سر ماده بر میزان اختلاف دمای دو سر ماده تقسیم شود[۲۳].

۲-۲-۶ ترموالکتریک وتولید جریان الکتریسیته

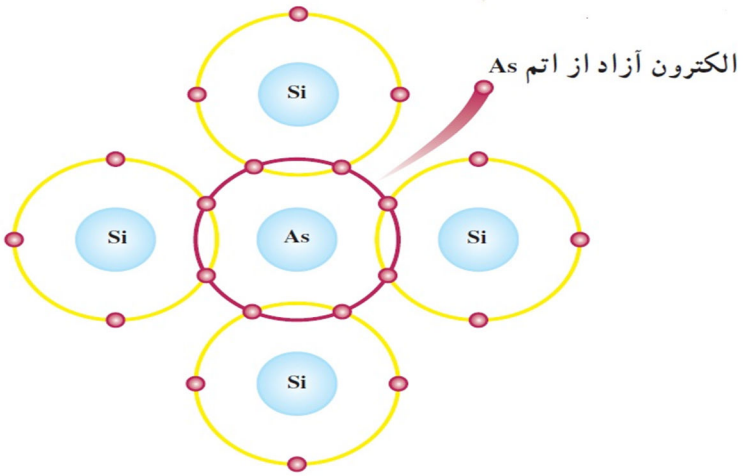
می‌دانیم برخی از عناصر مانند ژرمانیم و سیلیسیم ذاتاً رسانایی ضعیفی دارند و الکترون آزاد ندارند. اما اگر آن‌ها را با مقادیر کمی ناخالصی‌های خاص مثل آلومینیم و آرسنیک مخلوط کنیم به نتایج جالبی می‌رسیم. آرسنیک اتمی با ۵ الکترون ظرفیتی است و با ترکیب با سیلیسیم که ۴ الکترون ظرفیتی دارد یک الکترون آزاد تشکیل می‌دهد. همچنین آلومینیم با ۳ الکترون ظرفیتی است که با ترکیب

شدن با سیلیسیم یک حفره به وجود می‌آید. به ترکیب اولی نیمه‌هادی نوع N و به ترکیب نوع دوم، نیمه‌هادی نوع P می‌گویند[۲۴].



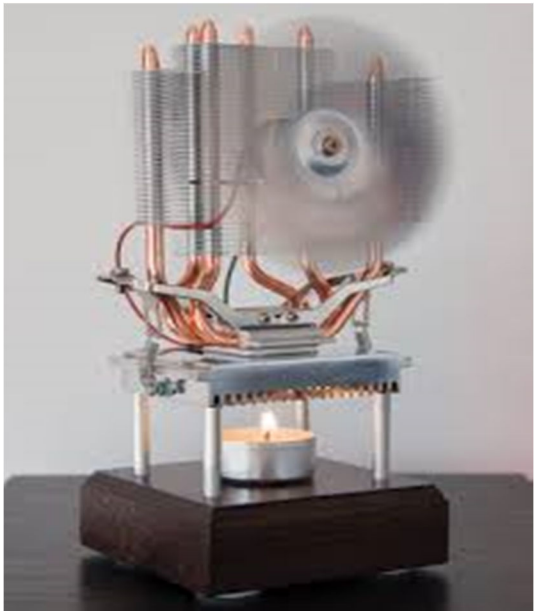
شکل ۲-۸ ایجاد حفره در ترکیب سیلیسیم و آلومینیم

در یک سلول خورشیدی با برخورد فوتون‌ها به ترکیب N-P انرژی آن باعث فعال شدن باند خنثی‌شده و الکترون‌ها جریان می‌یابند. ولی در ترموالکتریک شاید کار کمی پیچیده‌تر باشد.



شکل ۲-۹ تولید الکترون آزاد در ترکیب سیلیسیم وآرسنیک

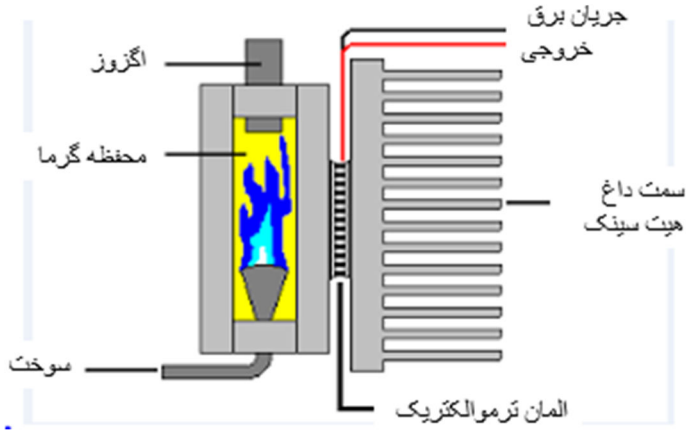
پدیده انتقال گرما در اجسام به دلیل ارتعاش الکترون‌ها به وجود می‌آید پس می‌توان کار را برعکس آن انجام داد یعنی با گرما باعث ارتعاش الکترون و تولید جریان الکتریسیته شد .همان‌طور که گفته شد جدیداً سیم اکسید روی را درون سیلیکون قراردادند و ابزار ترموالکتریک جدیدی ساختند که می‌تواند با بازدهی ده برابری گرما را به الکتریسیته تبدیل کند[۲۵].



شکل ۲-۱۰ تولید برق از ترموالکتریک با استفاده از گرما

محققان امیدوارند که این ابزار ترموالکتریک بتواند گرمای موتور خودروها را به الکتریسیته تبدیل کند. یک دستگاه ترموالکتریک وسیله‌ای است که در صورت وجود اختلاف دما در دو سرش ولتاژی پدید می‌آورد و در مقابل در صورت گرفتن ولتاژ در دوسرش اختلاف دما ایجاد می‌شود. اساساً این فناوری شبیه چیزی است که سازمان ناسا برای تولید الکتریسیته در کاوشگرهای فضایی به خدمت می‌گیرد چون در آنجا نیز تجهیزات مستعد سایش وجود دارند که گرمای زیادی تولید کنند امروزه حدود ۳۵ سال است که از فناوری ترموالکتریک در کاوشگرهای فضایی استفاده می‌شود. همان‌طور که بیان شد دستگاه‌های ترموالکتریک به دو صورت کار می‌کنند یعنی اگر به آن‌ها برق داده شود می‌توان از آن‌ها برای سرمایش و گرمایش استفاده کرد ولی اگر به آن‌ها اختلاف درجه حرارت اعمال شود می‌توان از

آن‌ها الکتریسیته گرفت. که البته در خودرو می‌توان بر کارکرد دوم آن متمرکز شد.این بدان خاطر است که در یک موتور احتراق داخلی فقط حدود یک‌چهارم از انرژی بنزین صرف به حرکت درآوردن چرخ‌ها می‌شود و حدود ۴۰٪ از این انرژی از اگزوز خارج می‌شود و حدود ۳۰٪ باقیمانده هم از طریق خنک کردن موتور از بین می‌رود. این بدان معنی است که حدود ۷۰٪ انرژی سوخت به هدر می‌رود حال اگر بتوان قسمتی از این انرژی را بازیابی و به الکتریسیته تبدیل کرد می‌توان بهره‌وری از سوخت را افزایش داد.



شکل ۲-۱۱ تولید جریان الکتریسیته بر اثر اختلاف دما در دو طرف المان

همانطوری‌که در یک خودروی شورولت و یا در B M W در سال ۲۰۰۹ این المان‌ها نصب شدند و توانستند در یک ترافیک شلوغ شهری ۸۰۰ $watt$ توان تولید کنند[۲۶].

در صورت تحقق این موضوع و به‌کارگیری مواد ترموالکتریک در خودروهای جدید می‌توان تصور کرد وضعیت تولید الکتریسیته در خودروها به چه میزان تغییر کرده و بهبود خواهد یافت. پس نتیجه می‌شود که مولدهای ترموالکتریک ابزارهای حالت جامد هستند که گرما را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند. برعکس موتورهای حرارتی معمول مولدهای ترموالکتریک دارای اجزای متحرک نبوده و کاملاً بی‌صدا می‌باشند. این مولدها در مقایسه با موتورهای حرارتی معمول بازده کمتری دارند ولی برای کاربردهای کوچک‌تر مولدهای ترموالکتریک به دلیل کم حجم بودن، ارزان و قابل‌اندازه‌گیری بودن

مفیدتر خواهند بود. سیستم‌های ترموالکتریک می‌توانند به‌راحتی برای منابع گرمایی کوچک و اختلاف دماهای کم طراحی شوند این مولدها می‌توانند برای بازیابی گرمای تلف شونده در خانه‌ها به تولید انبوه برسند. نوع کوچک‌تر این مولدها می‌توانند برای تولید نیروی لازم برای ساعت‌های مچی و یا شارژ باتری موبایل از طریق گرمای بدن بکار گرفته شوند[۲۷].

شکل ۲-۱۲ تولید ولتاژ بر اثر اختلاف دما بین محیط و بدن انسان

بهترین ماده‌ای که می‌تواند راندمان بالایی داشته باشد فلورید سرب(مرسوم ترین ماده ترمو الکتریک) است. که اساساً درون ماده فلورید سرب تعداد محدودی الکترون با امکان دارا بودن انرژی کافی برای تبدیل حرارت به الکتریسیته وجود دارد. اصطلاحاً به این انرژی، انرژی یا سطح فرمی گفته می‌شود به ترکیب فلورید سرب می‌توان مقدار کمی تالیم اضافه کرد تا سطح بالایی از انرژی را دریافت کرد. این موضوع به دلیل رزونانس(تشدید) مناسب بین الکترون‌های موجود در تالیم با ماده فلورید سرب است.

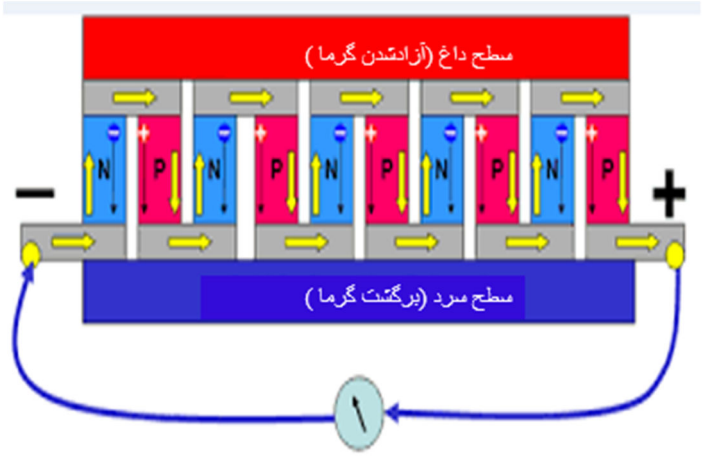
آزمایش‌ها نشان می‌دهد بهترین کارآیی معجون تالیم با فلورید سرب در دمای $^{\circ}C$ ۵۱۰ – ۲۳۰ حاصل شده است که این معادل دمای موتور خودروهاست یا در اگزوز خودروها قبل و بعد از کاتالیست چنین دمایی قابل‌دسترسی است. که از گازهای بد بوی اگزوز کمک گرفت و برق تولید کرد و مصرف بالای سوخت را کاهش داد[۲۸].

شکل ۲-۱۳ محل نصب المان‌های ترموالکتریک در مسیر طولانی اگزوز به‌منظور تولید الکتریسیته

۲-۲-۷ توان ترموالکتریک

یک مولد ترموالکتریک نیروی الکتریکی را از طریق جریان گرمایی دو نقطه با دمای متفاوت تولید می‌کند. با جریان یافتن گرما از سمت منبع گرم به سرد حاملان بار آزاد (الکترون‌ها یا حفره‌ها) موجود در ماده نیز به سمت سرد رانده می‌شوند[۲۹]. ولتاژ ایجادشده (V) با اختلاف دما (ΔT) از طریق ضریب سیبک (α) متناسب است با :

$$V = \alpha \Delta T \qquad (۵-۲)$$



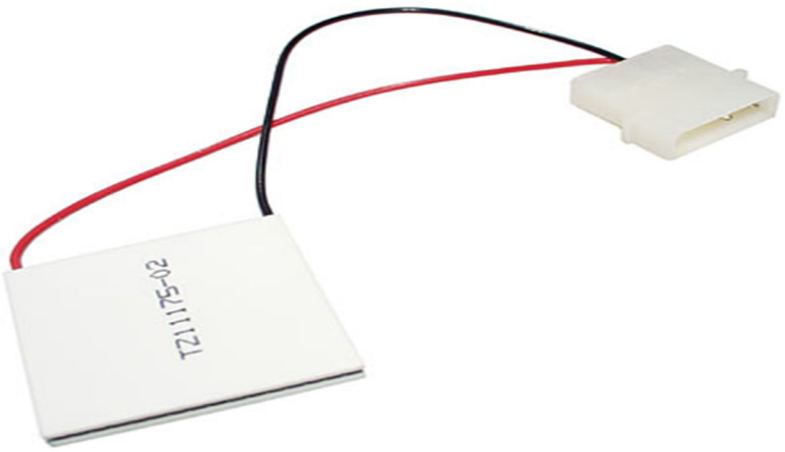
شکل ۲-۱۴ نمایش حرکت حفره‌ها و الکترون‌ها در سیستم ترموالکتریک و تولید منطقه گرم و سرد

با اتصال یک ماده الکترون رسانا (نیمه‌رسانای نوع N) و یک ماده حفره رسانا (نیمه‌رسانای نوع P) به‌طور سری ولتاژی به دست می‌آید که می‌تواند توان کوچکی ایجاد کند. یک ماده ترمودینامیک خوب ضریب زبک بین ۳۰۰- ۱۰۰دارد. بنابراین به‌منظور ایجاد ولتاژی کوچک چندین جفت ماده ترموالکتریک باید به‌طور سری به هم وصل شوند تا یک مولد ساخته شود[۲۹]. یک مولد ترموالکتریک گرمای (Q) را به توان الکتریکی (P) با بازده (η) طبق رابطه زیر تبدیل می‌کند.

$$P = \eta . Q \qquad (۶-۲)$$

۲-۲-۸ مواد ترموالکتریک

در جریان جنگ‌های جهانی و پس از آن ترموالکتریسیته به‌صورت پویایی مورد استفاده قرار گرفت چراکه در فن‌آوری ارزشمندی مانند موارد خنک‌کننده‌ها و یا مولدهای نیرو برای مصارف نظامی و فضانوردی در کنار موارد استفاده عموم مردم کاربرد داشت در دهه ۱۹۵۰ میلادی بازده‌های مواد مولد به ۵ درصد رسیده بود و سرد کردن از دمای محیط تا کمتر از صفر درجه سلسیوس نیز توسط مواد ترموالکتریک به نمایش درآمده بود که درنهایت به صنایع حیاتی نیزکمک کرد بسیاری بر این باور بودند که مواد ترموالکتریک به‌زودی جایگزین موتورهای حرارتی متداول و یخچال‌ها خواهند شد.



شکل ۲-۱۵ نمایش یک المان واقعی ترموالکتریک که دردوطرف آن با سرامیک محافظت شده است

علاقه و پژوهش درزمینه ترموالکتریک‌ها به‌سرعت رشد کرد و حتی در صنایع لوازم خانگی مانند شرکت وستینگهاوس و یا دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های پژوهشکده‌های ملی نیز کشیده شد. ولی در دهه ۶۰ میلادی از آهنگ پیشرفت کاسته شد چراکه بحث‌هایی بر سر حد نهایی و بالایی فاکتور شایستگی مواد ترموالکتریک به میان آمد. و این نکته که حد نهایی این فاکتور یک است بسیاری از برنامه‌های پژوهش در این زمان متوقف و منتفی شدند. گرچه تعدادی گزارش در مورد فاکتور شایستگی بالای یک هم از آن زمان به چشم می‌خورد .

امروزه موادی که در ساخت ترموالکتریک‌های مورد مصرف مبردها بکار گرفته می‌شود عموماً آلیاژی از بیسموت فلورید می‌باشند این آلیاژ مناسب است برای ساخت نیمه هادی‌هایی که منحصراً خاصیت منفی یا مثبت داشته باشند. مواد ترموالکتریک عموماً به روش کریستالیزاسیون از مواد مذاب یا روش پودر متالوژی تهیه می‌گردند. هرکدام از روش‌های تولید مزیت‌های خاص خودشان را دارند[۳۰]. علاوه بر بیسموت فلورید مواد دیگری همچون آلیاژهای Pb Te، سیلیکون ژرمانیم Si Ge و بیسموت آنتیومی Ba Sb و نیمه هادی‌های دیگری مثل فلورید سرب، مس، تالیم، کریستال فلورید سرب، آنتیموان، اکسید روی درون سیلیکون ممکن است در ساخت ترموالکتریک‌ها نیز بکار گرفته شوند. طبق آزمایش‌ها انجام‌شده آلیاژ بیسموت فلورید بهترین کارآیی را برای اغلب دستگاه‌های سرمایش

دارا می‌باشد. در حال حاضر مواد ترموالکتریکی موجود در بازار کارآیی کمی برای تولید الکتریسیته دارند در بسیاری از مواد، گرما یک موج در ساختار اتمی ماده ایجاد می‌کند که این موج موجب لرزش سریع اتم‌ها می‌شود و کارآیی این سیستم کم می‌شود .

همچنین گروهی که تحت عنوان ستاد ویژه فناوری نانو فعالیت می‌کردند توانستند سیم اکسید روی را درون سیلیکون قرار دهند و ابزار ترموالکتریکی جدیدی بسازند که می‌توانست گرما را به الکتریسیته تبدیل کند.

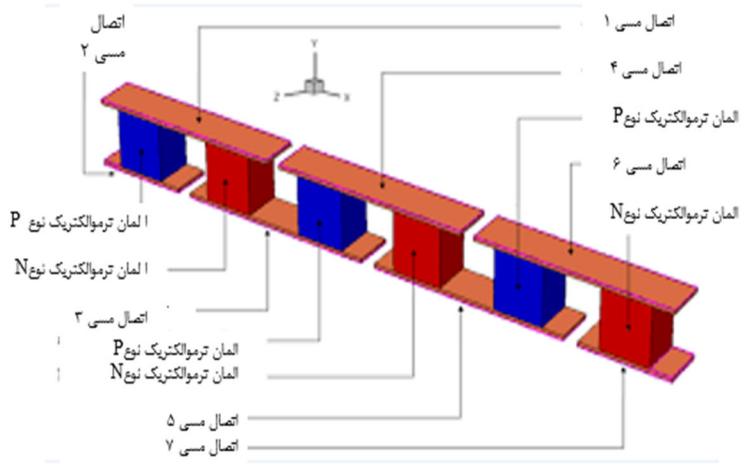
بروس وایت[1] سرپرست این گروه تحقیقاتی، تصمیم به ساخت ماده‌ای گرفت که کمترین اثر نوسانات اتمی را داشته باشد با این کار بیشتر جریان گرمایی صرف حرکت دادن الکترون‌ها می‌شود که این ماده باید فراوان و غیر سمی‌باشد. برای این منظور او به سراغ اکسید روی رفت که این ماده‌ای ارزان، فراوان و ایمن است. مشکل روی آن است که پیش از تبدیل انرژی گرمایی به الکتریسیته این انرژی را صرف لرزش اتم‌ها می‌کند . وایت برای رفع این مشکل نانوسیم‌هایی از اکسید روی تولید کرد سپس این نانوسیم‌ها را درون آئروژل سیلیکا قرارداد(آئروژل سیلیکا عایق حرارتی است) با این کار اثر نارسانا بودن آئروژل‌ها بر روی نانوسیم اکسید روی اثر گذاشت و بدین ترتیب حرکت موج گرمایی در آن به‌شدت کاهش یافت به‌طوری‌که نوسانات اتمی حاصل از گرما در این ساختار جدید ۱۰ برابر کاهش یافت . وایت گفت : از این مبدل انرژی جدید می‌توان برای تبدیل گرمای تولید شده در موتور خودرو به انرژی الکتریکی استفاده کرد و یا از سرما و گرمای تولیدی در این المان در دستگاه‌های حرارتی و برودتی سود برد[۳۱].

همچنین جف اوربان[2] از آزمایشگاه ملی لورنس برکلی همراه با همکارانش تلاش کرده‌اند تا ماده ترموالکتریک بروش جدیدی بسازند آن‌ها از طریق پیچیدن یک پلیمر رسانا به دور نانو میله‌های فلوریم یک ماده کامپوزیتی نانومقیاس ساخته‌اند. این ماده کامپوزیتی را می‌توان به‌راحتی به روش

[1] Bruse waite
[2] Joufe ourbane

چرخشی قالب‌گیری کرده و یا با استفاده از یک محلول آبی آن‌ها به شکل یک فیلم نازک چاپ کرد [۳۲].

علاوه بر ارزان بودن و سادگی تولید ویژگی ترموالکتریکی این ماده کامپوزیتی هزاران برابر بهتر از ویژگی ترموالکتریکی نانو میله یا پلیمر به‌تنهایی است .



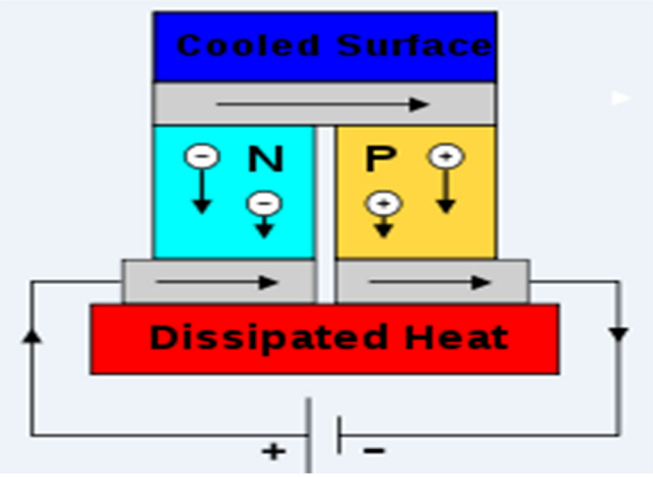
شکل ۲-۱۶ چیدمان اتصال‌های سری و موازی در المان‌های ترموالکتریک

۲-۲-۹ واحدهای مبرد ترموالکتریک

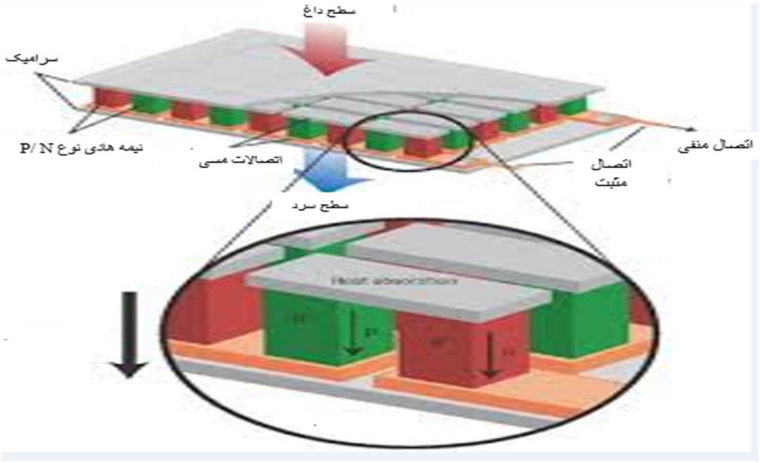
نمونه عملی مبردهای ترموالکتریک شامل دو یا چند دسته از نیمه‌هادی‌ها بودند که ازلحاظ الکتریکی به‌صورت سری و از نقطه نظر گرمایی به‌صورت موازی به یکدیگر متصل بودند و مجموعه این نیمه‌هادی‌ها و اتصالاتشان بین دو صفحه سرامیکی قرار می‌گرفتند تا ازلحاظ مقاومت مکانیکی قادر به تحمل تنش‌های مکانیکی باشند .بعد از اینکه عملیات انسجام بندی بین نیمه‌هادی‌ها صورت گرفت درنهایت واحدهای مبرد ترموالکتریک در ابعادی که از حدود ۲۵ تا ۵۰ میلی‌متر ازلحاظ طول و ۲/۵ تا ۵ میلی‌متر ازلحاظ ارتفاع ساخته می‌شوند. در شکل(۲-۱۷) نماد کلی یک واحد ترموالکتریک آورده شده است. در شکل می‌توان اتصال سری و موازی نیمه‌هادی‌ها را از این دیدگاه به ترتیب الکتریکی و گرمایی درک کرد.

همان‌طور که در شکل نیز مشخص است از هر دونیمه هادی N و P در یک مبرد ترموالکتریک به لحاظ ایجاد صفحات سرد و گرم بکار گرفته می‌شود. حالا اینجا یک سؤال پیش می آیدکه چرا به دو نوع از نیمه‌هادی‌های مثبت و منفی احتیاج می‌باشد؟

همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود اگر تنها از یک نوع نیمه‌هادی جهت پمپ گرما استفاده شود برای توان‌های بالاتر گرمایی احتیاج به تعداد بیشتری از نیمه‌هادی‌های P و N است و چون این نیمه‌هادی‌ها به‌صورت موازی قرارگرفته‌اند به‌ناچار جریان مصرفی آن‌ها ممکن است تا ۱۰۰۰ آمپر صعود کند. برای حل این مشکل یعنی پمپاژ حرارت با توان بالاتر و نیز مصرف جریان کمتر با سری قرار دادن نیمه‌هادی‌های P و N که ازلحاظ گرمایی موازی یکدیگر نیز هستند ضمن فقط یک جریان ثابت قادر خواهند بود تا توان‌های بالاتری از گرما را پمپ کرده و این همان علت استفاده از هر دو نوع نیمه‌هادی‌های P و N می‌باشد.



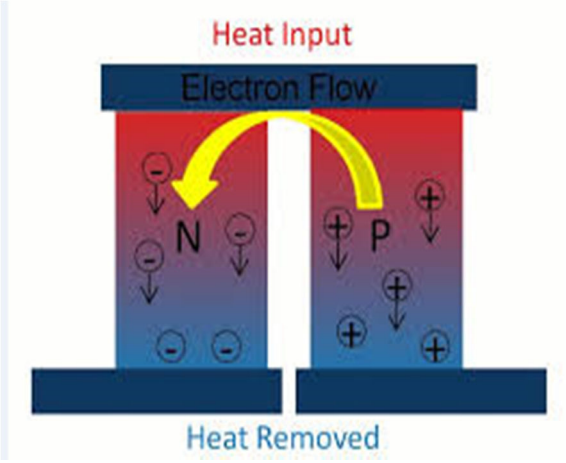
شکل ۲-۱۷ اتصال سری و موازی در نیمه هادی‌ها بر اساس ترتیب الکتریکی و گرمایی



شکل ۲-۱۸ استفاده از هر دو نوع نیمه‌هادی‌های P و N

سؤال دیگری که اینجا مطرح می‌شود این است که آیا نیمه‌هادی‌های P و N همان نقش دیود را ایفا می‌کنند؟

خیر چراکه برخلاف دیودهای معمولی نیمه‌هادی‌های اخیر انحصاراً دارای خاصیت P وN خالص بوده و لذا برعکس دیودهای یک‌سوساز که دارای ناحیه‌ای بین P وN می‌باشند نیمه‌هادی‌ها خود خاصیت Pیا N دارند.



شکل ۲-۱۹ نیمه‌هادی‌ها خود خاصیت مثبت و منفی دارند

فصل ۳ کاربرد عملی ترموالکتریک

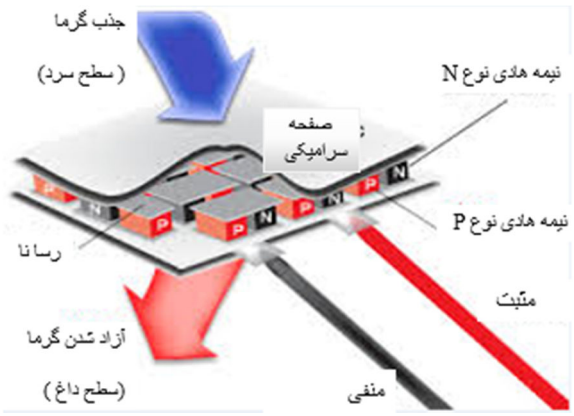
۳-۱- تکنیک نصب ترموالکتریک

تکنیک بکار گرفته شده در نصب ترموالکتریک بسیار مهم و حائز اهمیت بوده و هرگونه سهل‌انگاری در آن نتایجی چون کاهش ضریب بهره سیستم ترموالکتریک و خطای کارکرد سیستم مبرد را در بر خواهد داشت. در ادامه برخی از فاکتورهای اصلی که در نصب واحد ترموالکتریک می‌باید لحاظ گردند جهت اطلاع آورده شده است.

الف – تماس اجزاء رابط بین دستگاه‌های ترموالکتریک باید کاملاً صاف و تمیز و دارای حداقل مقاومت گرمایی باشند.

ب – اغلب ترموالکتریک‌ها دارای سیم‌های رنگی در ترمینال‌های خود می‌باشند که بیانگر جهت جریان و درنتیجه صفحات گرم و سرد خود بوده و چنانچه در مراحل مونتاژ به رنگ سیم‌ها توجه کافی نشود ممکن است صفحه‌ای که دارای چشمه گرمایی نبوده به‌عنوان صفحه گرم قرارگرفته و به ترموالکتریک صدماتی وارد گردد. نکته اینکه استفاده از سیم‌های مثبت و منفی به ترتیب با رنگ‌های قرمز و مشکی به‌صورت استاندارد در تولیدات ترموالکتریک قرار گرفته است.

ج – بخشی که به‌عنوان واحد مبرد در نظر گرفته شده است باید کاملاً از دمای اطراف و محیط ایزوله باشد. تا کمترین تلفات سرمایی احتمالی صورت پذیرد.



شکل ۳-۱ نمایش واقعی درون یک المان ترموالکتریک همراه با رنگ سیم‌ها

۳-۲- هیت سینک چیست ؟

در اثر اعمال یک ولتاژ DC به واحد ترموالکتریک یکی از صفحات متناسب با جهت جریان شروع به سرد شدن و در مقابل صفحه دیگر گرم‌تر می‌شود. بنابر قانون ترمودینامیک گرما از منطقه سرد به منطقه گرم انتقال می‌یابد. و لذا برای کامل شدن این سیر ترمودینامیکی در ترموالکتریک الزاماً باید به هیت سینکی متصل شود نکته اینکه هیت سینک مذکور باید توانایی دفع هر دو گرمای به وجود آمده در ترموالکتریک که یکی مربوط به قانون ژول یعنی عبور جریان از مقاومت و دیگری ناشی از گرمای انتقال داده‌شده از صفحه سرد به صفحه گرم می‌باشد را داشته باشد. هیت سینک یکی از اجزای مهم در هر سیستم مبرد ترموالکتریکی بوده و لذا محاسبه آن در محاسبه کارآیی و بهره کلی سیستم مبرد مؤثر می‌باشد. چون تمامی مشخصات اصلی هر المان ترموالکتریک کاملاً وابسته به انتخاب هیت سینک مناسب می‌باشد . لذا در محاسبه و گزینش هیت سینک مناسب باید دقت کافی صورت پذیرد. چندین نوع هیت سینک جهت بکار گیری وجود دارند که عبارت‌اند از:

الف – هیت سینک با جابجایی هوا به‌صورت طبیعی: هیت سینک از نوع جابجایی طبیعی هوا اغلب برای قدرت‌های پایین توصیه می‌شود بخصوص در مواردی که از المان‌هایی استفاده‌شده باشد که جریان مصرفی آن‌ها کمتر از ۲ آمپر باشد. برای کاربردهایی با ظرفیت‌های وسیع‌تر دیگر امکان استفاده از هیت سینک با جابجایی طبیعی هوا جایز نبوده و می‌باید از هیت سینک‌هایی که مجهز به یک فن جهت تهویه و یا جابجایی هوا می‌باشند استفاده گردد. مقاومت گرمایی این نوع هیت سینک‌ها بیش از $۵۰^{\circ}C/w$ می‌باشد و گاهی به $۱۰^{\circ}C/w$ نیز می‌رسد.

ب – هیت سینک با جابجایی هوا با فن: اغلب موارد در سیستم مبرد ترموالکتریک از این نوع هیت سینک استفاده می‌شود چراکه میزان مقاومت گرمایی در این نوع از $۰/۵^{\circ}C/w$ تا $۰/۰۲^{\circ}C/w$ متغیر می‌باشد.

ج – هیت سینک با سیستم خنک‌کنندگی مایع: این‌گونه از هیت سینک‌ها بهترین نوع ازلحاظ میزان کم مقاومت گرمایی که شاخص اصلی هر هیت سینک می‌باشد بوده و کاهش دمای چشمگیری را سبب

می‌گردند. معمولاً مقاومت گرمایی این گروه در محدوده $^{\circ}C/_{W}$ ۰/۱ تا $^{\circ}C/_{W}$ ۰/۰۱ می‌باشد.

کارآیی یک هیت سینک عموماً برحسب میزان مقاومت گرمایی بیان گردیده و عبارت است از:

$$\Theta_s = \frac{T_s - T_a}{Q} \qquad (۱-۳)$$

که در رابطه فوق θ_s مقاومت گرمایی برحسب درجه سانتی‌گراد بر وات، T_S دمای هیت سینک برحسب $^{\circ}C$،

T_a دمای محیطی هیت سینک، Qمیزان گرمای وارده به هیت سینک بر حسب وات می‌باشد.

شکل ۳-۲ نمایی از هیت سینک با جابجایی هوا با فن

۳-۳- منابع تغذیه ترموالکتریک

ترموالکتریک تنها با یک منبع DC که از یک باطری یا یک منبع AC که یک‌سو و رگلاژ شده باشد کارکرده ترموالکتریک‌ها ازنظر منابع تغذیه خود تنها یک امپدانس کوچک تلقی می‌گردند که در

خودرو برق ۱۲ ولت و یک‌سو شده باتری و دینام به‌خوبی می‌تواند این وظیفه را عهده‌دار شود. همان‌طور که گفته شد اغلب ترموالکتریک‌ها از آلیاژ بیسموت فلورید ساخته شده و خاصیت این آلیاژ آن است که به‌اندازه هر درجه سانتی‌گراد افزایش دما ۰/۵ درصد به مقاومت گرمایی آن اضافه می‌گردد. در موردی که به کنترل دما احتیاج باشد با اعمال یک ترموستات ساده و با یک سیستم کنترل بسته فید بک‌دار می‌توان به‌دقت دمایی تا $\pm$۰/۱ درجه سانتی‌گراد دسترسی داشت. اما در مواردی که بار گرمایی ثابتی داریم با اعمال یک ولتاژ DC متناسب می‌توان همان کنترل دمای مطلوب را لحاظ کرد برخلاف اغلب دستگاه‌های الکترونیکی که مقدار ریپل عبوری از فیلتر DC در نحوه عملکرد آن‌ها مؤثر می‌باشد در مبرد ترموالکتریک در مقدار ۱۰٪ ریپل AC تنها ۲٪ از کار آیی آن‌ها کاسته می‌شود. و در ۲۰٪ ریپل خروجی به مقدار ماکزیمم کاهش کارآیی یعنی کمتر از ۵٪ می‌رسند. اگرچه به فیلتر کردن ولتاژ DC برای حذف بیش از ۱۰٪ از ریپل خروجی توجیه گردیده است. تنها در ترموالکتریک‌های چندطبقه که به لحاظ دستیابی به ΔT بیشتر ساخته‌شده‌اند احتیاج به حذف مقدار ریپل می‌باشد چراکه در این نوع المان‌ها جهت رسیدن به مقدار ماکزیمم ΔT اسمی احتیاج به حداکثر ۲٪ ریپل است زیرا که در این المان‌ها هدف نهایی تنها ایجاد ΔT بیشتر است. یکی دیگر از دستگاه‌ای مبتنی بر المان ترموالکتریک که نیاز به حذف ریپل در منبع تغذیه خود دارد تجهیزات اندازه‌گیری دما هستند که سیگنال‌های ضعیف را احساس می‌کنند.

۳-۴- نحوه ساخت کولر و بخاری ترموالکتریک

در سال‌های ۱۹۵۰ به بعد تلاش برای ساخت یخچال‌های خانگی از مواد ترموالکتریک آغاز شد که نهایتاً منجر به ساخت یخچال‌های کوچک حمل دارو و یا یخچال‌های درون خودرو برای سرد نگه‌داشتن نوشیدنی و یا هیتر برای گرم کردن قهوه شد. ازجمله شرکت وستینگهاوس که یخچال‌های درون خودرو یا قابل‌حمل برای خنک نگه‌داشتن دارو از مواد نیمه‌رسانای بیسموت فلورید ساخت و به بازار عرضه کرد. و یا همانطورکه گفته شد آقای آیف در شوروی سابق اولین کسی بود که توانست با

آلیاژسازی، مواد ترموالکتریک یا خنک‌کننده‌های تجاری بسازد و به بازار عرضه کند. بعدازآن آقای گلدسمیت در استرالیا توانست با استفاده از آلیاژ بیسموت فلورید برای اولین بار سرد کردن تا صفر درجه سانتی‌گراد را توسط مواد ترموالکتریک به نمایش درآورد. حتی در ایران نیز در سال ۱۳۷۸ و سال ۱۳۸۱ آقایان رسولی و مهدی صیامی که هر دو مهندس برق بودند نیز دست به این کار زدند و یخچال قابل‌حمل از المان‌های ترموالکتریک ساختند. یخچال‌هایی که بدون نیاز به کمپرسور و مبرد انجام وظیفه می‌کردند که آلیاژ بکار گرفته‌شده در این المان‌ها بیسموت فلورید بود و هیت سینک بکار رفته در این سیستم بسیار ساده و ابتدایی بود که از یک ورق آلومینیمی ساده با چند پره ساخته‌شده بود و خاصیت انتقال گرمای خوبی نداشت لذا خنک‌کنندگی سمت سرد المان کاهش می‌یافت و بعد از مدتی کار کردن بازدهی سیستم پایین می‌آمد و کارآیی ابتدای فعالیت را نداشت. چون دو طرف سیستم ترموالکتریک با اختلاف دما کار می‌کند هرچقدر هیت سینک سمت گرم بتواند گرما را بهتر انتقال دهد و دمایش پایین‌تر باشد دمای قسمت سرد پایین‌تر می‌آید. درزمینه ساخت کولر یا بخاری اولین بار کارخانه فورد موتور در سال ۲۰۰۹ از المان‌های ترموالکتریک در سیستم تهویه و تبرید خودرو به‌طور آزمایشی استفاده کرده است. که با استفاده از هیت سینک مناسب و با استفاده از مواد ترموالکتریک باقابلیت خنک‌کنندگی بیشتر می‌توان بازدهی این سیستم را بالاتر برده و با نصب آن در مسیر فن کولر و بخاری خودرو از سرمای تولیدی آن المان به‌عنوان کولر و از گرمای آن به‌عنوان بخاری استفاده کرد. پس می‌توان کولری بدون گاز و کمپرسور، کندانسور، اواپراتور، کپسول رسیور، شیر انبساطی، پولی وکلاچ و تسمه و بخاری بدون رادیاتور، آب و شلنگ‌های انتقال‌دهنده و واترپمپ ساخت. برای این کار می‌توان یک رادیاتور آلومینیمی و یا مسی فین دار به‌عنوان هیت سینک یکپارچه که سطح صافی داشته باشد و عاری از هرگونه خط و خش و پستی و بلندی باشد به‌اندازه تقریبی ۹*۲۱ سانتیمتر انتخاب کرده آن را به خمیر سیلیکون یا گریس گرمایی آغشته کرده و روی قسمت سرد المان قرارداد که اینجا بهتر است با توجه به فضای اتاق تعداد آن‌ها انتخاب شود که در یک خودروی سواری تقریباً ده عدد المان ترموالکتریک می‌تواند جوابگو باشد(در این آزمایش از ده المان

استفاده‌شده است) و جنس این مواد نیمه‌هادی نیز می‌تواند به خاطر کارآیی بالاتر و اختلاف دمای بیشتر در دو طرف سرد و گرم المان از فلورید سرب و تالیم با کد اختصاری TEC1-12706 انتخاب شود. البته می‌توان از بیسموت فلورید نیز استفاده کرد ولی ترکیب فلورید سرب و تالیم معجونی می سازد که بازدهی بالاتری نسبت به نیمه‌هادی قبلی دارد. گفتنی است که باید برای اطمینان بیشتر سطح تک‌تک المان‌ها نیز به خمیر سیلیکون باکداختصاری WT160 Thermal Grease HT- آغشته شود در غیر این صورت المان قابلیت انتقال گرمایی خوبی نخواهد داشت و احتمال سوختن در آن زیاد است. یک رادیاتور دیگر را هم به همین اندازه تهیه کرده و به خمیر سیلیکون آغشته کرده و به‌طرف گرم المان چسبانده شود و از سمت سرد آن برای کولر و از قسمت گرم آن برای بخاری بهره برد.

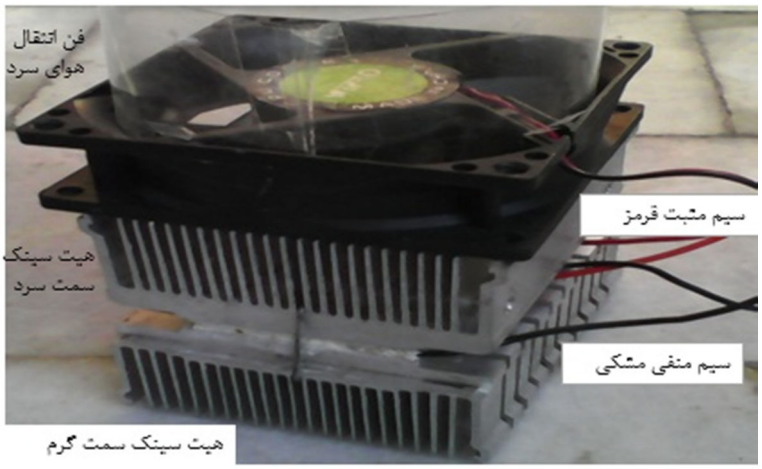
شکل ۳-۳ طریقه نصب دو هیت سینک با جابجایی هوا با فن به دو طرف چند المان ترموالکتریک

لازم به ذکراست که طریقه چیدن المان‌ها به این صورت است که در تمام المان‌ها سیم قرمز رنگ سمت راست و سیم مشکی سمت چپ قرارگیرد و سیم‌های قرمز به یکدیگر متصل شوند و به الکترود مثبت باتری اتصال داده شوند و سیم‌های مشکی هم به یکدیگر متصل شوند و به الکترود منفی باتری اتصال داده شوند تا سطح سرد المان‌ها یک‌طرف و سطح گرم آن‌ها طرف دیگر قرار گیرد تا از اتصالی و سوختن احتمالی المان‌ها جلوگیری شود و همچنین تمام سطوح سرد یک‌طرف و سطوح گرم طرف دیگر واقع شود که بازدهی سیستم پایین نیاید. برای جلوگیری از بالا رفتن بیش از حد گرمای سمت

داغ بخاری سیستم ترموالکتریک باید یک فن کوچک روی هیت سینک آن نصب شود تا زمان استفاده از کولر گرمای سمت داغ را به بیرون هدایت کند و زمان استفاده از بخاری خاموش شود چون هرچقدر دمای سمت گرم پایین‌تر باشد خنک‌کنندگی سمت سرد افزایش می‌یابد. باید دقت شود سطح رادیاتورها یا همان هیت سینک‌ها کاملاً ماشین‌کاری شده و صاف باشد و یک لایه خمیر سیلیکون به‌صورت یکنواخت بین هیت سینک و المان قرار گیرد. پیچ‌های اتصال‌دهنده نیز با گشتاور مساوی سفت شود تا سطح سرامیکی المان‌ها ترک برندارد یا نشکند.

اکنون بخاری و کولر ترموالکتریک آماده جاسازی درون داشبورد خودرو می‌باشد. برای این کار بایستی اواپراتور کولر و رادیاتور بخاری برداشته شودکه بایستی دو لوله رفت و برگشتی آب گرم موتور را جدا کرده و با واسطه‌ای آن‌ها را به یکدیگر متصل کرد تا آبی که از سمت واترپمپ می‌آید دومرتبه به ترموستات و موتور برگردد. دو لوله فشار قوی و فشار ضعیف گاز کولر هم ازسر اواپراتور باز شود و اواپراتور را همراه با ترموستات و شیر انبساط یا از جای خود برداشت که این مستلزم این است که قبل از آن داشبورد حتماً باز شود تا دسترسی به لوازم کولر و بخاری آسان شود حالا می‌توان کولر و بخاری ترموالکتریک که تقریباً به‌صورت یک مکعب مستطیل به‌اندازه ۹*۱۰*۲۱ سانتیمتر می‌باشد را جاسازی و نصب کرد. که این می‌تواند یکی از مزیت‌های این سیستم باشد که قطعه‌ای کوچک و کم حجم جایگزین قطعات حجیم قبلی می‌شود. حالا دیگر نیازی به متعلقات و لوازم جانبی کولر قبلی نمی‌باشد و می‌توان کمپرسور، کندانسور، کپسول رسیور، لوله‌های انتقال‌دهنده و شیرهای برقی و حتی سیم‌کشی‌هایی که مربوط به کولر قبلی است را برداشت. باید دریچه‌ای در مسیر فن تعبیه کرد تا زمان استفاده از کولر یا بخاری جهت باد فن را بنابر خواسته راننده سمت کولر یا سمت بخاری تغییر دهد. البته این دریچه در خودرویی که از قبل دارای کولر و بخاری بوده وجود دارد. در کنار این دریچه باید میکروسویچی قرار داد و به فن کوچک هیت سینک متصل کرد تا زمان استفاده از کولر برای بیرون راندن هوای گرم تولیدی سمت بخاری که بلااستفاده می‌باشد فعال شود و زمان استفاده از بخاری خاموش شود .برای یک خودروی سواری می‌توان با توجه به حجم و فضای اتاق از ده المان یا

بیشتراستفاده کرد. با انتخاب ده المان ترموالکتریک می‌شود صفحه‌ای به‌اندازه۹*۲۱سانتیمتر ساخت. (اندازه هر المان Cm ۴*۴ می‌باشد) تا بتواند گرمایش و سرمایش درون اتاق را تأمین کند. باید دقت شود سیم‌های به رنگ قرمز را به هم و مشکی را هم به یکدیگر متصل کرد یعنی اتصال موازی را بکار برد تا به همه المان‌ها ولتاژ مساوی برسد و آمپر زیادی هم از سیستم برق خودرو مصرف نکند. باید دقت شود در طرف گرم المان حتماً از یک فن کوچک برای خنک کاری آن قسمت استفاده شود تا در زمان استفاده از سیستم کولر سمت داغ المان خنک شود تا هم احتمال سوختن آن کاهش یابد و هم هر چقدردمای سمت داغ پایین‌تر باشد دمای سمت سرد بیشتر کاهش می‌یابد و قدرت خنک‌کنندگی آن افزایش می‌یابد. چون تقریباً یک اختلاف دمای ۷۵ تا ۱۰۰ درجه‌ای در دو طرف المان ترموالکتریک مشاهده می‌شود. پس بهتر است از هیت سینک با جابجایی هوا با فن استفاده شود و حتماً در آن از ورقه‌های نازکی به‌عنوان رادیاتور یا فین استفاده شود تا قدرت جذب و انتقال سرما و گرما در آن افزایش یابد.



شکل ۳-۴ نحوه قرار گرفتن المان‌های ترموالکتریک با توجه به رنگ سیم آن‌ها بین دو هیت سینک

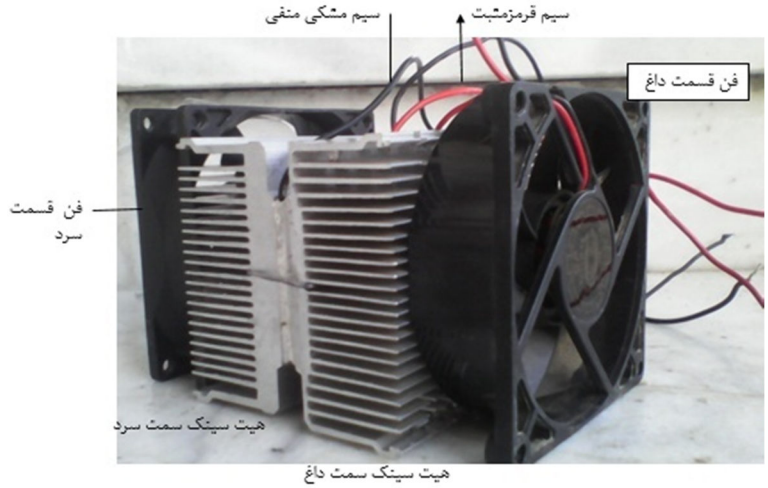
حتی در صورت امکان اگر طراحی خودرو اجازه دهد از هیت سینک با خنک‌کنندگی مایع استفاده شود تا قدرت خنک‌کنندگی این سیستم به‌مراتب افزایش یابد. البته در این صورت استفاده از سیستم

بخاری ترموالکتریک منتفی می‌شود و باید از بخاری رادیاتوری با آب گرم موتور استفاده شود. البته این در صورتی امکان دارد که هدف بیشتر استفاده از سیستم کولر ترموالکتریک برای غلبه بر مصرف بی‌رویه سوخت زمان استفاده از کولر کمپرسوردار و پایین آوردن مصرف سوخت زمان استفاده از کولر باشد و استفاده از قسمت گرم آن برای سیستم گرمایشی زیاد مدنظر نباشد. چون بخاری آبی رادیاتوری هزینه چندانی نداشته و چنان تأثیری در مصرف سوخت ندارد. و در زمان تست کولر برای این پروژه از هیت سینکی که با آب خنک می‌شد استفاده‌شده است که در این صورت برای اینکه آب خنک کاری دائمی در دسترس باشد و بازدهی هیت سینک به خاطر رسوب گرفتن پایین نیاید باید مخزنی برای نگهداری آب زیر هیت سینک تعبیه شود و درون آن از محلول آب و ضدیخ پر شود تا در عین خنک کاری از سیستم رسوب‌زدایی نیز شود. یا اینکه برای شستشوی بهتر پره‌های هیت سینک و جلوگیری از رسوب گرفتن و در چرخش بودن آب و خنک کاری بهتر، این مخزن خنک‌کننده به مخزن شیشه شوی خودرو متصل شود تا آب به‌صورت ترموسیفون بین دو مخزن در چرخش باشد و درون مخزن شیشه شوی از محلول آب و الکل استفاده شود و دائماً مقدار آب مخزن بررسی شود. قابل‌ذکر است که در این صورت از بکار بردن محلول آب و ضدیخ بایستی پرهیز شود.

۳-۵- طریقه ساخت و جانمایی کولر و بخاری ترموالکتریک قابل‌انتقال

برای ساخت کولر کافی است ۲ یا ۴ (بستگی به فضای مورداستفاده) هیت سینک با فن به دو طرف المان‌ها نصب کرد که از قسمت گرم آن برای بخاری و از قسمت سرد آن برای کولر استفاده شود . باید توجه داشت که در محل اتصال تراشه به هیت سینک بایستی از خمیر سیلیکون برای انتقال حرارت استفاده کرد. هیچ‌گاه تراشه را بدون اتصال هیت سینک به سمت گرم به جریان نباید وصل کرد که در این صورت المان خواهد سوخت. روش اتصال مستقیم هیت سینک به تراشه که با این روش دمای قسمت سرد ۲۵- ۲۰درجه پایین‌تراز محیط خواهد شد روش دوم که با مایع خنک‌کننده کار می‌کند که با این روش دمای قسمت سرد تا ۴۵ درجه پایین‌تر از محیط خواهد شد. اکنون بستگی به محل

نشستن سرنشین همانطوری‌که در شکل(۳-۷) نشان داده‌شده ازجمله در پانل داشبورد، روی درها، پشت صندلی جلو و سقف از چندین واحد المان ترموالکتریک در نقاط مختلف خودرو هرجایی که محل نشستن سرنشین است و برخورد سریع‌تری باسرنشین دارد استفاده کرد تا هم در تعداد المان‌ها صرفه‌جویی شود و هم اینکه سرنشین سریع‌تر احساس خنکی کند و همین‌که گرما یا سرما به هدر نرود و برای خنک شدن نیاز به خنک کردن هوای اتاق نباشد و هر سرنشین یک کولر یا بخاری شخصی داشته باشدکه در صورت لزوم بتواند آن را روشن یا خاموش کند. در این روش می‌توان دو المان ترموالکتریک که بهتراست از جنس فلورید سرب و تالیم باشد انتخاب کرده به خمیر سیلیکون آغشته کرده و به دو طرف آن‌ها هیت سینک آلومینیمی یا مسی فین دار به‌اندازه تقریبی ۵*۹ سانتیمتر که آغشته به خمیر سیلیکون می‌باشند قرار داد. آن‌ها را با پیچ به هم اتصال داد. باید توجه داشت سیم قرمزرنگ سمت راست و سیم مشکی سمت چپ قرار گیرد دو سیم قرمز به هم و دو سیم مشکی هم به یکدیگر متصل شوند سیم‌های قرمز به مثبت و مشکی به منفی متصل شوند تا سمت سرد رو به بالا و قسمت گرم روبه‌پایین قرارگیرد. فن‌های کوچکی مثل فن خنک‌کننده CPU را به دو طرف هیت سینک‌ها متصل کرده و سیم‌های آن‌ها را به جریان برق وصل کرده تا زمان بکار افتادن المان ترموالکتریک این فن‌ها نیز فعال شوند اکنون می‌توان هوای گرم یا سرد تولیدی ترموالکتریک را در مقیاس کوچک‌تری داشت. در محل نصب این المان‌های ترموالکتریک بایستی کانالی تعبیه شود تا زمان فعال شدن سیستم تهویه و تبرید هوای بلااستفاده به بیرون منتقل شود. روی این کانال باید محوری تعبیه شود که المان ترموالکتریک همراه با هیت سینک‌ها بتوانند چرخش ۱۸۰درجه‌ای حول این محور داشته باشند. زمان استفاده از کولر سمت سرد المان رو به سرنشین قرار گیرد و هوای داغ به بیرون منتقل شود و زمان استفاده از بخاری قسمت گرم المان رو به سرنشین قرارگرفته و هوای سرد بلااستفاده از طریق کانال به بیرون منتقل شود.



شکل ۳-۵ نمونه‌ای از یک سیستم کولر و بخاری قابل نصب در هر مکانی از خودرو

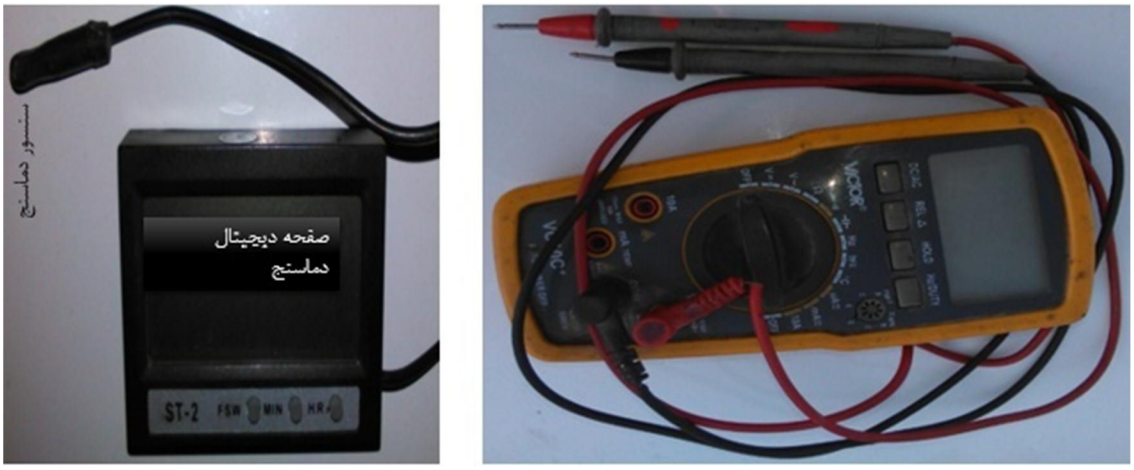
در این صورت هر سرنشین با داشتن یک کولر یا بخاری اختصاصی می‌تواند آن را به‌دلخواه روشن و یا خاموش کند و دیگر مجبور به استفاده تعداد زیادی از این المان‌ها در محل اواپراتور کولر و رادیاتور بخاری نباشد. که کارآیی سیستم پایین نیاید و هدر رفت انرژی هم در سیستم وجود نداشته باشد و دیگر نیازی به کانال‌کشی برای انتقال گرما یا سرما به نقاط مختلف خودرو نباشد. چون فقط با دو رشته سیم می‌توان هرجایی را به این کولر یا بخاری اختصاص داد. درتست به‌عمل‌آمده در این روش سرعت عمل گرم یا سرد شدن المان‌ها از روش متمرکز قبلی بالاتر می‌باشد. و همچنین آمپر مصرفی هر المان ۳/۸ آمپر می‌باشد که با توجه به برق ۱۲ ولت مصرفی در خودرو هر المان تقریباً ۴۶ وات توان از موتور می‌گیرد و با احتساب برق مصرفی فن‌ها هر المان تقریباً ۵۰ وات توان از موتورخواهدگرفت. حالا با توجه به حجم فضای اتاق خودرو و یا سلیقه شخصی به هراندازه که نیاز باشد می‌توان از این ماژول‌ها استفاده کرد. باید برای هر واحد تقریباً چیزی در حدود ۱۰۰ وات را در نظر گرفت. مثلاً در خودرویی که دو واحد دوتایی در داشبورد و دو واحد جفتی هم در سقف و دو واحد جفتی هم‌پشت صندلی‌های جلو استفاده‌شده است. با احتساب ۱۲ المان می‌توان توان مصرفی کل المان‌ها را حدوداً ۶۰۰ وات در نظر گرفت. درصورتی‌که با استفاده از کولرهای کمپرسور دار فقط توان مصرفی در سیستم‌های برقی این کولر برابر با ۶۱/۲ وات می‌باشد.

شکل ۳-۶ مکان‌های پیشنهادی نصب کولر و بخاری متحرک ترموالکتریک در خودرو

و یا اینکه چرا هزینه اضافی برای سرد کردن محیط پرداخت می‌توان در روشی دیگر با نصب این المان‌ها در صندلی‌ها کاری کرد که فقط شخص احساس خنکی کند نه اینکه فضا را خنک کرد. با نصب این المان‌ها در نقاطی از صندلی که در تماس مستقیم با سرنشین قرار می‌گیرد می‌توان کاری کرد که شخص با همان نشستن اولیه روی صندلی احساس سرما یا گرما کند. باید توجه داشت در این صورت باید از هیت سینکی استفاده شود که با جریان طبیعی هوا خنک می‌شود و نیاز به فن برای خنک کاری ندارد باید توجه داشت در این مورد باید از المان‌های ضعیف‌تری استفاده شود که مصرف برق آن‌ها زیر ۲A باشد تا براثر گرمای تولیدی زیاد نسوزند. البته این طرح می‌تواند با توجه به مصرف تعداد زیادی از این المان‌ها کمی ازلحاظ اقتصادی هزینه‌ها را بالا ببرد ولی در درازمدت همه این هزینه‌ها می‌تواند قابل‌برگشت باشد. چراکه هم در مصرف برق صرفه‌جویی می‌شود هم نیاز به فن ندارد و سرنشین احساس آرامش بیشتری می‌کند چون دمیدن هوا با فن به‌صورت و بدن شخص می‌تواند باعث آزردگی او شود و هم اینکه نیاز به کانال‌کشی در چند نقطه برای بیرون راندن هوای بلااستفاده نیست و فقط در صندلی‌ها نیاز به کانال‌کشی داریم که این نمی‌تواند زیاد دشوار باشد.

۳-۶- نحوه آزمایش کولرترموالکتریک و کمپرسوردار و بخاری ترموالکتریک

در تست به‌عمل‌آمده از خودروی آزمایشی از خودروی پژو ۴۰۵ مدل ۱۳۹۱ استفاده شد. دماسنج بکار گرفته شده در این آزمایش از نوع دیجیتال با کد ST-2 و با دقت ۰/۰۱ درجه سانتی‌گراد استفاده شد و مولتی متر استفاده‌شده در این آزمایش نیز از نوع دیجیتالی با کد Victor و با دقت اندازه‌گیری۰/۰۱ ولت و دقت اندازه‌گیری ۰/۰۰۱ آمپر می‌باشد. در آزمایش به‌عمل‌آمده از این المان در مدت یک دقیقه گرمای المان به ۶۰°C و سرمای طرف دیگر به ۱۵°C رسید و در مدت ۲ دقیقه سرما به ۵°C و گرما به حدود ۸۵°C رسید که این در مقایسه با بخاری آبی خیلی سریع‌تر می‌باشد چون مدت‌زمان ۴ دقیقه طول می‌کشد تا باوجود ترموستات آب درون موتور به ۹۵°C دمای نرمال برسد و بخاری آماده برای استفاده شود.(البته این دما در خودروهای مختلف با دمای نرمال متفاوت یکسان نیست) و کولرگازی در خودرو در مدت ۳ دقیقه به حداکثر توان سردکنندگی خود می‌رسد.



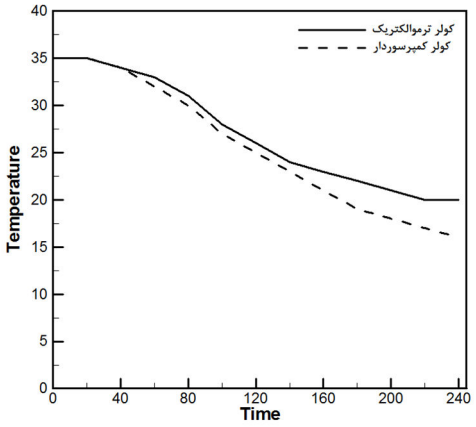
شکل ۳-۷ مولتی متر و دماسنج استفاده‌شده در اندازه‌گیری‌ها

طبق محاسبات به‌عمل‌آمده در فصل اول توانی که صرف چرخاندن کمپرسور کولر می‌شود در مدل هفت پیستون برابر $P= ۶۵۹۰watt$ و در مدل می‌باشد و مقدار جریان مصرفی کلاچ مغناطیسی$I=۲/۶A$ فن کندانسور $I=۱/۵A$ فن اواپراتور $I=۱A$ شیربرقی کولر $I=۰/۵A$ می‌باشد که توان این متعلقات جانبی مصرف می‌کنند و برابر$P= ۶۱/۲ watt$ می‌باشد. بنابراین توانی در حدود

$P= ۶۶۵۰\ watt$ هنگام استفاده از کولر کمپرسوردار از موتور اخذ می‌شود که افت دور ناگهانی $۲۰۰-۳۰۰\ RPM$ خود نشان از توان بالایی از موتوراست که هنگام استفاده از کولر از موتور اخذ می‌شود. در آزمایش به‌عمل‌آمده از المان‌های ترموالکتریک شدت جریان مصرفی یک المان $I=۳/۸A$ می‌باشد با احتساب برق مصرفی فن‌های انتقال هوای گرم و سرد تولیدی $I=۰/۱۵A$ مجموعاً در یک المان جریانی در حدود $I=۴/۱A$ مصرف می‌شود و با توجه به برق ۱۲ولت باتری در یک المان توانی در حدود $P=۴۹/۲\ watt$ انرژی مصرف می‌شود. حال اگر از ۱۰ المان جلوی داشبورد در کنسول وسط استفاده شود توان مصرفی برابر با $P=۵۰۰\ watt$ خواهد شد یا اگر ازا لمان‌های دوتایی در شش نقطه از اتاق استفاده شود توان موردنیاز فقط $P= ۶۰۰\ watt$ خواهد بود و این در مقایسه با توان مصرفی کولر کمپرسوردار توان فوق‌العاده کمی خواهد بود. البته در ترموالکتریک می‌توان با انتخاب جنس بهتر هیت سینک عملکرد بهتری را شاهد بود. یا اینکه با افزایش تعداد المان‌ها گرما یا سرمای بیشتری را تولید کرد. که در آزمایش به‌عمل‌آمده در محل قرار گرفتن اواپراتور کولر و رادیاتور بخاری از ده المان و در نوع قابل‌حمل و انتقال از دو المان ترموالکتریک استفاده‌شده است. درتست به‌عمل‌آمده در خودروی آزمایشی با کولر کمپرسور دار درصورتی‌که دماسنج در مقابل دریچه کولر قرار داده‌شده و دمای هوای داخل اتاق حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد دما اندازه‌گیری شده است و یک‌بار هم از مقابل دریچه با نصب المان‌های ترموالکتریک این کارانجام‌شده است که نتایج زیر به‌دست‌آمده است.

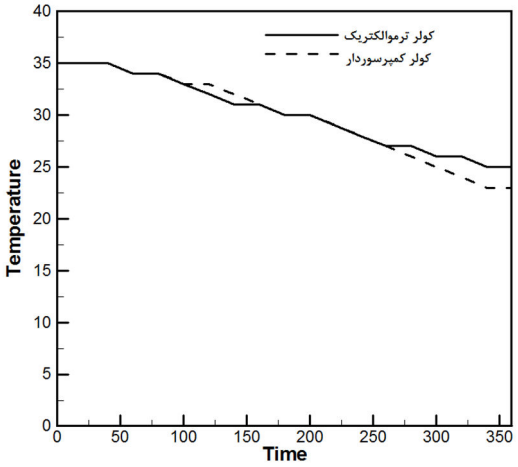
همان‌طوری که در شکل ۳-۸ مقایسه سرعت خنک کنندگی کولرکمپرسوردار و ترموالکتریکنشان داده‌شده است در خودرویی که از کمپرسور و گاز در سیستم کولر آن استفاده‌شده دمای مقابل دریچه کولر در مدت ۲۴۰ ثانیه به ۱۶ درجه سانتی‌گراد رسیده ولی در خودروی آزمایشی که از سیستم ترموالکتریک سود می‌برد دما از ۳۵ درجه در مدت‌زمان مشابه مقابل دریچه کولر به ۲۰ درجه سانتی‌گراد تنزل پیدا می‌کند که البته دمای قابل‌قبول و مطلوبی می‌باشد در نگاه اول شاید این برتری کولر کمپرسوردار را نشان دهد ولی قابل‌ذکر است که کولرگازی کمپرسوردار برای تولید این مقدار

سرما چه میزان انرژی مصرف کرده و کولر ترموالکتریک چقدر انرژی دریافت کرده است، درصورتی‌که توانسته به آن میزان از دما که موردنظر سرنشین باشد و رفاه نسبی را برای او به همراه داشته باشد دست پیدا کند. پس مصرف انرژی بالای کولر کمپرسوردار در مقابل مصرف ناچیز کولر ترموالکتریک می‌تواند برتری کولر ترموالکتریک را نشان دهد.



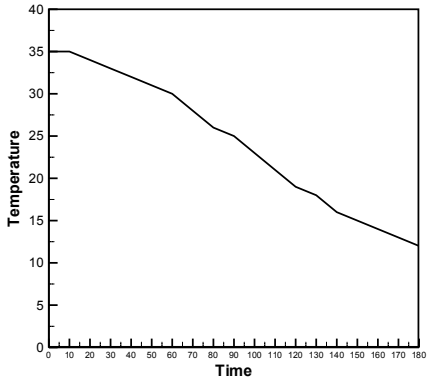
شکل ۳-۸ مقایسه سرعت خنک کنندگی کولرکمپرسوردار و ترموالکتریک

در مقایسه‌ای دیگر، دمای اتاق در دو حالت استفاده از کولر کمپرسوردار و کولر ترموالکتریک اندازه‌گیری شده است در این وضعیت دماسنج تقریباً در وسط اتاق روی پشتی صندلی جلو قرار داده شده که نتایج طبق نمودار زیر می‌باشد.



شکل ۳-۹ مقایسه سرعت خنک کنندگی کولر کمپرسوردار و ترموالکتریک در فضای اتاق

در اینجا به دلیل بزرگ بودن فضای اتاق زمان بیشتری در اختیار کولر قرار داده شده تا بتواند فضای اتاق را خنک کند در اینجا بازهم برتری از آن کولر کمپرسوردار است ولی اختلاف دما فقط دو درجه می‌باشد ولی همانطوریکه در شکل مشاهده می‌شود سرعت عمل کولر ترموالکتریک در ابتدای کار بیشتر می‌باشد ولی کم‌کم به دلیل ضعف عملکرد هیت سینک قدرت آن کاهش می‌یابد و دلیل دیگر اینکه در کولر ترموالکتریک فقط از ده المان استفاده‌شده که در صورت استفاده از تعداد بیشتری از این المان‌ها و یا آلیاژ مرغوب‌تر و یا استفاده از هیت سینک با ضریب انتقال حرارت بالاتر می‌تواند به قدرت خنک‌کنندگی کولر ترموالکتریک بیفزاید. البته باید در نظر گرفت که روی رادیاتور فین داری که در اواپراتور کولر بکار گرفته شده کارهای زیادی به خاطر بالا بردن ضریب انتقال حرارت آن و بازدهی بالاتر انجام‌شده ازجمله اینکه از ورقه‌های بسیار نازک آلومینیمی به ضخامت تقریبی ۰/۰۵ میلی‌متر استفاده‌شده و درون لوله‌های عبور گاز از سیم‌هایی که به‌صورت حلقه‌ای پیچیده شده‌اند برای چرخش بهتر گاز و تأخیر درحرکت آن به خاطر سرمایش بهتر استفاده‌شده است که ساخت چنین رادیاتوری با دست امکان‌پذیر نیست که اگر چنین ورقه‌های نازکی در هیت سینک سیستم ترموالکتریک بکار گرفته شود قطعاً بازده آن بالاتر خواهد رفت و سرمایش بهتری در کولر آن را می‌توان شاهد بود. درصورتی‌که از کولر متحرک با دو المان ترموالکتریک استفاده شود که قابلیت جابجایی و نصب در هر نقطه‌ای از اتاق خودرو را دارا می‌باشد دما در جلوی فن کولر به‌قرار زیر است



شکل ۳-۱۰ دمای کولر متحرک ترموالکتریک در واحد زمان

آزمایش به‌عمل‌آمده نشان می‌دهد کولر ترموالکتریک می‌تواند پا به‌پای کولر کمپرسور دار حرکت کرده و تقریباً سرمایی در حد آن تولید کند. البته کمی کمتر از آن‌که این نقیصه را بتوان با به‌کارگیری تعداد بیشتری از المان‌های ترموالکتریک و یا تغییر آلیاژ المان و یا با انتخاب هیت سینک مناسب‌تر برطرف کرد. همانطورکه مشاهده می‌شود در مدل قابل انتقال دما سریع‌تر پایین آمده و شخص سریع‌تر احساس خنکی می‌کند مزیتی که در این مدل می‌توان به آن اشاره کرد مصرف پایین‌تر این مدل نسبت به مدلی است که درون داشبورد نصب می‌شود چون فقط به تعداد نفرات داخل خودرو کولر ترموالکتریک روشن می‌شود و بقیه المان‌ها خاموش می‌باشند و این می‌تواند صرفه‌جویی بیشتر در مصرف برق را به همراه داشته باشد. و این مدل می‌تواند برتری بی‌شک و تردید ترموالکتریک را نسبت به کولر کمپرسوردار و حتی از مدل نصب شده در داشبورد را نشان دهد.

همان‌طور که قبلاً گفته شد هر المان ترموالکتریک فقط ۵۰ وات برق مصرف می‌کند و حتی اگر به خاطر تولید سرمای بیشتر از دوازده المان هم استفاده شود تازه به مصرف ۶۰۰ وات می‌رسد درصورتی‌که در کولر کمپرسور دار مصرف انرژی به پنج و یا شش کیلووات می‌رسد. که این تفاوت خیره‌کننده مصرف انرژی می‌تواند برتری بلامنازع و بی‌شک و تردید ترموالکتریک را نشان دهد. چون در تست به‌عمل‌آمده در خودروی آزمایشی در حالت استفاده از کولر ۲/۵-۲ لیتر افزایش مصرف سوخت درصد کیلومتر را نشان می‌دهد. از نگاه دیگر قیمت تمام‌شده کولر ترموالکتریک نسبت به کولرگازی می‌باشد که در یک خودروی کلاس پایین مثل پژو ۴۰۵ قیمت تمام‌شده یک سیستم کولر حدود ۱،۶۰۰،۰۰۰ تومان می‌باشد و این در حالی است که قیمت تمام‌شده هر المان ترموالکتریک فقط ۳۵۰۰۰ تومان می‌باشد که با به‌کارگیری۱۲ المان در سیستم کولر و بخاری تازه به یک‌چهارم هزینه کولرگازی خواهد رسید و این تازه جدای از هزینه رادیاتور و متعلقات دیگر بخاری رادیاتوری می‌باشد. اگر در کنار این صرفه‌جویی از بابت مصرف سوخت قیمت پایین‌تر این مدل کولر و بی‌سروصدا بودن و بی‌نیاز بودن از هرگونه سرویس و نگهداری و هزینه‌های جانبی آن در نظر گرفته شود می‌تواند اوج برتری ترموالکتریک را به رخ بکشد و نمایان کند. چون سیستم ترموالکتریک با توجه

به اینکه هیچ‌گونه قطعه رفت و برگشتی و مکانیکی ندارد و نیاز به شارژ گاز هم ندارد اصلاً نیاز به سرویس و نگهداری ندارد و عمر مفیدی نزدیک به ۲۰۰،۰۰۰ ساعت را دارا می‌باشد.

۳-۷- محاسبه ضریب عملکرد کولر

یکی از پارامترهایی که در مورد مقایسه سیستم‌های سرمایشی باید مورد توجه قرارگیرد محاسبه مقدار ضریب عملکرد یا (COP)[1] می‌باشد که به دو روش این کار امکان‌پذیر می‌باشد.

۱- ازنظر محاسبه مقدار گرمای داده‌شده به محیط گرم و توانی که به سیستم کولر داده می‌شود.

$$COP = \frac{Q}{W} \qquad (۳-۲)$$

که در رابطه (۳-۲) ، COP ضریب عملکرد کولر ، Q مقدار گرمای داده‌شده به محیط گرم و W کاری که به سیستم کولر داده می‌شود.

۲- در این روش با استفاده از اختلاف دما می‌توان به COP کولر دست پیدا کرد.

$$COP = \frac{T_l}{T_H - T_l} \qquad (۳-۳)$$

T_H و T_lدمای مطلق ماده مبرد در کندانسور و اواپراتور می‌باشد.

در آزمایش صورت گرفته بعد از شش دقیقه کار کولر دمای کندانسور و اواپراتور اندازه‌گیری شد که نتیجه اندازه‌گیری بدین‌صورت بود:

$$H = UA(T_O - T_i) \qquad (۳-۴)$$

که H بار گرمایی برحسب وات، U ضریب انتقال حرارت جسم، A سطح مقطع جسم، T_i و T_O اختلاف دمای بیرون و داخل اتاق می‌باشد.

[1] coefficient of performance

شیشه جلو H = ۵/۶ (۱/۴ *۰ /۸) (۱۰) =۶۲/۷۲

شیشه عقب H =(۵/۶) (۱/۴*۰ /۷) (۱۰)= ۵۴/۸۸

شیشه درهای جلو H =۲* ۵/۶ (۰ /۸* ۰/۵) (۱۰) = ۴۴/۸

شیشه درهای عقب H= ۲* ۵/۶ (۰/۸* ۰/۵) (۱۰) = ۴۴/۸

درهای جلو H = ۲* ۴/۵ (۰/۹*۰/۷) (۱۰)=۵۶/۷

درهای عقب H =۲* ۴/۵ (۰/۸*۰/۷) (۱۰) =۵۰/۴

کف اتاق H = ۱/۸(۲/۵*۱/۴)(۱۰) =۶۳

سقف H =۲/۵ (۱/۱*۱/۶) (۱۰) =۴۴

داشبورد H =۲/۵ (۱/۴*۰/۸)(۱۰) =۲۸

هوای تعویضی H =۰/۳۳۳ *۲(۴/۲۳۵)(۱۰)=۲۸/۲۳۳

هرالمان ۴۵/۶ w توان نیاز دارد با احتساب ۱۰ المان درکولر ترموالکتریک ۴۵۶ w توان مصرفی این سیستم می‌باشد و گرمای داده‌شده به محیط نیز برابر ۴۷۷/۵۳۳ w می‌باشد. پس ضریب عملکرد کولر ترموالکتریک برابر۱/۰۴۷=COP می‌باشد. البته این می‌تواند یک نقصان و کمبود برای سیستم کولر ترموالکتریک باشد که ضریب عملکرد آن نسبت به کولر کمپرسور دار پایین‌تر می‌باشد و ضریب عملکرد هم یکی از گزینه‌های مهم در سنجش سیستم‌های سرمایشی می‌باشد با توجه به ضریب عملکرد پایین کولر ترموالکتریک این می‌تواند یک نقصان و کمبود برای این سیستم باشد که ضریب

عملکرد آن نسبت به کولر کمپرسور دار پایین‌تر می‌باشد و شاید نتوان از آن به‌عنوان کولر اصلی در کنسول وسط خودرو استفاده کرد ولی می‌تواند به‌عنوان کولر شخصی در چند نقطه از خودرو بکار گرفته شود تا بیشترین بازدهی وکارآیی را داشته باشد که با این کار می‌توان صرفه‌جویی فوق‌العاده‌ای را در این سیستم شاهد بود که از چند درجه اختلاف دما در کولر ترموالکتریک چشم‌پوشی کرد و انتظارات را پایین آورد و به دنبال حالت ایده‌آل نبود ضریب عملکرد یکی از گزینه‌های مهم در سنجش سیستم‌های سرمایشی می‌باشد.

۳-۸- مزایای کولر و بخاری ترموالکتریک

برخی از مزایای این کولر و بخاری ترموالکتریک را می‌توان به‌طور خلاصه به این صورت بیان کرد :

۱- حذف خیلی از قطعات کولر و بخاری و درنتیجه سبک‌تر شدن وزن خودرو و مصرف کمتر سوخت و شتاب‌گیری بهتر خودرو. چون هرچقدر خودرو سبک‌تر باشد مصرف سوخت پایین‌تر و شتاب‌گیری سریع‌تر می‌باشد.

۲-با حذف خیلی از قطعات می‌توان هزینه‌ها را کاهش داد (قیمت هر المان ۳۵۰۰۰ تومان در زمان نوشتن گزارش پس(۳۵۰،۰۰۰=۳۵۰۰۰*۱۰) یعنی اینکه با۳۵۰۰۰۰ تومان می‌توان صاحب یک کولر و بخاری در پنج نقطه شد درصورتی‌که فقط قیمت یک کمپرسور برای کولر در یک خودروی زیر کلاس متوسط نزدیک به ۹۰۰،۰۰۰ تومان می‌باشد و این جدا از هزینه سایر متعلقات کولر و بخاری در سیستم تهویه و تبرید می‌باشد.

۳-نداشتن گاز معضلات نشتی گاز و شارژ گاز و سرویس و نگهداری آن را ندارد و این می‌تواند یک دغدغه فکری را از راننده کم کند که با اطمینان و آرامش خاطر بیشتری به رانندگی بپردازد.

۴- به علت نداشتن هرگونه قطعات مکانیکی و رفت و برگشتی و متحرک قطعات کمتر در معرض خرابی قرار می‌گیرند.

۵- با حذف کمپرسور و فن‌های قدرتمند آن توانی نزدیک به ۷– ۵ اسب بخار به موتور اضافه می‌شود که می‌تواند صرف نیروی محرکه خودرو شود.

۶- حتی زمان خاموش بودن خودرو هم می‌توان از کولر یا بخاری استفاده کرد.(به‌عنوان کولر یا بخاری درجا).

۷- نیازی به زمان برای گرم شدن موتور و آب موتور نیست که بخاری بتواند فعالیت کند پس از همان ابتدای روشن شدن موتور هم می‌توان از آن سود جست.

۸- نیازی به لوله‌کشی آب گرم و رادیاتور و عوارض جانبی ازجمله رسوب نشستن و سوراخ شدن رادیاتور و پارگی و نشتی شلنگ آن را ندارد.

۹- با حذف خیلی از قطعات و لوله‌کشی‌ها فضای بیشتری به اتاق و نشستن سرنشین تعلق می‌گیرد. که این می‌تواند آرامش بیشتری به سرنشین هدیه کند.

۱۰- آلودگی زیست‌محیطی ناشی از نشت گاز به محیط را ندارد.(تولید گازهای گلخانه‌ای) چون اکثر مبردهای بکار گرفته شده در سیستم کولر سمی و برای محیط زیست خطرناک می‌باشند.

۱۱ – داشتن ضریب اطمینان بالا که به‌واسطه جامد بودن عناصر ترموالکتریک دارای استقامت مکانیکی و ساختار مقاوم می‌باشند. و به‌طور عمده عمر متوسط ترموالکتریک‌ها به بیش از دویست هزار ساعت می‌رسد. نکته جالب اینکه معمولاً عمر ترموالکتریک به دستگاه محل استفاده آن بستگی دارد چراکه در برخی موارد حتی عمر ترموالکتریک بیشتر از سایر اجزاء در کنار خود آن می‌باشد.

۱۲- ترموالکتریک‌ها تغذیه ساده‌ای دارند که تنها از یک منبع DC کوچک قادر به تغذیه جهت ادامه فعالیت می‌باشند.

۱۳ – ترموالکتریک‌ها برخلاف کولرهای الکترومکانیکی هیچ‌گونه سر و صدا و نویزی تولید نمی‌کنند و لذا به همین دلیل امکان به‌کارگیری این عناصر در مکان‌های حساس به نویز و سروصدا وجود دارد.

۱۴- می‌توان تنها عیب این سیستم را مصرف برق زیاد آن دانست البته در صورت به‌کارگیری تعداد زیادی از این المان‌ها که در این صورت می‌توان از سیستم ترموالکتریک برای تولید برق کمک گرفت و یا اینکه از نیروی ترمزها برق تولید کرد که راه‌حل دوم مقرون به صرفه‌تر و بهتر می‌تواند باشد.

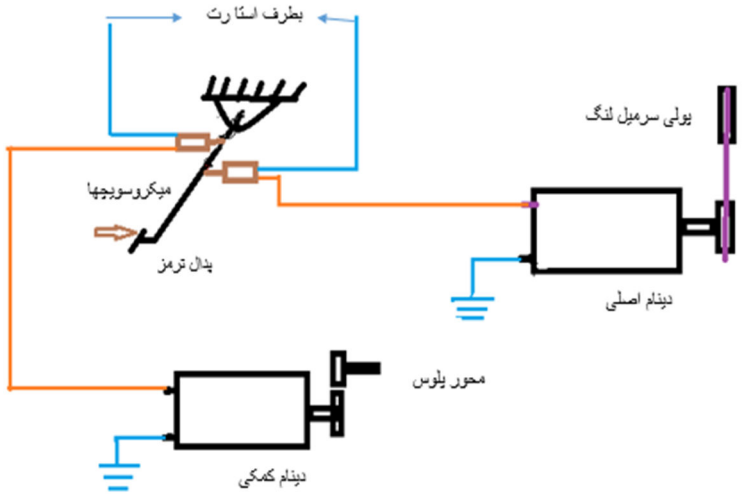
۳-۹- تأمین برق کولرو بخاری ترموالکتریک

همان‌طور که بیان شد شاید این‌طور به نظر برسد که تأمین برق تعداد زیادی از المان‌های ترموالکتریک شاید انرژی زیادی از دینام کسب کند و خودرو با کمبود برق مواجه شود که این مشکل به‌راحتی قابل‌حل می‌باشد که از سیستم ترمز برای تولید برق کمک گرفت که این آزمایش‌ها هم در راستای آزمایش‌های سیستم کولر روی خودروی آزمایشی انجام شد که به روش زیر بود که کمک زیادی هم به سیستم ترمز و لنت‌ها می‌کند.

ساده‌ترین روش کار بدین‌صورت است که از یک یا دو دینام به تعداد پلوس‌های محرک خودرو استفاده شود. دینام روی پلوس نصب می‌شود. یا در بعضی خودروها مانند پژو روی گلدانی جلوی گیربکس جای خالی وجود دارد و دندانه‌های فلایویل به‌راحتی قابل مشاهده می‌باشد که می‌توان از آن استفاده کرد و دینام را روی آن نصب کرد. دو میکرو سویچ بکار گرفته می‌شود و زیر پدال ترمز نصب می‌شود. یکی در مسیر دینام اصلی به استارت به خاطر اینکه زمان ترمز برق دینام اصلی را قطع نماید و دیگری در مسیر دینام و یا دینام‌های کمکی به استارت به خاطر وصل شدن برق دینام نصب شده روی پلوس‌ها و ورود دینام کمکی به شبکه اصلی برق خودرو.

در حالت عادی برق خودرو از دینام اصلی تأمین می‌شود برق در دینام اصلی تولید و به استارت رفته و ازآنجا به سراسر الکتریکی و الکترونیکی خودرو تقسیم می‌شود و دینام کمکی هرز چرخیده و برقی تولید نمی‌کند و به مدار نمی‌فرستد. با اقدام راننده به ترمز و فشردن پدال و بکار افتادن دو میکروسویچ زمان وصل شدن دینام کمکی به شبکه اصلی برق هم‌زمان است با ازکارافتادن دینام اصلی و خارج شدن دینام اصلی از مدار برق خودرو. و این می‌تواند بار الکتریکی بالایی بدوش دینام کمکی

بگذارد و همین باعث به‌سختی چرخیدن دینام و مقاومت آن برای چرخش و تولید برق بالا و از طرفی اخذ نیروی زیادی از چرخ‌ها برای چرخیدن و کمک به سیستم ترمز می‌باشد. چون هرچقدر دینام برق بیشتری تولید کند نیاز به قدرت بیشتری برای چرخاندن آن است. پس می‌تواند قدرت ترمزکنندگی بیشتری را به ارمغان آورد و با حرکت چرخ‌ها مخالفت کند. پس نتیجه می‌شود که هم دینام تولید برق می‌کند و هم با چرخیدن پلوس‌ها مخالفت می‌کند که این می‌تواند کمک شایانی به سیستم ترمز و صرفه‌جویی در مصرف لنت‌ها باشد. این برق باتری را هم شارژ می‌کند که کمبود برق را جبران کند و با هر بار استفاده از ترمز ،باتری هم شارژ شود که زیر بار کم نیاورد.



شکل ۳-۱۱: مدار تولید برق از سیستم ترمز با استفاده از دینام کمکی و میکرو سویچ

در این تحقیق خودروی آزمایشی، پژو مدل ۹۱ مورد استفاده قرار گرفت. دینام کمکی روی گلدانی گیربکس نصب شد تا با دندانه‌های فلایویل در تماس قرار گیرد. برای این کار از تسمه فولادی استفاده شد و با انحنایی که در تسمه‌ها ایجاد شد دینام روی گلدانی گیربکس دقیقاً روی دندانه‌های فلایویل نصب شد البته باید قبل از آن روی گلدانی با مته ۱۴ دو سوراخ ایجاد کرد و این تسمه‌های آهنی را روی گلدانی و بلوکه سیلندر با پیچ نصب کرد و دینام روی این دو تسمه فلزی با پیچ محکم شود پولی سر دینام جداشده و بجای آن‌یک دنده استارت نصب شد. به خاطر درگیری دینام با فلایویل از یک

دنده واسطه که گام آن با گام دنده استارت و دنده فلایویل یکی بود استفاده شد. البته باید محوری که چرخ‌دنده روی آن قرارمی‌گیرد را روی گلدانی و پوسته موتور تثبیت کرد. نتیجه آزمایش در سرعت-های مختلف با شرایط یکسان بدین‌صورت بود :

جدول ۳-۱ مقایسه خط ترمز خودرو با دینام کمکی و بدون دینام کمکی

خط ترمز با دینام کمکی	خط ترمز بدون دینام کمکی	سرعت خودرو km/h
۱۹ متر	۲۳ متر	۱۱۰
۱۵ متر	۱۸ متر	۹۰
۱۰ متر	۱۲ متر	۶۰

البته آزمایش‌های بالا در مورد خودرویی بود که از یک دینام کمکی بهره می‌برد اگر از دو دینام درروی پلوس‌ها استفاده شود و یا اینکه میزان برق مصرفی خودرو بالاتر باشد این نتایج می‌تواند بازدهی بالاتری داشته باشد. هم خط ترمز کوتاه‌تر شود و هم مصرف لنت‌ها کمتر شود و هم با کمک به دینام اصلی مصرف سوخت کمتری را شاهد بود.

۳-۱۰- کلمپینگ

یک روش معمول قرار دادن ترموالکتریک بین یک صفحه صاف و هیت سینک است که موسوم به کلمپینگ می‌باشد در این روش توجه به نکات زیر الزامی است :

الف – استفاده از صفحات ماشین‌کاری شده جهت دستیابی به ضریب گرمایی بهینه و رسیدن به سطح صیقلی در حدود mm/m ۱ الزامی است .

ب- اگر در بین صفحه صاف و هیت سینک از چند واحد ترموالکتریک استفاده گردد فواصل آن‌ها باید از حاصل رابطه $\frac{\text{ارتفاع}}{\text{ضخامت}}$ کمتر بوده یعنی حدوداً فاصله بین هر دو المان نباید بیش از ۰/۰۶ میلی‌متر باشد.

ج – میزان چرخش پیچ‌ها باید به‌گونه‌ای باشد تا یک فشار ثابت را در تمام سطح هیت سینک و ترموالکتریک سبب شود.

د- تمیز بودن هر دو سطح ترموالکتریک و سطوح هیت سینک از هرگونه کثیفی و خراش احتمالی .

ه – از همه مهم‌تر سطح صفحه گرم المان از یک نوع گریس گرمایی یا خمیر سیلیکون جهت کاهش مقاومت گرمایی بین هیت سینک و صفحه مذکور استفاده می‌گردد نکته اینکه لایه این گریس باید در حدود ۰/۰۶ میلی‌متر باشد و نه بیشتر ازجمله گریس‌های گرمایی می‌توان به گریس‌های ساخت کارخانه American oil با کد محصول ۵۲۰۳۲ اشاره کرد.

و – مطابق بند (ه) در سمت صفحه سرد نیز قبل از اتصال ترموالکتریک به صفحه صاف خنک شونده می‌باید از گریس رسانای گرمایی استفاده نمود .

شکل ۳-۱۲ روغن سیلیکون یا گریس گرمایی همراه با کد اختصاری استفاده‌شده در آزمایش

فصل ۴ نتیجه گیری

در آخر امیدوارم که کم‌کم قطعات مکانیکی سنگین، پر استهلاک، پرسروصدا و نیازمند به سرویس و نگهداری فراوان از گردونه لوازم و قطعات صنعتی کنار بروند و قطعات الکترونیکی جایگزین آن‌ها شوند که در عین سبکی، زیبا، بدون سروصدا و کم‌حجم هم هستند و نیاز به سرویس و نگهداری ندارند. مخصوصاً در مورد خودرو این بیشتر می‌تواند خودنمایی کند که هرچقدر از حجم و وزن قطعات کاسته شود هم مصرف سوخت پایین‌تر می‌آید هم شتاب‌گیری خودرو بهتر می‌شود و هم مبلمان داخلی خودرو جادارتر، زیباتر و شکیل‌تر می‌شود در ضمن چون فاقد هرگونه قطعات رفت و برگشتی می‌باشند عمر این قطعات و دستگاه‌ها هم بیشتر است و خوشایند طرفداران محیط‌زیست نیز می‌باشند چون یا آلودگی ندارند و یا مقدار تولید آلودگی آن‌ها خیلی کم است. در این گزارش سعی شده از نیمه‌هادی‌هایی نظیر فلورید سرب، اکسید روی، بیسموت، مس، آنتیموان و غیره که بنام ترموالکتریک معروف هستند در سیستم کولر و بخاری خودرو استفاده شود چون این نیمه‌هادی‌ها قابلیت ایجاد اختلاف دما با جاری‌سازی جریان الکتریسیته را دارند. وقتی‌که جریانی به این المان‌ها داده شود با توجه به جنس آن نیمه‌هادی و طریقه ساخت آن یک‌طرف تا حدود صفر درجه و طرف دیگر تا حدود صد درجه سانتی‌گراد و یا بیشتر داغ می‌شود. که طبق بررسی عملی که انجام‌شده و نتیجه مطلوب کسب شده از این خاصیت می‌توان در کولر و بخاری خودرو استفاده شود البته از این خاصیت قبلاً در یخچال‌های مسافرتی و قابل‌حمل استفاده‌شده و در بازار موجود می‌باشد. ولی باکمی تغییرات ازجمله در طریقه ساخت این نیمه‌هادی‌ها از طریقه کریستالیزاسیون و انتخاب هیت سینک مناسب می‌توان از آن‌ها در کولر و یا بخاری استفاده کرد بدین‌صورت که از طرف سرد برای کولر و از طرف گرم برای بخاری که آن‌ها را در جای‌جای خودرو هرجایی که در برخورد با سرنشین می‌باشد نصب کرد و بهره برد.

کولر و بخاری‌هایی که شامل دو المان ترموالکتریک هستند و بین هیت سینک‌هایی که از جنس آلومینیم یا مس مجهز به فین هستند همراه با خمیر سیلیکون قرار داده می‌شوند و در دو طرف برای انتقال گرما یا سرما از فن استفاده می‌شود به این صورت کولر و بخاری قابل‌حمل و قابل‌انتقال ساخته

می‌شود که برای نصب فقط به دو رشته سیم برای رساندن جریان الکتریسیته به المان نیاز دارد. پس می‌توان آن‌ها را روی محوری سوار کرده که قابلیت چرخش ۱۸۰ درجه‌ای حول محور را داشته باشند و در محل نصب کانالی تعبیه شود که گرما یا سرمای بلا استفاده به بیرون منتقل شود. از طرف دیگر با توجه به نیاز سرنشین از گرما یا از سرمای تولیدی در المان ترموالکتریک بهره برد. که هر سرنشین به‌دلخواه بتواند کولر یا بخاری اختصاصی خود را روشن و یا خاموش کند. و از این طریق با خاموش نگه‌داشتن بقیه المان‌های ترموالکتریک در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود.

پس همان‌طور که گفته شد کولر و بخاری فاقد کمپرسور و گاز و متعلقات جانبی ازجمله اواپراتور، کندانسور، کپسول رسیور شیر انبساطی، شیر برقی، رادیاتور و فن ساخت. از همه مهم‌تر اینکه در این مدل انرژی در حدود ۷– ۵ کیلووات از موتور اخذ نمی‌شود و مصرف سوخت به نحو چشمگیری کاهش می‌یابد. در کولر و بخاری که از فلورید سرب و تالیم ساخته‌شده و در این گزارش مورد آزمایش قرار گرفت مصرف انرژی هر واحد ترموالکتریک همراه با فن مورداستفاده فقط ۵۰ watt بود که با در نظر گرفتن فضای اتاق می‌توان از۱۰ یا ۱۲ المان استفاده نمود که کل انرژی مصرفی در مدل ۱۰ المان فقط۵۰۰watt و یا در مدل ۱۲ المان برابر ۶۰۰ watt می‌باشد که این در مقایسه با کولر کمپرسوردار که توانی در حدود ۶۵۰۰ watt مصرف می‌کند زیاد چشمگیر نیست و در بحث هزینه نیز یک سرو گردن نسبت به کولرکمپرسوردار بالاتر است چون با هزینه‌ای معادل ۴۰۰،۰۰۰ تومان می-توان صاحب یک کولر و بخاری ترموالکتریک شد. ولی در کولر کمپرسوردار این هزینه تا ۱،۶۰۰،۰۰۰ تومان محاسبه می‌شود و در بحث مراقبت نیاز به سرویس و نگهداری ندارد که دغدغه فکری برای راننده داشته باشد. ازلحاظ کارکرد نیز عمر بسیار طولانی در حدود۲۰۰،۰۰۰ ساعت دارد که در مقایسه با کولرکمپرسوردار که هر از چندگاهی نیاز به شارژ گاز داشته و یا قطعات رفت و برگشتی آن نیاز به تعمیر یا سرویس و نگهداری پیدا می‌کنند این سیستم چون فاقد هرگونه قطعات مکانیکی و رفت و برگشتی است کمتر در معرض خرابی قرار می‌گیرد و بدون سروصدا و هرگونه نویزی به کار خود ادامه می‌دهد بدون اینکه مزاحمتی برای دیگران ایجاد کند. البته در آزمایش‌های انجام گرفته

سرمای کمتری از سیستم ترموالکتریک مشاهده شد که البته همانطورکه ذکر شد باکمی تغییرات در آلیاژ ترموالکتریک و استفاده از هیت سینک مناسب‌تر می‌توان سطح کارایی آن را ارتقا بخشید.

از دیگر مزیت‌های سیستم ترموالکتریک می‌توان به‌سرعت عمل آن اشاره کرد که نسبت به نوع بخاری رادیاتوری یا کولرکمپرسوردار سریع‌تر عمل می‌کند. همان‌طور که در آزمایش‌های آمده است

المان ترموالکتریک به‌سرعت سرد و یا گرم می‌شود که اگر هیت سینکی با ضریب انتقال حرارت بالا در آن استفاده شود و این گرما و یا سرمای تولیدی را سریعاً منتقل کند می‌تواند نسبت به آب موتور که زمان زیادی برای گرم شدن آن نیاز می‌باشد و یا در کولر با کمپرسور که تقریباً تا ۳ دقیقه زمان برای تولید سرما نیاز دارد سریع‌تر وارد عمل شود و سرنشین به‌محض نشستن داخل خودرو می‌تواند از گرما و یا سرمای آن استفاده کند.و دیگر نیازی به روشن نگه‌داشتن موتور برای مدت‌زمان طولانی برای شروع فعالیت بخاری یا کولر نمی‌باشد.

نکته دیگری که در این آزمایش‌های زیاد به چشم می‌آمد متکی نبودن سیستم ترموالکتریک به موتور می‌باشد در موتوری که کولر آن کمپرسور دارد یا بخاری آن رادیاتوری و متکی به آب گرم موتور می‌باشد باید حتماً موتور روشن باشد که کمپرسور را به حرکت درآورد و یا واترپمپ آب گرم را به چرخش درآورد. ولی در سیستم ترموالکتریک وابستگی به موتور خودرو وجود ندارد که موتورحتما روشن باشد و چون المان‌ها برق زیادی مصرف نمی‌کنند می‌توان برق آن‌ها را از باتری تأمین نمود. مخصوصاً اگر از مدل قابل‌انتقال استفاده شود هر واحد فقط ۵۰ watt انرژی مصرف می‌کند که به تعداد سرنشینان می‌شود آن‌ها را روشن نمود تا برق زیادی از باتری مصرف نشود. پس می‌توان جاهایی که نیاز به جابجایی نیست ولی سرنشین مجبور به ماندن در خودرو می‌باشد برای بهره بردن از سیستم تهویه و تبرید خودرو و تنظیم دمای اتاق با خاموش نگه‌داشتن خودرو از مصرف زیادی سوخت پرهیز نمود و به‌عنوان کولر یا بخاری درجا از این سیستم استفاده نمود که با این کار از

مستهلک شدن خودرو نیز جلوگیری شود و این هم می‌تواند روش دیگری برای بهینه‌سازی مصرف سوخت باشد.

چیزی که در سیستم ترموالکتریک بیشتر خودنمایی می‌کند و می‌تواند بقیه کمبودها را پوشش دهد مصرف پایین انرژی آن است که با توجه به بحران کنونی سوخت و انرژی در جهان و حتی در کشور ایران می‌تواند اوج محبوبیت ترموالکتریک را به رخ بکشد.

البته همان‌طور که در این گزارش آمده ضریب عملکرد (cop)این المان‌ها در حدود یک می‌باشد که نشان‌دهنده بازده پایین این نوع کولرها می‌باشد که نسبت به کولرکمپرسوردار ضریب عملکرد پایین‌تری دارند که در نگاه سخت‌گیرانه شاید این کولر نتواند رضایت عمومی را به دست آورد و سرمایش و گرمایش ایده‌آل را تولید کند ولی با توجه به مصرف پایین انرژی و متکی نبودن به موتور روشن می‌توان باکمی چشم‌پوشی و پایین آوردن انتظارات مخصوصاً زمان خاموش بودن موتور خودرو کولر ترموالکتریک را به کولر کمپرسور دار ترجیح داد .

در نگاهی دیگر به این نیمه‌هادی‌ها از آن‌ها برای تولید برق استفاده‌شده است. پس می‌توان با سرمایه‌گذاری در این سیستم ترموالکتریک بر بحران سوخت غلبه کرد. می‌توان با تأمین گرمای موردنیاز این المان‌های ترموالکتریک از نقاطی مثل گرمای اگزوز یا گرمای دیسک‌های ترمز از کار آیی دیگر این المان‌ها سود برد و برق موردنیاز خودرو را تأمین کرد که با این کار در جهت طلب کمتر انرژی از موتور به خاطر کاهش مصرف سوخت یا از دینام کوچک‌تری استفاده شود و یا اینکه کاملاً دینام را حذف کرد در آخر امیدوارم با ورود تکنولوژی نانو و ترموالکتریک به سامانه تولیدات کشور و با اعتماد به این تکنولوژی‌ها کمی هم صنعت کشور خود را به علم روز نزدیک نماییم و فاصله خود را با کشورهای صنعتی کم کنیم. چون برای ارتقا بخشیدن صنعت کشور خود مجبور به اعتماد به تکنولوژی‌های جدید و فناوری‌های نوین هستیم.

مراجع

[1] Fejes, D. and K. Hernádi, A review of the properties and CVD synthesis of coiled carbon nanotubes. Materials, 2010. 3(4): p. 2618-2642.

[2]Thermoelectric Cooling and Power Generation". Science 285 (5428): 703–6. doi:10.1126/science.285.5428.703. PMID 10426986. Any device that works at the Carnot efficiency is thermodynamically reversible, a consequence of classical thermodynamics.

[3] disalvo, f. J. As the figure of merit approaches infinity , the peltier – seebeck effect candrive aheat engine Or refrigerator at closer and closer to the carnot efficiency, 1999

[4] adroja , n., B . Mehta, profshruti Review of thermoelectricity to improve energy quality, 2015. 03(2)

[5] Timothy, D. sands (2005) , Designing Nanocomposite thermoelectric Materials.

[6] Snyder , G . (oct 2003). “thermoelectric Efficiency and compatibility “ physical review letters 91 (14).

[7] Disalvo, F. J. As the "figure of merit" approaches infinity, the Peltier–Seebeck effect can drive a heat engine or refrigerator at closer and closer to the Carnot efficiency. (1999).

[۸] مجله صنعت خودرو(پاییز سال ۱۳۸۹) معرفی المان ترموالکتریک به جامعه مهندسی برق ومکانیک

[9] There is a generalized second Thomson relation relating anisotropic Peltier and Seebeck coefficients with reversed magnetic field and magnetic order. See, for example, Rowe, D.M., ed.

[10] Seebeck, T. J. (1825). "Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz (Magnetic polarization of metals and minerals by temperature differences)". Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Treatises of the Royal Academy of Sciences in Berlin). pp. 265–373

[11] Seebeck, T. J. (1826). "Ueber die Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz," (On the magnetic polarization of metals and minerals by temperature differences),". Annalen der Physik und Chemie 6: 1–20, 133–160, 253–286.

[12] Peltier (1834). "Nouvelles expériences sur la caloricité des courants électrique (New experiments on the heat effects of electric currents)". Annales de Chimie et de Physique, 56: 371–386.

[13] Ismail, Basel I.; Ahmed, Wael H. (2009-01-01). "Thermoelectric Power Generation Using Waste-Heat Energy as an Alternative Green Technology". Recent Patents on Electrical & Electronic Engineering (Formerly Recent Patents on Electrical Engineering) 2 (1): 27–39.

[14] High-performance bulk thermoelectrics with all-scale hierarchical architectures "calcium manganese oxide Ca2Mn3O8". International Union of Crystallo graphy. Retrieved 11 August 2015.

[15] Weak electron–phonon coupling contributing to high thermoelectric performance in n-type PbSe Study on thermoelectric coupling, Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Jun 19, 2012; 109(25) (National Center for Biotechnology Information website)

[16] Saving Energy and Reducing CO2 Emissions with Electricity, Clark W. Gellings, page 176. ISBN 0-88173-6678

[17] Mahan, G. D. (1997-01-01). SPAEPEN, HENRY EHRENREICH and FRANS, ed. Good Thermoelectrics 51. Academic Press. pp. 81–157.

[18] Koumoto, Kunihito; Mori, Takao (2013-07-20). Thermoelectric Nanomaterials: Materials Design and Applications. Springer Science & Business Media. ISBN 9783642375378.

[19] Pei, Yanzhong; Lalonde, Aaron; Iwanaga, Shiho; Snyder, G. Jeffrey (2011). "High thermoelectric figure of merit in heavy hole dominated PbTe". Energy & Environmental Science 4 (6): 2085. doi:10.1039/C0EE00456A.

[20] Voneshen, D. J.; Refson, K.; Borissenko, E.; Krisch, M.; Bosak, A.; Piovano, A.; Cemal, E.; Enderle, M.; Gutmann, M. J.; Hoesch, M.; Roger, M.; Gannon, L.; Boothroyd, A. T.; Uthayakumar, S.; Porter, D. G.; Goff, J. P. (2013). "Suppression of thermal conductivity by rattling modes in thermoelectric sodium cobaltate". Nature Materials. doi:10.1038/nmat3739.

Rowe 2005, Chapter 38.

[21] Caillat, T., Borshchevsky, A., and Fleurial, J.-P., In Proceedings of 7th International Conference TEs, K. Rao, ed., pp. 98 – 101. University of Texas, Arlington, 1993.

[22] Zhang, H. and Talapin, D. V. (2014), Thermoelectric Tin Selenide: The Beauty of Simplicity. Angew. Chem. Int. Ed., 53: 9126–9127. doi:10.1002/anie.201405683

[23] Fairbanks, J., Thermoelectric Developments for Vehicular Applications, U.S. Department of Energy: Energy Efficiency and Renewable Energy. Presented on: August 24, 2006.

[24] "Thene-Drink: Capturing Electricity from Beverage". Society for ascience and the Public. Retrieved 2015-12-25.

[25] "Global Thermoelectric Generator Market is estimated to cross US $720 million by 2021: by Market Research Engine". www.keyc.com. Retrieved 2015-10-28.

[26] "Thermoelectric Generators Market Worth 547.7 Million USD by 2020".

[27] Saving Energy and Reducing CO2 Emissions with Electricity, Clark W. Gellings, page 176. ISBN 0-88173-6678 [33] Solar refrigeration options – a state-of-the-art review. D.S. Kim, C.A. Infante Ferreira. 2008, International Journal of Refrigeration, pp. 3–15. DOI web link

[28] Mahan, G. D. (1997-01-01). SPAEPEN, HENRY EHRENREICH and FRANS, ed. Good Thermoelectrics 51. Academic Press. pp. 81–157.

[29]Koumoto, Kunihito; Mori, Takao (2013-07-20). Thermoelectric Nanomaterials: Materials Design and Applications. Springer Science & Business Media. ISBN 9783642375378.

[30] Yanzhong, Pei,; Heng, Wang,; J., Snyder, G. (2012-12-04). "Band Engineering of Thermoelectric Materials". authors.library.caltech.edu. Retrieved 2015-10-23.
Bhandari, C. M. in Rowe 2005, pp. 55–65

[31] Cava, R. J. (1990). "Structural chemistry and the local charge picture of copper-oxide superconductors". Science 247 (4943): 656–62. Bibcode:1990Sci...247..656C. doi:10.1126/science.247.4943.656. PMID 17771881.

[32] Dresselhaus, M. S.; Chen, G.; Tang, M. Y.; Yang, R. G.; Lee, H.; Wang, D. Z.; Ren, Z. F.; Fleurial, J.-P.; Gogna, P. (2007). "New directions for low-dimensional thermoelectric materials" (PDF). Advanced Materials 19 (8): 1043. doi:10.1002/adma.200600527.

[33] Duck Young Chung; Hogan, T.; Schindler, J.; Iordarridis, L.; Brazis, P.; Kannewurf, C.R.; Baoxing Chen; Uher, C.; Kanatzidis, M.G. (1997). "XVI ICT '97. Proceedings ICT'97. 16th.

[34] "Improved thermoelectric materials may give a push to Moore's law". KurzweilAI. Retrieved 2013-09-02

Abstract

By roofing the vehicles, air conditioning and refrigeration systems are considered as inseparable parts of them, but because these air conditioning systems with compressors that are available on the vehicles are costly, heavy, large and also hazardous and they use high amounts of energy, it has been tried that elements of thermodynamics be used in heating and cooling systems of the vehicles. In the current research, semiconductors including lead fluoride and thallium have been used and by installing the cooper heat sink with fins on both sides of the element of thermodynamics, the cool side and heat side of it have been used as cooler and heater, respectively. In the current research it has been tried that instead of installing cooper heat sink with fins on the central console of the vehicle in direction of cooler and heater fans, they can be installed on every part of the vehicle in direct connection with the car seat such as roof, dashboard, behind the front seats and doors that produced cold or heat can reach the car seat faster and is not wasted in the way. The produced cold or heat based on the experiment by difference of 3-4 ℃ is to a large extent like air conditioners with compressors and heaters with radiators, but consumption ampere of each element is about 3.8 amps and consumption power of each system with two elements is about 50 watt, then by using this system in six parts of internal space of the car, just 600 watt energy is needed that is a slight amount of energy in comparison with air conditioners with compressors that use the energy of 5-6 kW and from point of the cost, this system has one third of the cost of the previous model and fuel consumption is reduced up to about 20 percent. By using semiconductors of lead fluoride and thallium or zinc oxide alloy in insulated silicone of hot parts of the vehicle such as exhaust and brake discs, 800-1000 watt electricity can be produced that it can cause the alternator be omitted or a smaller alternator be used to reduce the fuel consumption up to 3 percent.

Key words: thermodynamics, heat sink, cooper heat sink with fins, compressor, element of cooler, Peltier coefficient, zbk coefficient, Thomson coefficient, merit factor.

Faculty of Mechanical and Mechatronics Engineering
M.Sc. Thesis in Energy Systems Engineering

Technical – Investigation of engine losses reduction using thermoelectric modules for car cooling and heating

By: Hosein dankoob

Supervisors:
Dr. Ali Abbas nejad

February 2017