دانشگاه تهران

دانشکدگان فنی

دانشکده مهندسی مکانیک

تکلیف دوم درس درآمدی بر مهندسی مکانیک

بهره‌برداری از گرمای بدن برای تولید برق به روش ترموالکتریک

علی فتوحی_۸۱۰۶۰۲۲۴۵

امیرمحمد میرحسینی_۸۱۰۶۰۲۲۶۵

اردیبهشت ۱۴۰۳

چکیده:

هدف از این پروژه تولید برق با استفاده از روشی پاک و به‌صرفه از بدن انسان است. این وسیله برمبنای پدیده ترموالکتریک، انرژی حرارتی بدن انسان را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. ایده پروژه این است که وسیله با روشی که در ادامه گفته می‌شود، بر روی ساعت مچی قرار گیرد و با حرارت بدن انسان بتوان آن را به کار انداخت. بر روی این ایده قبلا اندکی کار شده‌است، ولی به‌علت هزینه بالای تولید هنوز اجرا نشده یا اگر هم شده‌باشد، هنوز استفاده از آن مقرون‌به‌صرفه نیست.

۱- مقدمه:

از زمان کشف سوخت‌های فسیلی تاکنون، عمده انرژی الکتریکی مورد نیاز در سرتاسر جهان چه برای مصرف صنعتی و چه برای مصرف خانگی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی در موتورهای احتراق تامین می‌شود. در واقع اینکه هزینه سوزاندن سوخت بسیار پایین بوده و برای اهل صنعت و دولت مردان بسیار به‌صرفه بوده، باعث شده تا این افراد توجهی به زیان‌های بزرگ این روش برای تولید برق نکنند. با افزایش آلودگی های محیطی و تغییرات گسترده اقلیمی، دانشمندان به فکر ابداع روشی برای تولید انرژی پاک شدند. این پروژه نیز در راستای این هدف سودمند گام برمی‌دارد، با این تفاوت که در این پروژه از بدن انسان برای تولید برق استفاده می‌شود.

ایده‌های خلاقانه زیادی از سوی دانشمندان برای تولید انرژی پاک داده شده‌اند. اما همچنان این انرژی‌ها اکثراً توسط نیروی آب پشت سدها و انرژی خورشیدی تأمین می‌شوند. این پروژه تأکید بر تولید انرژی پاک از بدن انسان را دارد. برای این کار راه‌های زیادی مانند استفاده از سلول پیزوالکتریک برای تبدیل انرژی حرکتی بدن به انرژی الکتریکی وجود دارد. اما در حوزه استفاده از انرژی حرارتی بدن، محصولات دیگری مانند تجهیزات پزشکی مانیتورینگ بیماران که از حرارت بدن انسان برای تأمین برق برای عملکرد دستگاه‌ها استفاده می‌کنند نیز وجود دارند.

با استفاده از این وسیله، از گرمای بدن انسان به عنوان منبع انرژی استفاده می‌شود؛ درنتیجه نیاز به باتری‌ها یا شارژرهای خارجی برای تغذیه دستگاه‌های پوشیدنی کاهش می‌یابد. همین ویژگی سبب عدم نیاز ساعت به تعویض باتری یا شارژ مداوم باتری می‌شود که این ویژگی، خود سبب پایداری بیشتر و خرابی کمتر می‌شود. با توجه به اینکه این تکنولوژی به صورت مستقل از منابع خارجی عمل می‌کند، می‌تواند در شرایطی مانند سفرهای طولانی، فعالیت‌های ورزشی در فضای باز، و غیره مورد استفاده قرار گیرد. دستگاه‌هایی که از این تکنولوژی استفاده می‌کنند، می‌توانند به راحتی درون دستگاه‌های پوشیدنی مانند ساعت قرار گیرند. بدون نیاز به قطعات حجیم و سنگین، امکان استفاده راحت‌تر از این دستگاه‌ها برای کاربران فراهم می‌شود [۱].

تکنولوژی ترموالکتریک برای تولید برق از گرمای بدن انسان، نیازمند به درجه حرارت معینی است که باید به طور مداوم حفظ شود. این درجه حرارت معین، بیشترین بهره‌وری و کارایی را برای تولید برق ارائه می‌دهد. در صورت کاهش یا افزایش دمای بدن انسان به خارج از محدوده مشخص، عملکرد دستگاه ترموالکتریک ممکن است کاهش یابد یا حتی متوقف شود [۲]. به عنوان مثال، اگر دمای بدن انسان پایین‌تر از درجه حرارت مورد نیاز باشد، تفاوت حرارتی کافی برای تولید برق کمتر خواهد بود؛ بنابراین عملکرد دستگاه کاهش می‌یابد. همچنین، اگر دمای بدن انسان بالاتر از محدوده مشخص باشد، ممکن است دستگاه به دلیل خطر افزایش دما خاموش شود.

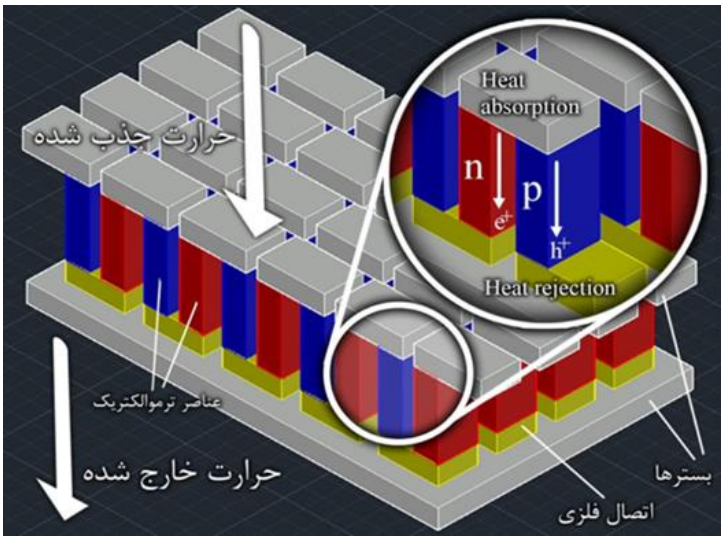
یکی دیگر از معایب تکنولوژی ترموالکتریک، محدودیت‌های فنی است که ممکن است عملکرد و کارایی آن را تحت‌تأثیر قرار دهد. افت ولتاژ در مسیر انتقال حرارت، یکی از این محدودیت‌های فنی است. در سیستم‌های ترموالکتریک، ولتاژ تولید شده به‌طور مستقیم وابسته به تفاوت حرارتی میان دو سری دمایی است [۳]. اما در طول مسیر انتقال حرارت، ممکن است به‌دلیل عوامل مختلفی مانند مقاومت الکتریکی، افت ولتاژ رخ دهد که می‌تواند عملکرد دستگاه را تحت‌تأثیر قرار دهد. یکی دیگر از این محدودیت‌ها کاهش عمر مفید است. سیستم‌های ترموالکتریک ممکن است مقابل عوامل محیطی مانند رطوبت، لرزش، حرارت، و غیره حساس باشند. این عوامل می‌توانند منجر به کاهش عمر مفید و پایداری سیستم شوند؛ این امر می‌تواند هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را افزایش دهد.

۲- روش طراحی:

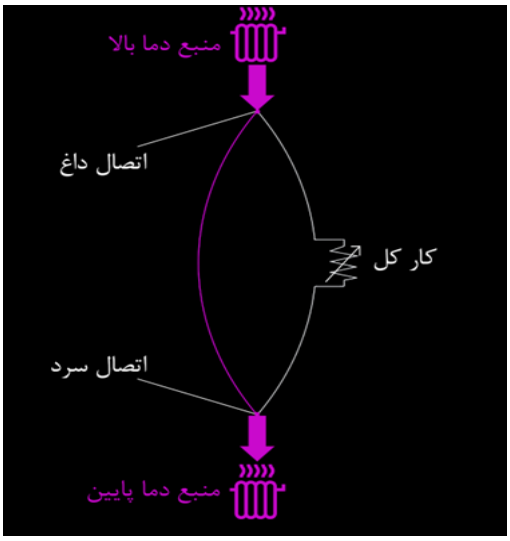
برای طراحی یک دستگاه که بتواند انرژی گرمایی بدن را به برق تبدیل کند، باید موادی انتخاب شوند که دارای خواص مناسب برای تبدیل حرارت به برق باشند. این مواد معمولاً شامل فلزاتی با خواص سیبک [۱] [۴] بالا همچون بیسموت‌تلریوم [۲] می‌شوند. موادی همچون هیبریدهای آلی، می‌توانند خواص ترموالکتریکی خوبی را ارائه دهند و به‌عنوان ماده‌ای مناسب مورد استفاده قرار گیرند. با انتخاب و استفاده از این مواد مناسب، می‌توانید دستگاهی ترموالکتریکی با کارایی بالا و عملکردی بهینه، طراحی کنید.

سپس نوبت به ساخت ترموپیل می‌رسد که قسمت اصلی این دستگاه است. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده‌است، مواد انتخاب شده به‌ترتیب در ابعادی عمود بر جریان حرارتی قرار می‌گیرند؛ به‌طوری که یک طرف آن‌ها در معرض حرارت بالاتر و طرف دیگر در معرض دمای پایین‌تر قرار گیرد[۵]. هر دو طرف ترموپیل به الکترودهای مناسب متصل می‌شود. اتصال الکترودها در ترموپیل برای جمع‌آوری و انتقال جریان الکتریکی تولید شده توسط ترموپیل به بار مفید الکتریکی استفاده می‌شود. الکترودها همانند شکل ۲ به طور معمول به دو سر ترموپیل متصل می‌شوند. ولتاژ و جریان الکتریکی تولید شده توسط ترموپیل به خارج از ترموپیل منتقل می‌شوند تا در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرند [۶].

حال نیاز است که ولتاژ تولید شده توسط ترموپیل، به ولتاژ قابل استفاده برای مصرف کننده مانند باتری یا دستگاه الکتریکی تبدیل شود. برای این کار، از یک مدار تقویت و تنظیم ولتاژ استفاده می‌شود که ولتاژ تولیدشده توسط ترموپیل را تنظیم کرده و به ولتاژی مستقیم و متناسب با نیازهای مصرف‌کننده تبدیل می‌کند. اگر مصرف‌کننده انرژی مستقیماً به ترموپیل متصل نباشد، باید یک شارژر یا سیستم ذخیره‌سازی انرژی مانند باتری یا ابرخازن در مدار الکتریکی در نظر گرفته شود. این شارژر یا ذخیره‌ساز انرژی باید بتواند انرژی تولیدشده توسط ترموپیل را به‌طور مداوم ذخیره کرده و نیازهای مصرف‌کننده را تأمین کند.



شکل ۱: شماتیک ترموپیل



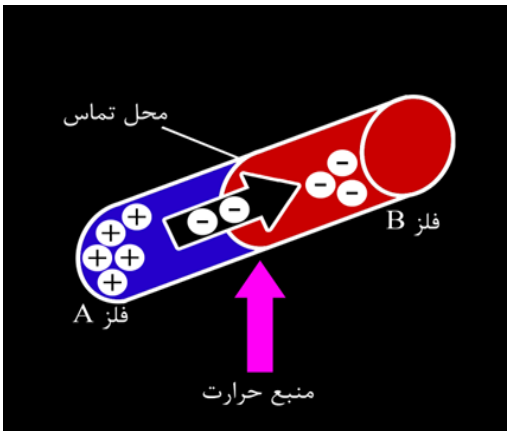
شکل ۲: شماتیک مدار ترموالکتریکی

[۱]- Seebeck

[۲]- Bismuth telluride, Bi_2Te_3

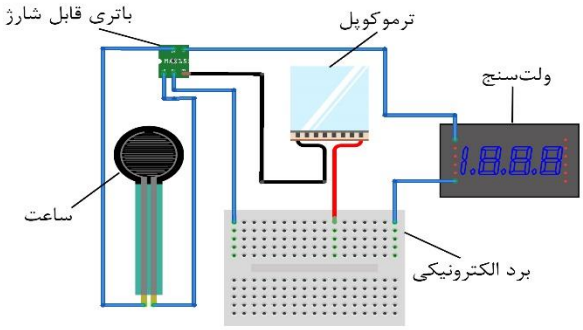
طبق مدار کشیده شده در شکل ۴، ترموپیل ساخته شده با استفاده از یک کانکتور به یک باتری قابل شارژ و همچنین باتری به یک ساعت مچی متصل شود. کانکتور باید از موادی ساخته شود که دارای خواص الکتریکی مناسب برای انتقال سیگنال‌های الکتریکی باشند. برخی از مواد مورد استفاده برای ساخت کانکتورها، شامل آلیاژهای فلزی مثل برنج یا فولاد می‌باشد. برای این کار از یک کانکتور برای وصل کردن ساعت به باتری و از یک کانکتور دیگر برای وصل کردن باتری به ترموکوپل استفاده می‌شود.

در اینجا نقطه داغ ترموکوپل به بدن وصل می‌شود، نقطه سرد نیز به محیط اطراف وصل می‌شود و تفاوت دمای دو سر ترموکوپل ایجاد می‌شود که این مسئله در شکل ۳ نشان داده شده‌است. هنگامی که دمای دو نقطه، متفاوت با دمای ترموکوپل باشد، الکترون‌ها با سرعت متفاوتی حرکت می‌کنند که اختلاف این سرعت‌ها باعث تولید ولتاژ الکتریکی می‌شود [۷]. این اختلاف دما منجر به ایجاد تغییرات در توزیع الکترون‌های داخل ترموکوپل می‌شود. هنگامی که یک سر ترموکوپل گرم‌تر از سر دیگر است، الکترون‌ها به سمت سر سردتر حرکت می‌کنند. این حرکت الکترون‌ها منجر به تشکیل یک فشار الکتریکی، یا به عبارت دیگر اختلاف پتانسیل در دو سر ترموکوپل می‌شود که به‌عنوان ولتاژ تولیدی ترموکوپل شناخته می‌شود [۸].



شکل ۳: شماتیک ترموکوپل

مقدار برق تولیدی توسط ترموکوپل معمولاً با استفاده از اصل افزایش ولتاژ دراثر تفاوت دماها محاسبه می‌شود [۹]. این اصل می‌گوید که ولتاژ تولیدی توسط یک ترموکوپل با تفاوت دمای دو سر آن متناسب است. برای محاسبه دقیق، باید از رابطه‌های ریاضی مربوطه استفاده کرد. ولتاژ تولیدی ترموکوپل به صورت تقریبی از رابطه $V = S \times \Delta T$ محاسبه می‌شود [۲]. ΔT اختلاف دمای دو سر ترموکوپل، V ولتاژ تولیدی و S ضریب سیبک است که برای مواد مختلف فرق می‌کند. در این وسیله از بیسموت‌تلریوم به‌دلیل ضریب سیبک بالای آن استفاده شده‌است [۱۰]. ضریب سیبک برای این ماده حدوداً ۵۰ میکروولت بر درجه سلسیوس است. اما این مقدار ممکن است با تغییر دما و شرایط محیطی تغییر کند.



شکل ۴: شماتیک الکترونیک دستگاه

۳- کاربرد:

واضح‌ترین کاربرد این وسیله استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی بدون نیاز به باتری یا شارژر است. مقصود این پروژه این است که از برق تولیدی در ساعت مچی استفاده شود؛ اما این دلیل نمی‌شود که نتوان از آن در وسیله های برقی دیگر استفاده کرد. مواد ترموالکتریک می‌توانند این امر را ممکن سازند. در واقع در این وسیله، این مواد نقش اصلی را بر عهده دارند و گرما را به انرژی مفید تبدیل می‌کنند. تولید برق از گرمای بدن می‌تواند در فناوری‌های نظامی و فضایی برای تأمین انرژی دستگاه‌های پوشیدنی نظامیان و فضانوردان استفاده شود. این روش می‌تواند به کاهش وزن و حجم باتری‌ها کمک کند و کارایی و خودکفایی آن‌ها را افزایش دهد.

پدیده ترموالکتریک در صنعت پزشکی نیز به روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دستگاه‌های ترموالکتریک می‌توانند گرمای بدن را به برق تبدیل کنند. این برق برای تأمین انرژی دستگاه‌های پزشکی مانند ضربان‌سازها و سنسورها استفاده می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از این دستگاه می‌تواند فرآیند ترمیم بافت‌ها و بهبود زخم‌ها را با ایجاد گرمای محلی در منطقه آسیب‌دیده تسریع کند [۱۱].

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهاد:

یکی از پیشنهادات برای پیشبرد این پروژه، توسعه مواد ترموالکتریک کارآمدتر است. تحقیق و توسعه مواد جدید با ضریب کارایی بالاتر، می‌تواند به افزایش بهره‌وری دستگاه‌های ترموالکتریک کمک کند. استفاده از نانومواد و ترکیبات آلی با خواص بهینه، می‌تواند عملکرد این دستگاه‌ها را بهبود بخشد. به‌عنوان مثال، نانوسیال‌ها و نانوکامپوزیت‌هایی که دارای خواص حرارتی موردنیاز برای ترموالکتریک هستند، باید بررسی شوند [۱۱].

بهینه‌سازی طراحی و ارگونومی در تحقیقات ترموالکتریک، از دیگر پیشنهادات مطرح شده است. طراحی دستگاه‌های پوشیدنی که به‌طور مناسب با سطح پوست در تماس باشند، می‌تواند به بهبود انتقال حرارت و افزایش تولید انرژی کمک کند. توسعه طراحی‌های انعطاف‌پذیر برای دستگاه‌های ترموالکتریک، می‌تواند به سازگاری بهتر با حرکات بدن و استفاده راحت‌تر کاربران کمک کند. استفاده از طراحی‌های مدرن و دارای ویژگی‌های منحصربه‌فرد، می‌تواند به جذب کاربران و افزایش میزان استفاده از دستگاه‌های ترموالکتریک کمک کند.

ادغام این وسیله با فناوری‌های موجود در بحث انرژی می‌تواند به توسعه این پروژه و رسیدن به اهدافی والا کمک کند. با ادغام دستگاه‌های ترموالکتریک با فناوری‌های موجود، می‌توان به بهره‌وری بالاتر و کاربردهای گسترده‌تر این فناوری در حوزه‌های مختلف کمک کرد. این ادغام می‌تواند شامل تلفیق دستگاه‌های ترموالکتریک با سلول‌های خورشیدی، باتری‌های قابل شارژ، فناوری‌های نانو، فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم، و فناوری‌های امنیتی شود. این تلفیقات می‌تواند به افزایش بهره‌وری و کارایی دستگاه‌های ترموالکتریک، استفاده بهینه از منابع انرژی، و ارتقای سطح کاربرد این فناوری در صنایع مختلف کمک کند.

پروژه تولید برق از بدن انسان به روش ترموالکتریک نشان می‌دهد که این فناوری پتانسیل بالایی برای تبدیل گرمای بدن به انرژی الکتریکی دارد. این فناوری می‌تواند نقش مهمی در تأمین انرژی دستگاه‌های پوشیدنی، دستگاه‌های پزشکی کاشتنی، سنسورهای ایمنی، و کاربردهای نظامی و فضایی ایفا کند. همچنین، تولید برق از گرمای بدن می‌تواند به کاهش نیاز به باتری‌های قابل شارژ و بهبود بهره‌وری انرژی کمک کند. با توجه به پیشرفت‌های اخیر و پتانسیل بالای فناوری ترموالکتریک، این پروژه می‌تواند به‌عنوان یک راهکار نوآورانه و پایدار برای تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر معرفی شود. همچنین این پروژه، نقش مهمی در آینده انرژی و فناوری‌های پوشیدنی ایفا می‌کند. با توسعه مواد کارآمدتر، بهینه‌سازی طراحی، و اجرای تحقیقات گسترده‌تر؛ این فناوری می‌تواند به یک منبع قابل اعتماد و دوستدار محیط زیست برای تولید انرژی تبدیل شود.

منابع:

۱. واکر، کریس. (۲۰۱۳). *چگونه مولدهای ترموالکتریکی به محیط کمک می‌کند؟* www.B2n.ir/b57967

۲. ما، زانگ‌ژانگ؛ وانگ، زینلی؛ و آنجی، یانگ. (۲۰۱۴). *تأثیر دما بر اجزای مولد ترموالکتریکی.* www.B2n.ir/k70761

۳. گروه ویرایشگران الکتریسیتی‌مگنتسیم. (بی تا). *مولدهای ترموالکتریکی.* www.B2n.ir/x46551

۴. سیبک، توماس جان و گروه ویرایشگران بریتانیکا. (۲۰۲۴). *ترموالکتریسیته و اثر سیبک.* www.B2n.ir/n84170

۵. آلن، رت. (۲۰۱۷). *مولدی ترموالکتریکی را بسازید، مانند آن‌هایی که در اعماق فضا برق تولید می‌کنند.* www.B2n.ir/n87013

۶. گروه ویرایشگران پروسس پارامیترز. (بی تا). *ترموکوپل چیست؟ ترموکوپل چگونه کار می‌کند؟* www.B2n.ir/y14867

۷. طبایی، زهراسادات و امیدوار، امیر. (۲۰۲۳). *ژنراتورهای ترموالکتریک مبتنی بر حرارت بدن انسان به عنوان منبع تغذیه پایدار برای دستگاه‌های الکترونیکی، پیشرفت‌های اخیر، چالش‌ها، چشم‌اندازهای آینده.* www.B2n.ir/g03109

۸. گروه ویرایشگران ساینس دایرکت. (بی تا). *پیل گرماسنج.* www.B2n.ir/e21346

۹. گروه ویرایشگران کاستوم ترموالکتریک. (بی تا). *مولدهای ترموالکتریکی.* www.B2n.ir/t39295

۱۰. سائو و همکاران. (۲۰۲۲). *پیشرفت‌های دستگاه‌های ترموالکتریکی ساخته شده از بیسموت‌تلریوم.* www.B2n.ir/x53726

۱۱. عبدالکریم و همکاران. (۲۰۲۲). *چشم‌اندازهای مولدهای ترموالکتریکی ساخته شده از نانوسیال.* www.B2n.ir/u54250