POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

مدیریت حرارتی مبتنی بر PCM هیبریدی برای باتری‌های لیتیوم یون: روندها و چالش‌ها

چکیده

با افزایش تقاضا برای خودروهای الکتریکی (EV[1]) و وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی (HEV[2])، مدیریت حرارتی موثر باتری‌های لیتیوم یون اهمیت بیشتری پیدا می‌نماید. استفاده از مواد تغییر فاز دهنده (PCM[3]) در سیستم‌های مدیریت حرارتی برای باتری‌های لیتیوم یون (Li-ion) در این مطالعه مروری بررسی شده است. این مطالعه مروری بر باتری‌های لیتیوم یون، تأثیر دما بر عملکرد آن‌ها و نیاز به سیستم مدیریت حرارتی باتری (BTMS[4]) قابل اعتماد ارائه می‌نماید. مدل ریاضی این سیستم‌ها و همچنین آزمایش تجربی چنین سیستم‌هایی که کارایی BTMS مبتنی بر PCM را ارزیابی نموده، ارائه شده است. این تجزیه و تحلیل بر روی BTMS هیبریدی متمرکز است که از PCMها در ترکیب با تکنیک‌های سرمایش با هوا، سرمایش مایع، سرمایش ترموالکتریک و سرمایش لوله حرارتی استفاده می‌نماید. تأثیر چیدمان محفظه PCM و افزودن سطوح مختلف فین دار به سیستم نیز در این مقاله مورد بحث قرار گرفته است. علاوه بر این، این تحقیق تأثیر ارتعاش بر PCM را برای سیستم‌های مدیریت حرارتی باتری لیتیوم یون مورد بحث قرار می‌دهد و ادغام PCM را به عنوان راه‌حلی مناسب برای این مشکل پیشنهاد می‌نماید. پیامدهای اقتصادی و زیست محیطی PCMها و همچنین اهداف تحقیقاتی آینده نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند. تمرکز این پژوهش روی موضوع تحقیقاتی نسبتاً جدید تأثیر بهینه‌سازی پیکربندی و ارتعاش بر PCM چیزی است که آن را از مطالعات قبلی که در موضوع مربوطه انجام شده متمایز می‌نماید.

کلمات کلیدی: باتری لیتیوم یون، مواد تغییر فاز دهنده، BTMS هیبریدی، محفظه PCM

---

[1] electric vehicles
[2] hybrid electric vehicles
[3] phase change material
[4] Battery Thermal Management System

نتیجه‌گیری

توانایی خودروهای برقی در حفظ موثر دمای باتری‌هایشان عاملی حیاتی در عملکرد کلی است. این پژوهش به بررسی استفاده از PCM برای سیستم‌های BTMS در وسایل نقلیه الکتریکی می‌پردازد. در ادامه برخی از بینش‌ها و تحلیل‌هایی بر اساس بررسی‌های انجام شده ارائه شده است که تمرکزی برای مطالعه بیشتر در آینده خواهد بود.

• تکنیک‌های فعال مرسوم، مانند تهویه هوا، اغلب قادر به تولید دمای ثابت در باتری‌ها و انباشتگرها نیستند. در عین حال، BTMS مبتنی بر PCM بهترین ارزش را در هزینه، قابلیت‌های یکپارچه سازی، کارایی، چرخه عمر و هزینه‌های نگهداری ارائه می‌دهد.

• تحقیقات زیادی بر روی افزایش عملکرد اتلاف حرارت ثانویه ماژول PCM با طراحی ساختاری و کوپلینگ ماژول با سایر فناوری‌های اتلاف گرما مانند فین‌های جدید، سرمایش هوا، سرمایش مایع، HP، TEC و غیره متمرکز شده است.

• بررسی تاثیر شکل محفظه PCM بر دمای باتری در هنگام استفاده از همان مقدار PCM به دلیل پتانسیل تغییرات قابل توجه، توجه محققان مختلفی را به خود جلب نموده است. این امکان وجود دارد که در آینده، بسیاری از شکل‌های اختراعی جدید دیگر به عنوان تکنیکی برای افزایش عملکرد تولید شوند.

• برای مدیریت حرارتی باتری، استراتژی سرمایش PCM همراه با فین‌های بهینه‌شده برای اتلاف حرارت ثانویه مورد نیاز است. ضروری است تا باتری بتواند در شرایط دمایی شدید مقاومت نماید.

• فین رگبرگ بیومیمتیک، که افت دما در سیستم سرمایش را تا 34.6 درصد افزایش داد، نمونه‌ای از شکل فین غیرمرسوم است که پتانسیل بررسی در آینده برای افزایش انتقال حرارت را دارد.

• ارتعاشات به طور قابل توجهی روی سطح سیستم مدیریت حرارتی باتری غیرفعال (BTM) با افزایش فرکانس و دامنه آن‌ها تأثیر می‌گذارد. افزایش دما ناشی از ارتعاش ممکن است با ادغام PCM در BTMS به میزان قابل توجهی کاهش یابد زیرا ارتعاشات را جذب نموده و از رسیدن آن‌ها به سلول‌ها جلوگیری می‌نماید. پتانسیل دامنه ارتعاش کوچک برای افزایش هدایت حرارتی PCM کامپوزیت و کاهش دمای کارایی باتری نیز از طریق مطالعه

نشان داده شده است. با این حال، تجزیه و تحلیل در این زمینه بسیار محدود است. در نتیجه، با مطالعه آینده در مورد تأثیر ارتعاش بر PCM، ممکن است BTMS بسیار پیچیده‌تر تولید شود که بر مشکل افزایش دما به دلیل ارتعاش غلبه نموده است.

• علاقه فزاینده‌ای به ایجاد مواد تغییر فاز دهنده مبتنی بر زیستی، مانند مواد ساخته شده از اسیدهای چرب یا روغن نباتی، که نتایج امیدوارکننده‌ای در ذخیره گرمای نهان را نشان می‌دهد. تأثیر آن برای جهان طبیعی مفید خواهد بود.

• مطالعات متعدد نشان دادند که سیستم‌های PCM در نهایت از نظر بازده محیطی کارآمدترین هستند زیرا در حین کار به انرژی کمی یا فاقد انرژی نیاز بود. همچنین شایان ذکر است که اگر از PCM با کارایی کمتر (با آنتالپی ذوب و انجماد کمتر) استفاده شود، حجم بیشتری از PCM مورد نیاز است و اثرات زیست محیطی افزایش می‌یابد.

• علیرغم اینکه سیستم PCM میانگین هزینه‌های سالانه کمتری دارد، هزینه سرمایه گذاری اولیه بیش از چهار برابر گزینه‌های دیگر است. علاوه بر این، پس از ده سال، کاربرد PCM به تعمیر و نگهداری اضافی نیاز دارد.

•PCMها هنوز به طور محکم در بازار مستقر نشده‌اند. در نتیجه، با افزایش محبوبیت آن‌ها ممکن است منجر به کاهش قیمت قابل توجه شود.

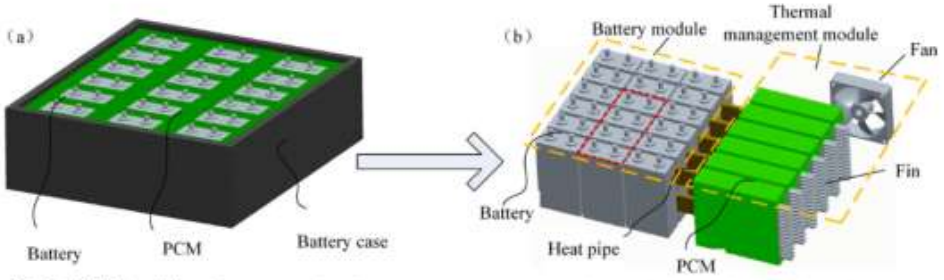
• سیستم‌های مدیریت حرارتی باتری مبتنی بر PCM مزایای مختلفی را نسبت به راه‌حل‌های مرسوم از جمله افزایش بهره‌وری انرژی، کاهش پیچیدگی سیستم و افزایش عملکرد باتری و طول عمر ارائه می‌دهند. با این حال، ادغام فناوری‌های مبتنی بر PCM در سیستم‌های مدیریت باتری فعلی و طرح‌های خودرو چالشی است که باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

Reference

Khan, Mehwish Mahek, et al. "Hybrid PCM-based thermal management for lithium-ion batteries: Trends and challenges." *Journal of Energy Storage* 73 (2023): 108775.

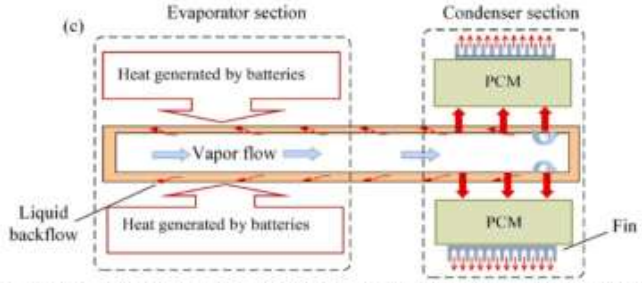
DOI: https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108775

ترجمه و ویرایش: دانیال ابراهیم‌زاده



Existing PCM based thermal management system

Heat pipe-assisted separation PCM based thermal management system



Schematic illustrations of heat transfer in battery thermal management system assembly