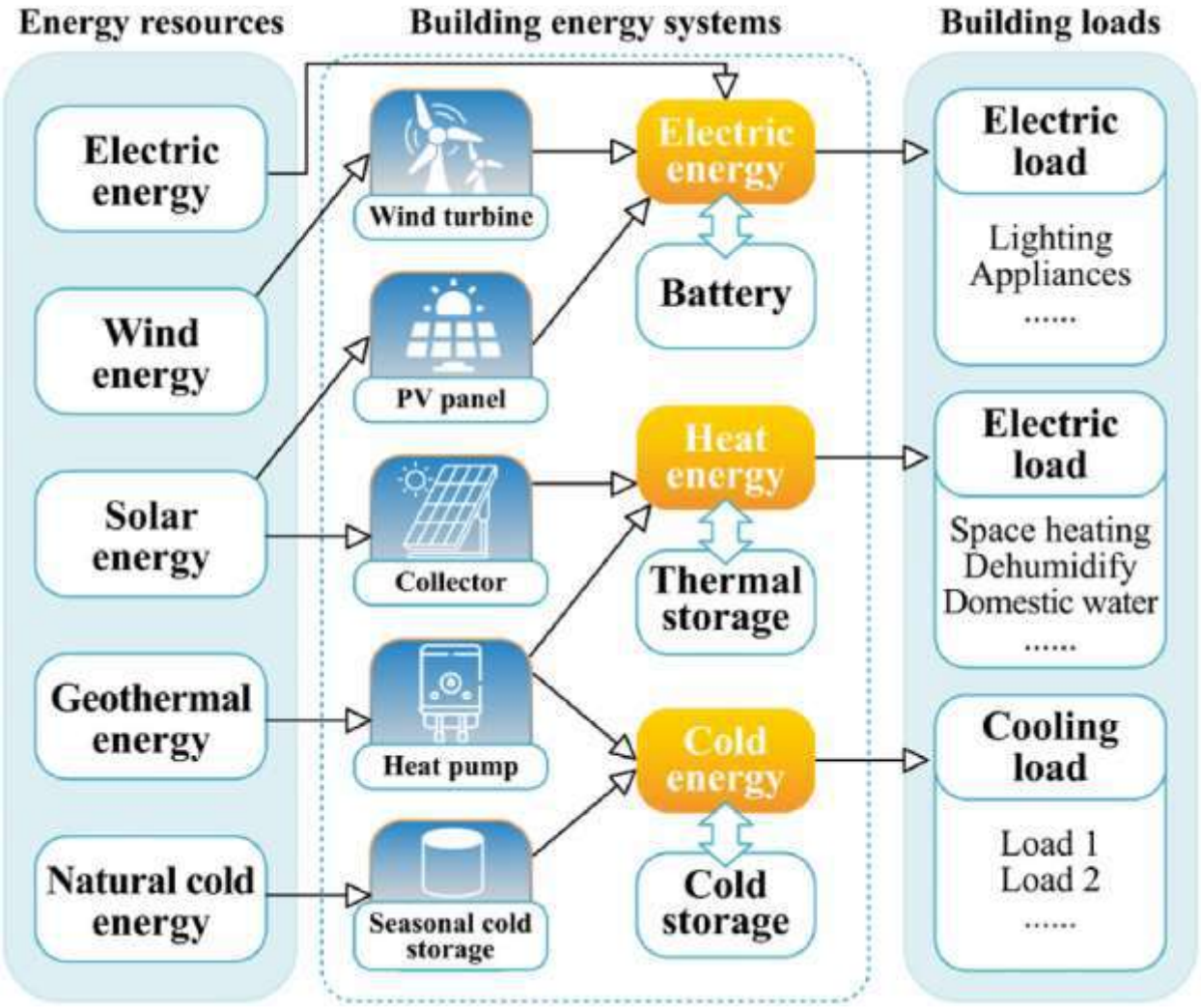
POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران



سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر مبتنی بر ذخیره‌سازی انرژی گرمایی برای گرمایش، سرمایش و تولید برق ساختمان‌ها

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

چکیده

این پژوهش به معرفی پیشرفت‌های اخیر در سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر مبتنی بر ذخیره‌سازی انرژی گرمایی برای مصارف گرمایش، سرمایش و تولید برق ساختمان می‌پردازد. با توجه به رویکرد ضرروی گذار به انرژی پاک[1] در بسیاری از کشورها و مناطق و دورنمای ایجاد ساختمان‌های با انرژی خالص صفر[2]، ارائه‌ی سیستم‌های گرمایشی/سرمایشی کارآمد مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر برای مصارف ساختمانی بسیار مهم خواهد بود. ساختمان‌ها با سهم حدود 40 درصدی از کل مصرف انرژی، پتانسیل قابل توجهی به عنوان اولین گزینه برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی دارند. در ادامه کاربرد سیستم‌های مختلف انرژی تجدیدپذیر شامل: ارائه‌ی سیستم‌های بر پایه‌ی انرژی تجدیدپذیر هیبریدی، روش‌شناسی طراحی این سیستم‌ها و رویکردهای مختلف موجود جهت بهینه‌سازی ساختمان‌ها مورد بحث قرار گرفته‌است. در حال حاضر، عمدتا سیستم‌های مبتنی بر پمپ‌های حرارتی و فوتوولتائیک در ساختمان‌ها به کار می‌روند. با این حال، منابع این سیستم‌های انرژی ناپایدار هستند و تحت‌تاثیر اقلیم آب و هوایی قرار دارند. همین امر ترکیب ذخیره‌ی انرژی حرارتی و الکتریکی برای رسیدن به بازده انرژی بالا را به امری اجتناب‌ناپذیر تبدیل می‌کند. سیستم‌های ذخیره‌ی انرژی که اخیرا در حال توسعه هستند، باتری‌ها و سیستم‌های ذخیره‌ی مبتنی بر هیدروژن هستند و لازم است تا در کوتاه‌ترین زمان ممکن بر مشکلات شایع این تکنولوژی‌ها که هزینه‌ی بالا، بازده نسبتا پایین و نیاز به محیط ذخیره‌سازی و ... است، غلبه شود. برای ذخیره‌سازی انرژی گرمایی، مواد تغییر فاز دهنده[3] (PCMها) از پتانسیل بالایی برخوردارند. با استفاده از این مواد می‌توان انرژی حرارتی را در زمانی که تقاضای انرژی پایین است و یا انرژی اضافی در دسترس قرار دارد، ذخیره

[1] Clean Energy Transition
[2] Net Zero Energy Building
[3] Phase change materials

نموده و در طول دوره‌ای که مصرف بالا است، بازیابی نمود. پژوهش حاضر، پیشرفت‌های اخیر در حوزه‌ی کاربردهای ساختمانی PCMها، چه برای گرمایش و چه برای سرمایش را مورد بررسی قرار داده و در نهایت، برخی مسائل چالش برانگیز مرتبط با منابع انرژی تجدیدپذیر را دسته‌بندی نموده و جهت‌گیری توسعه‌ی آتی را ترسیم می‌نماید.

نتیجه گیری

پژوهش حاضر، مروری بر کاربردهای ساختمانی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر انجام داده و کارکرد مواد تغییر فاز دهنده در گرمایش و سرمایش ساختمان را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

ساختمان‌های نزدیک به انرژی خالص صفر، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند و با توجه به نتایج، سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر هیبریدی مبتنی بر توربین‌های بادی و فتوولتائیک همراه با ذخیره‌ی انرژی حرارتی و الکتریکی بیشترین پتانسیل برای دستیابی به این هدف را خواهند داشت. در خارج از کشورهای گرمسیری، سیستم‌های انرژی خورشیدی، در دوره‌ی بهار و پاییز کارآمد هستند، از طرف دیگر، از آنجا که در زمستان، روزها کوتاه‌تر و خورشید نزدیک به افق است، عملکرد این سیستم‌ها در زمستان محدود خواهد بود. با این حال، در برخی از پژوهش‌ها اشاره شده است که کلکتورهای فتوولتائیک هوشمند که خورشید را دنبال می‌کنند، می‌توانند عملکرد سیستم‌های خورشیدی را بهبود بخشند. در هر صورت، به منظور تصمیم‌گیری دقیقتر، بایستی هزینه‌های بالای راه‌اندازی و استفاده از سیستم‌های خورشیدی در مقابل میزان انرژی دریافتی از آن‌ها در طول زمستان مورد ارزیابی قرار گیرد.

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

عملکرد سیستم‌های مبتنی بر توربین بادی به شدت به در دسترس بودن باد بستگی دارد. در پژوهش‌ها اشاره شده است که ضریب دسترسی عمدتا در محدوده‌ی 30٪ است. سیستم‌های هیبریدی انرژی تجدیدپذیر با ترکیب فتوولتائیک و توربین‌های بادی مجهز به سیستم ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی و حرارتی می‌توانند یک راه حل بالقوه برای گذار به سیستم انرژی پاک در ساختمان‌ها ارائه دهند. با این حال، مجدداً به یک تحلیل اقتصادی برای بررسی هزینه‌ی باتری و ردپای زیست محیطی[1] مورد اشاره در پژوهش‌ها مورد نیاز خواهد بود. انرژی الکتریکی را می‌توان با استفاده از سیستم‌های ذخیره‌ی انرژی باتری که اخیراً پیشرفت قابل توجهی داشته‌اند (قسمت 2.1 از متن مقاله اصلی) ذخیره نمود. امروزه ذخیره‌سازی شیمیایی و همچنین سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی هیدروژن هم از دیگر راهکارهای در حال توسعه هستند. با این حال، به دلیل هزینه‌ی سرمایه‌گذاری بالا و بازدهی نسبتا کم، اشغال فضای بسیار بزرگتر و در مورد H_2 نیاز به دماهای برودتی و فشار بالا که به معنای تلفات انرژی اضافی است، این تکنولوژی‌ها هنوز هم نیاز به بهبود دارند. گزینه‌ی دیگر، ذخیره انرژی الکتریکی در شبکه[2] است که باید توسط اپراتور شبکه پشتیبانی شود تا تلفات اضافی را به حداقل برساند (به قسمت 2.3 از متن مقاله اصلی رجوع شود).

راه‌حل‌های ذخیره‌سازی انرژی حرارتی بسیار ارزان‌تر از راهکارهای موجود برای ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی هستند. سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی زیرزمینی[3] یا ذخیره‌سازی انرژی گرمایی به وسیله‌ی مواد تغییر فاز دهنده، راهکارهایی برای ذخیره‌سازی انرژی در ساختمان‌های مسکونی هستند. این ذخیره‌سازها همراه با سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی[4]، منبع گرمایی با دمای بالا برای پمپ حرارتی زمین گرمایی فراهم می‌کنند و در نتیجه ضریب عملکرد پمپ حرارتی افزایش خواهد یافت. علاوه بر این، مواد تغییر فاز دهنده را می‌توان در سازه‌های

[1] Environmental footprint
[2] Grid
[3] Underground thermal energy storage
[4] Ground source heat pump system

سبک وزن، مانند چوب عایق‌بندی شده[1] و همچنین برای المان‌های معماری مختلف، مانند شیشه، دودکش‌های خورشیدی، سقف‌های خورشیدی یا دیوارهای ترومب[2] استفاده نمود. در حال حاضر توجه به ترکیب مواد تغییر فاز دهنده با سیستم کلکتور خورشیدی، سیستم‌های فتوولتائیک یا تاسیسات ترموالکتریک با رشد فزاینده‌ای روبرو است.

با توجه به بررسی منابع می‌توان نتیجه گرفت که هنوز پتانسیل قابل توجهی در گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر در کاربردهای ساختمانی وجود دارد. در استراتژی پیاده‌سازی سیستم‌های مبتنی بر انرژی تجدیدپذیر در ساختمان‌ها باید سه مرحله را در نظر گرفت:

1) کاهش مصرف انرژی حرارتی ساختمان با مقاوم‌سازی حرارتی (نصب عایق‌های حرارتی نسل جدید برای نمای ساختمان، پنجره‌های سه جداره، تهویه‌ی مکانیکی).
2) پس از انجام مقاوم‌سازی حرارتی، سیستم‌های مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر ترکیبی مانند: سیستم‌های پمپ حرارتی خورشیدی با ذخیره‌ی انرژی گرمایی زیرزمینی یا سیستم‌های توربین بادی فتوولتائیک ترکیبی همراه با پمپ حرارتی بایستی نصب شده و برای گرمایش ساختمان مورد استفاده قرار گیرند. این سیستم‌ها به طور قابل توجهی استفاده از انرژی اولیه را کاهش می‌دهند. هر دو پمپ حرارتی با منبع هوا و منبع زمینی باید در نظر گرفته شوند. پمپ‌های حرارتی با منبع هوا، جهت دستیابی به مقدار ضریب عملکرد[3] فصلی بالاتر از 3، باید در آب و هوای گرم که دمای هوا در زمستان کمتر از 5 درجه‌ی سانتی‌گراد نباشد، مورد استفاده قرار گیرد. پمپ‌های حرارتی منبع زمینی باید برای مناطق آب و هوایی سرد و معتدل که دمای هوا در زمستان به زیر صفر درجه سانتیگراد می‌رسد استفاده شود. در این حالت، استفاده از

[1] Insulated wood
[2] Trombe wall
[3] Coefficient of Performance (COP)

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

ذخیره‌سازی انرژی حرارتی زیرزمینی یا ذخیره‌سازی انرژی حرارتی در حفرات[1] امکان دستیابی به مقادیر بالای ضریب عملکرد پمپ حرارتی را فراهم می‌کند.

3) استفاده از گرمایش فضا (گرمایش از کف، گرمایش دیوار) نسبت به گرمایش تابشی برای دستیابی به راندمان انرژی بالا در سیستم‌های پمپ حرارتی ترجیح داده می‌شود.

اگرچه امروزه پیشرفت قابل توجهی در جهت توسعه‌ی پایدار با تکیه بر انرژی‌های تجدیدپذیر حاصل شده است، با این حال، هنوز مسائل چالش برانگیزی برای حل کردن باقی مانده‌اند:

(i) سرمایه‌گذاری و نرخ بازگشت سرمایه[2]ی قابل قبول، سیستم انرژی تجدیدپذیر را بدون یارانه یا با حداقل یارانه به یک گزینه‌ی قابل رقابت تبدیل می‌کند. این امر برای توسعه نفوذ اجتماعی این تکنولوژی‌ها ضروری است.

(ii) با توجه به دیدگاه سنتی[3]: سیستم ساده، زیبا و معمولاً کارآمد است.

(iii) ردپای گازهای گلخانه‌ای از ابتدا تا انتها، یا به عبارت دیگر تأثیر پس از عمر مفید این سیستم‌ها را باید به حداقل رساند. به حداقل رساندن انتشار تنها بر اساس نقطه عملیاتی می‌تواند تصویری تحریف شده ارائه دهد.

(iv) ادغام انواع منابع انرژی تجدیدپذیر (بادی، آبی، خورشیدی) با سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی گرما و برق، با شبکه و همچنین با منابع انرژی پشتیبان. روش‌شناسی ادغام حرارتی و به‌ویژه یکپارچه‌سازی حرارتی کل سایت که تا کنون عمدتاً به‌طور مفید در صنعت استفاده شده است، می‌تواند کارایی بیشتری را ارائه

[1] Borehole thermal energy storage
[2] ROI
[3] Traditional observation

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

دهد، که در شرایط سیاسی کنونی با برخی عدم قطعیت‌ها در تامین نشدن منابع انرژی تجدیدپذیر و افزایش قیمت، امری حیاتی خواهد بود.

(v) مدیریت هوشمند انرژی، بر اساس یکپارچه سازی کارآمد. الکتریسیته ترجیحاً با تولید و مصرف همگام شده و فقط مازاد انرژی الکتریکی تولید شده از سیستم انرژی تجدیدپذیر ذخیره می‌شود.

(vi) الکتریسیته‌ی تولیدی در طول روزها و فصول آب و هوایی مربوط به بخش‌های مختلف سال دارای محتوای آلاینده‌های بسیار متغیری است و مصرف برق کم‌هزینه و همچنین با انتشارکم CO_2 (و حتی بیشتر گازهای گلخانه‌ای) بسیار مطلوب خواهد بود.

(vii) طراحی مواد تغییر فاز دهنده‌ی جدید و ایمن برای محیط زیست مانند سیستم‌های دیوار کامپوزیتی که می‌توانند بهبودهایی را در آسایش حرارتی[1] ساختمان‌ها و حفظ انرژی ساختمان ارائه دهند.

(viii) ادغام کارآمد مواد تغییر فاز دهنده با یک سیستم کلکتور خورشیدی، سیستم‌های فتوولتائیک یا تاسیسات ترموالکتریک جهت ترکیب ذخیره‌سازی انرژی حرارتی و الکتریکی و اطمینان از مدیریت انرژی پایدار.

(ix) بهینه‌سازی ساختمان‌های دارای مواد تغییر فاز دهنده و کلکتورهای فتوولتائیک خورشیدی یکپارچه و همچنین تعیین عوامل حیاتی مؤثر بر عملکرد حرارتی ساختمان‌های بهبود یافته با مواد تغییر فاز دهنده با کلکتورهای پنل خورشیدی هیبریدی حرارتی فتوولتائیک.

(x) دنبال نمودن از نزدیک و در صورت امکان پیاده‌سازی بسیار سریع زمینه‌های نوآورانه و در حال توسعه.

کلید واژه ها:

[1] Thermal comfort

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

انرژی تجدیدپذیر، بهره‌وری انرژی، ذخیره‌ی انرژی، مواد تغییر فاز دهنده.

Ref: Zhang, S.; Ocon P.; Klemeš, J.; Michorczyk, P.; Pielichowska, K.; Pielichowski, K, Renewable energy systems for building heating, cooling and electricity production with thermal energy storage, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022, 165,112560.

DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112560