Archive of SID

مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی تهویه مطبوع و تاسیسات حرارتی و برودتی
۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران
HVACconf-IRSHRAE-1-072

مطالعه ای بر کاربرد مواد تغییرفاز دهنده در کاهش مصرف انرژی در ساختمان های با استفاده منقطع

مهسا سادات ترابی، دانشجوی کارشناسی ارشد انرژی معماری ، دانشگاه تهران؛ mst.torabi@ut.ac.ir
هاشم امینی طوسی ، دانشجوی کارشناسی ارشد انرژی معماری ، دانشگاه تهران ؛ hashemamini@live.com

چکیده

ساختمان های با استفاده منقطع نظیر ساختمان های اداری یا آموزشی، سهم قابل توجهی در مصرف انرژی از بخش خانگی، تجاری و عمومی را به خود اختصاص می دهند و بعلت وابستگی این ساختمان ها به بودجه های دولتی معمولا با عدم اقدام برای بهینه سازی در این ساختمان ها مواجه هستیم.

این ساختمان ها بعلت اینکه فقط در ساعات مشخصی از شبانه روز نیاز به تامین شرایط اسایش حرارتی ساکنین داخل خود دارند، در مقایسه با ساختمانهایی با استفاده دائم نظیر بیمارستان ها و منازل مسکونی امکانات متفاوتی به منظور کاربست روشهای مختلف کاهش مصرف انرژی در اختیار دارند، از این رو استفاده از روشها و یا مصالحی که قابلیت ذخیره انرژی، در طول شبانه روز را دارند، می تواند منجر به کاهش نیاز بار انرژی در این ساختمان ها شود.

در این مقاله با معرفی نحوه عملکرد و شرایط لازم برای عملکرد کامل مواد تغییر فاز دهنده و سیستم های مبتنی بر آن، کاربردها و روش های متفاوتی نظیر استفاده از پانل های سقفی تهویه شده برای کاهش بار سرمایش مورد نیاز ساختمان و استفاده از تخته های سقفی برای هر دو منظور کاهش بار سرمایشی و گرمایشی در ساختمان و همچنین استفاده از کاربرد مواد تغییرفازدهنده در کاهش بار گرمایش ساختمان ها، معرفی می شود.

کلمات کلیدی: کاربرد مواد تغییر فاز دهنده، کاهش بار سرمایش و گرمایش، ساختمان های با استفاده منقطع

مقدمه

ذخیره سازی انرژی حرارتی یا Thermal Energy Storage(TES) امکان ذخیره سازی گرما و سرما را برای استفاده آتی ممکن می سازد. این فرآیند به دو روش فیزیکی و شیمیایی انجام می پذیرد. نگه داشت انرژی به روش شیمیایی مقوله ای گسترده است که خود نیازمند مطالعه ویژه ایست و از تمرکز این نوشتار خارج است. روش فیزیکی خود شامل ذخیره سازی انرژی با استفاده از گرمای محسوس و گرمای نهان است. رایج ترین شیوه نگه داشت انرژی با استفاده از گرمای محسوس ماده است. در این روش انرژی حرارتی جذب ماده می شود و باعث بالا رفتن دمای محسوس ماده می شود که به همین دلیل ذخیره سازی با استفاده از دمای محسوس نامیده می شود.[۱] به بیان ساده تر ماده به مثابه یک باتری می باشد که انرژی را در خود نگه می دارد و به همین سبب دمای آن بالا می رود. جسم در صورت لزوم انرژی جذب شده را به محیط برمی گرداند و دمای آن به دمای اولیه باز می گردد.

حداکثر مقدار انرژی که می توان در یک جسم ذخیره کرد، به دما و ظرفیت حرارتی ویژه و مقدار ماده بستگی دارد. آب به دلیل فراوانی و ارزانی و همچنین ظرفیت حرارتی بالا از بهترین مواد برای ذخیره انرژی است. در دماهای بالاتر از ۱۰۰۰ درجه سلسیوس مواد با ظرفیت حرارتی بالاتر نظیر روغن و نمک های مذاب جایگزین آب می شوند.[۲]

استفاده از روش ذخیره سازی انرژی با استفاده از گرمای محسوس، در مقیاس کوچک و برای نگه داشت مقدار محدود انرژی مناسب است اما اگر به نگه داشت مقادیر بیشتر انرژی نیاز داشته باشیم باید مقدار بسیار زیادی از ماده فراهم شود. اگر به مثال باتری برگردیم در این صورت نیازمند تعداد بسیار زیاد باتری هستیم که این امر همواره مقدور نیست. راه حل بهتر استفاده از یک پیل بزرگتر است که به کمک آن بتوان مقدار زیاد انرژی مورد نیاز را در آن جای داد. این ایده در روش نگه داشت انرژی با استفاده از گرمای نهان محقق گردیده است.

مواد تغییرفازدهنده و شرایط لازم

مواد تغییرفاز دهنده باید دارای ویژگی هایی باشند تا بتوانند عملکرد مورد انتظار را تحقق بخشند. همان طور که اشاره شد، برای کاربردهای ساختمانی می بایست از موادی استفاده کرد که در حین تغییر فاز تغییر حجم پایینی داشته باشند، در غیر اینصورت عملکرد این مواد در کاربردهای ساختمانی و بخصوص برای استفاده به عنوان بخشی از یک جداره ساختمانی با اختلال و محدودیت مواجه می شود .

ویژگی دیگر این است که مواد تغییر فاز دهنده ضمن برخورداری از ظرفیت حرارتی بالا باید از ضریب انتقال حرارت قابل قبولی نیز برخوردار باشند تا انتقال حرارت ذخیره شده بدون اختلال و براحتی به فضاهای مورد نظر صورت پذیرد برای عملکرد کامل این مواد باید از PCM هایی استفاده شود که فرایند تغییر فاز در آنها از ثبات برخوردار باشد، و مشخصات فیزیکی این مواد در چرخه های طولانی دچار تغییر نشود. دیگر اینکه در انتخاب مواد تغییر فاز دهنده باید توجه ویژه ای به دمای ذوب این مواد داشت.

در مواد تغییر فاز دهنده بکار رفته در جداره ساختمان، اگر ماده انتخاب شده دمای ذوبی در محدوده دمای همان منطقه در حوالی ظهر داشته باشد، فرایند تغییر فاز در طول روز، در حوالی ظهر که دمای محیط به حداکثر خود میرسد اتفاق می افتد.

بنابراین پس از گرم شدن محیط و رسیدن آن به دمای حداکثر، ماده تغییر فازدهنده در جداره نیز گرم شده و به نقطه ذوب خود می رسد. از این زمان به بعد، ماده مذکور به جذب انرژی گرمایی محیط ادامه می دهد ولی در برابر افزایش دمای خود مقاومت نموده و دما را در همان نقطه ذوب حفظ می نماید. این روند تا زمانی ادامه می یابد که کل ماده تغییر فازدهنده از حالت جامد به مایع تبدیل شود که معمولا چند ساعت به طول خواهد

www.SID.ir

Archive of SID

انجامید که به دلیل گذشتن از ساعات اوج گرمای روز، محیط هم روند گرمایشی خود را متوقف می نماید. بنابراین تنها با استفاده هوشمندانه از این مواد می توانیم از بار گرمایی محیط در ساعات اوج گرمایی بکاهیم.

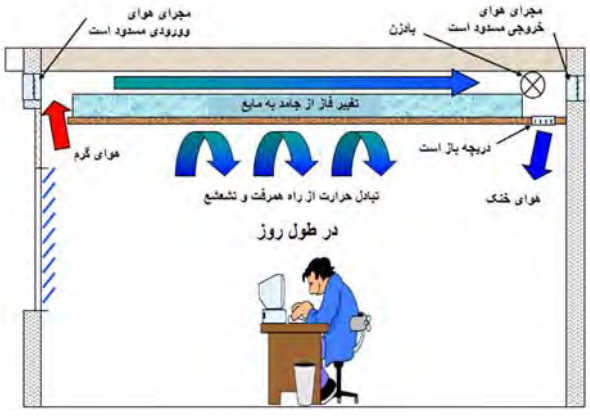
عکس این اتفاق طی فرآیند در تبدیل فاز مایع به جامد صورت می گیرد. بدین صورت که علیرغم سرد شدن هوا در طی شب، ماده تغییر فاز دهنده پس از رسیدن به نقطه انجماد خود به دلیل آزاد سازی گرمای نهان و تبدیل به حالت جامد از مایع در برابر کاهش دما مقاومت می نماید. این ماده از طریق آزادسازی گرمای جذب شده در طول روز، از کاهشی دمای خود و محیط از اطراف خود جلوگیری نموده و از این طریق باعث کاهش مصرف انرژی گرمایشی لازم در طول شب خواهد شد.

بنابر این تنها با انتخاب هوشمندانه ماده تغییر فاز دهنده از نظر دمای تغییر فاز و کاربرد آن در جداره ساختمان می توان براحتی و بدون استفاده از تجهیزات مکانیکی اضافه و تنها با استفاده از قابلیت طبیعی این مواد برای تغییر فاز، از مصرف انرژی سرمایش و گرمایش در ساعات اوج مصرف انرژی کاست که این امر از طریق کاهش نوسانات دمای ساختمان و تامین نمودن دمای هوای متعادلتری در ساعات اوج گرما یا اوج سرما میسر می شود. [3]

استفاده از مواد تغییرفاز دهنده برای سرمایش غیرفعال ساختمان های با استفاده منقطع

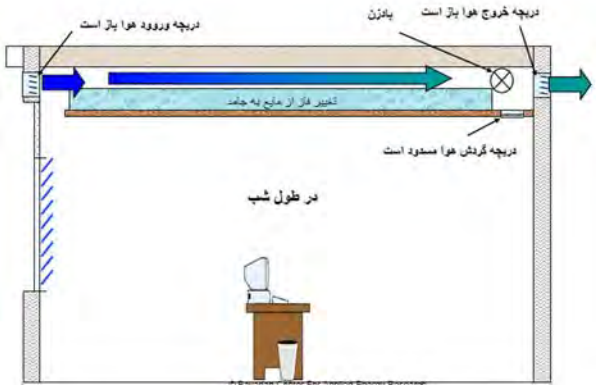
پانل های سقفی تهویه شده:

این روش ساده ترین مدل پیشنهادی برای به کار گیری مواد تغییر فاز دهنده است که برای اجرا به جز پاکت های حاوی PCM به سقف کاذب موازی سقف سازه ای، چند دریچه و یه فن نیاز دارد. در این روش فضای بالای سقف کاذب با پاکت های حاوی PCM پوشانده می شود. در طول روز دریچه های خارجی بسته می شود، و هوای گرم داخل با گردش اجباری از دریچه های روی سقف عبور کرده و گرمای خود را به مواد تغییر فازدهنده تعبیه شده روی سقف می دهد و به فضای داخل برمی گردد، با این روش، هوای گردش یافته خنک شده و به فضای داخلی باز می گردد. (شکل۱)



شکل ۱-خنک سازی فضای داخل در روز [4]

در طول شب دریچه های داخلی بسته شده و دریچه های خارجی باز می شود، بدین ترتیب هوای سرد با عبور از مجاورت مواد PCM باعث سرد شدن مواد تغییر فاز دهنده شده و امکان ادامه این چرخه برای روز بعد و بدون اختلال را فراهم می کند. (شکل۲)



شکل ۲- خنک سازیPCM در شب [4]

PCM استفاده شده برای این روش بهتر است از نوع هیدرات نمک با دمای ذوب در حدود C 24 و مقدار آنkg/m^2 ۷ باشد. سیال منتقل کننده حرارت در این روش هوا است. هوا به دلیل ضریب هدایت حرارت پایین، توان حرارتی W/m^2 ۵ الی W/m^2 ۱۰ داراست که این خود باعث کاهش ظرفیت خنک سازی سامانه می شود. به منظور رفع این نقیصه و بهبود تبادل حرارت بین مواد تغییر فاز دهنده و هوای اتاق بهتر است در ساخت سقف کاذب از مصالح با ضریب هدایت حرارتی بالا استفاده شود تا روند انتقال گرما از طریق تشعشع و همرفت به فضای داخل تسریع شود.

موسسه تحقیقاتی زای بایرن آلمان با ساخت

اتاقک نمونه پژوهشی عملی برای آزمایش کارکرد این روش انجام داده است. این اتاق که در کشور آلمان ساخته شده است و در ساخت آن از ماده تغییر فاز دهنده با ذمای ذوب C ۲۴ استفاده شده است. محققین موفق شدند با استفاده از تهویه شبانه برای خنک سازی مواد تغییر فاز دهنده به کار رفته در این اتاق در اقلیم کشور آلمان، توان سرمایشیW/m^2 30 و دمای داخلی C ۲۶ به ثبت برسانند.[4]

شکل ۳- نمونه اجرا شده سقف تهویه شده [4]

www.SID.ir

Archive of SID

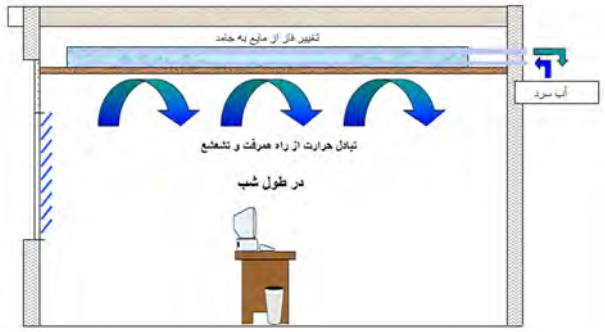
استفاده از مواد تغییرفاز دهنده برای سرمایش و گرمایش ساختمان های با استفاده منقطع

۱. تخته های سقفی:

در این روش نیز مشابه سقف تهویه شده ، در فضای بالای سقف کاذب پانل های PCM کار گذاشته می شود.در نوع ساده تر این روش، پاکت های PCMکه در بالاترین و در گرمترین قسمت فضا قرار دارند، گرما هوا را از طریق همرفت و تابش جذب می کنند و دمای آنرا پایین می آورند. هوایی که گرمای خود را به PCM داده و خنک شده است به سمت پایین و فضای زندگی بر می گردد. (شکل ۴)

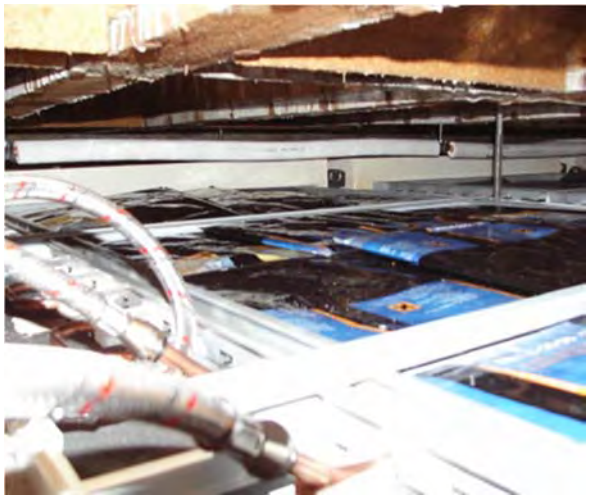
شکل ۴ –استفاده از سرمایش در روز[4]

در شب با عبور آب سرد که از میان پاکت های PCM ، ماده تغییر فاز دهنده خنک می شوند. تفاوت این روش با شیوه پیشین در استفاده از سیال آب به عنوان مبرد است. آب در مقایسه با هوا ضریب هدایت حرارت بالا تری دارد و می تواند پاکت های حاوی مواد تغییر فاز دنده را به شکل کارآمد تری در مقایسه با روش قبلی خنک کند تا این چرخه در روز بعد مجددا از سر گرفته شود.به این شیوه سرمایش فضا در ساعات خارج از اوج مصرف و با هزینه بسیار پایین (حدود ۱/۳ الی ۱/۵ هزینه در ساعات اوج مصرف) انجام می پذیرد و با استفاده از تاخیر زمانی که با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده به وجود می آید در ساعات مناسب استفاده می شود. (شکل ۵) [4]



شکل ۵ – سرد کردن پاکت های PCM در شب[4]

به منظور بازده بالاتر، بهتر است در این روش از PCM های خانواده هیدرات نمک استفاده شود. هیدرات نمک با دمای ذوب 21 C بهینه ترین عملکرد را داراست. فراوانی این مواد باید 10 kg/m^2 و در ٪۵۰ سطح باشد.در این روش نیز ضریب هدایت حرارتی بالاتر سقف کاذب، انتقال حرارت از هوا به مواد تغییر فاز دهنده را تسریع کرده و بازده سامانه را ارتقا می بخشد. در نمونه آزمایشی موسسه زای بایرن که به منظور سنجش این روش ساخته شده است، بازده حرارتی 30 W/m^2 در دمای ۳۰ C اتاق، به ثبت رسیده است.[4]



شکل ۶ – نمونه اجرا شده [4]

در این روش در طول ذخیره سازی حرارتی در طول شب، هوای سرد که با استفاده از برق ارزان قیمت در شب در واحد هواساز تولید شده است، در فضای بالای سقف کاذب جریان می یابد و تخته های سقفی حاوی PCM را خنک می کند، در نتیجه سرمایش با هزینه بسیار کمتر تولید شده و در PCMبرای استفاده در ساعات اوج مصرف برق ذخیره می شود در ساعات معمول مصرف در روز که نرخ انرژی الکتریکی چندان بالا نیست ، هوای خنک به صورت مستقیم از هواساز وارد فضا می شود و به مصرف می رسد . در ساعات اوج مصرف، هوای گرم فضا در برگشت به هواساز از فضای بالای سقف کاذب عبور می کند. در اثر تماس هوا و PCM هوای گرم ، پیش سرمایش می شود و پس از رسیدن به هواساز و سرمایش و ورود مجدد به فضا به مصرف می رسد . به این ترتیب می توان از بار حرارتی و ظرفیت سیستم سرمایش کاست. به طور معمول و همین طور در این مطالعه ساعات عادی مصرف از ۷ صبح تا ۱ بعد از ظهر ، ساعات اوج مصرف از ساعت ۱ بعد از ظهر تا پایان ساعت کاری است. از ساعت ۴ تا ۷ صبح نیزساعات خارج از اوج مصرف است و انرژی الکتریکی حداقل بها را داراست. [5]

این سیستم ذخیره سازی حرارتی در مقایسه با روش های معمول ذخیره سازی که در آن از بتن کف به عنوان خاذن استفاده می شود دارای مزایای زیر است:

1. ذخیره سازی حرارتی به صورت کارآمدتری انجام می شود
2. از تمامی صفحات PCM برای ذخیره سازی استفاده می شود زیرا هوای سرد بدون برخورد به تیرها جریان می یابد و تک تک آن صفحات را در بر میگیرد.
3. کیفیت حرارتی قضای داخل بهبود می یابد زیرا دمای هوا برای مدت به نسبت طولانی هم دما با سطح صفحات سقفی و در دمای ذوب PCMقرار دارد. [۴]

کیفیت حرارتی قضای داخل بهبود می یابد زیرا دمای هوا برای مدت به نسبت طولانی هم دما با سطح صفحات سقفی و در دمای ذوب PCM قرار دارد. [۴]

www.SID.ir

Archive of SID

۲. سیستم گرمایش کفی :

کف تابشی مزایای زیادی به سیستم گرمایش همرفتی با سیال هوا دارد من جمله اینکه فضایی اشغال نمی کند زیرا در کف ترکیب شده است. همچنین، از جرم حرارتی یکپارچه در یک سیستم گرمایش از کف می توان برای ذخیره سازی انرژی حرارتی و انتقال آن به محیط در ساعات خارج از اوج مصرف استفاده کرد. بنابراین، حداکثر میزان مصرف ساختمان کاهش می یابد و مصرف انرژی به شب منتقل می شود یعنی زمانی که هم هزینه مصرف برق پایین تر است و شبکه برق سراسری در فشار نیست. از نقطه نظر کاربرد، مواد متراکم مانند بتن ممکن است نوسانات بزرگتری در درجه حرارت داخل ساختمان ایجاد کنند، در حالی که با استفاده از PCMs می توان ذخیره سازی مقادیر بالای انرژی با گرمای نهان را انجام داد و به طور معمول با نوسان درجه حرارت در داخل را کنترل کرد ، به این ترتیب PCMها می توانند سطح آسایش حرارتی را بهبود بخشد. [6]

سیستم های گرمایش کفی ظرفیت مناسبی برای ذخیره سازی در ساعات خارج از اوج مصرف دارند. فرید و چن با افزودن لایه 30 mm پارافین با دمای ذوب ۴۰ C بین لایه ی گرمایشی و کفپوش به مدل جدیدی دست یافتند. مدل سازی های رایانه ای بهبود قابل توجه بازده حرارتی این سیستم را به اثبات رسانیده اند. بازده W/m^2 ۷۵ این سامانه در مقایسه با سیستم های فاقد PCM با خروجی معمول W/m^2 ۳۰ نشانگر قابلیت کاهش بار مصرف و انتقال آن به شب و استفاده از انرژی ارزان قیمت است.[7]

سیستم گرمایش الکتریکی از کف از عایق پلی استایرن، گرمکن برقی، PCM، لایه هوا و کف چوبی تشکیل شده است. گرمکن برقی لایه PCM را با استفاده از برق شبانه ارزان ذوب می کند و سامانه، حرارت را در خود نگه می دارد. در طول روز با خاموش کردن گرمکن برقی ، لایه PCM به فاز جامد تبدیل می شود و حرارت ذخیره شده را تخلیه می کند. در بسیاری از کشور ها تعرفه برق در شب ۰,۳۳ الی ۰,۵ برابر تعرفه در طول روز است. بنابراین، تغییر مصرف برق از دوره اوج به دوره های خارج از اوج مصرف سود اقتصادی قابل توجهی فراهم می کند. علاوه بر این، تشویق سازندگان به استفاده از این سامانه و رواج آن به کاهش تولید نیروگاه کمک می کند.[۶]

نتیجه‌گیری و دست آورد علمی صنعتی

ساختمان های با استفاده منقطع نظیر ساختمان های اداری یا آموزشی در سهم قابل توجهی در مصرف انرژی از بخش خانگی، تجاری و عمومی را به خود اختصاص می دهند و بعلت وابستگی این ساختمان های به بودجه های دولتی معمولا با عدم اقدام برای بهینه سازی در این ساختمان ها مواجه هستیم.

این ساختمان ها بعلت اینکه فقط در ساعات مشخصی از شبانه روز نیاز به تامین شرایط اسایش حرارتی ساکنین داخل خود دارند، در مقایسه با ساختمانهایی با استفاده دائم نظیر بیمارستان ها و منازل مسکونی امکانات متفاوتی در اختیار دارند، از این رو استفاده از روشها و یا مصالحی که قابلیت ذخیره انرژی، در طول شبانه روز را دارند، می تواند منجر به کاهش نیاز بار انرژی در این ساختمان ها شود

در این مقاله با معرفی نحوه عملکرد و شرایط لازم برای عملکرد کامل مواد تغییر فاز دهنده و سیستم های مبتنی بر آن، کاربردها و روش های متفاوتی نظیر استفاده از پانل های سقفی تهویه شده برای کاهش بار سرمایش مورد نیاز ساختمان و استفاده از تخته های سقفی برای هر دو منظور کاهش بار سرمایشی و گرمایشی در ساختمان و همچنین استفاده از کاربرد مواد تغییرفازدهنده در کاهش بار گرمایش ساختمان ها معرفی شد.

مراجع

۱. Muruganantham , Karthik , "application of phase change material in buildings: field data vs. energy plus simulation" master thesis , Arizona State university, 2010.

۲.حق شناس کاشانی ، آزاده، "کاهش مصرف انرژی در ساختمان با ذخیره سازی انرژی در مواد تغییر فاز دهنده" ، کنفرانس بین المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع ، تهران ،۱۳۸۸

۳.آرامی، حمیدرضا . مختاری یزدی ، مطهره . "ذخیره سازی انرژی در ساختمان با استفاده از مواد تغییر فاز دهنده" ، نشریه انرژی ایران ، ۱۶:۱ ، ۱۳۹۲

۴. H.ebert , H.mehling , H.Weinlader , W.korner , "Advanced PCM Applications for Energy Efficient Buildings"

۵. Kodo T, Ibamoto T. Research on using the PCM for ceiling board, IEA ECESIA, Annex 17, 3rd workshop, Tokyo, Japan. October 1–2, 2002

۶. A.sharma , V.tyagi , C.R.Chen , D.buddhi , "Review on thermal energy storage with phase change materials and applications" , Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.13, 318–345 , 2009

۷. Athienities A, Chen Y. The effect of solar radiation on dynamic thermal performance of floor heating systems. Solar Energy 2000;69(3):229–37.

www.SID.ir