

کاربرد دسیکنت در سیستم‌های سرمایش و تهویه مطبوع

حسن پهلوانزاده^۱ - محسن علی‌مندگاری^۲

دانشگاه تربیت مدرس - دانشکده فنی مهندسی - بخش مهندسی شیمی

آدرس پستی: تهران - خیابان ولیعصر - بعداز میدان ولیعصر - پلاک ۶۱۶ - واحد ۱۱۸، کدپستی ۴۵۶۳۳-۱۴۱۵۸

Mondegari@Modares.Ac.Ir

چکیده: در روشهای متعارف سرمایش، بار محسوس (کاهش دما) و بار نهان (کاهش رطوبت) هر دو به وسیله سیستم سرمایش انجام می‌گیرد، اما با استفاده از دسیکنت، انجام دو فرآیند سرمایش و رطوبت‌زدایی به طور مجزا امکان پذیر است. در این حالت ابتدا رطوبت هوا توسط دسیکنت گرفته می‌شود و سپس از واحد سرمایش برای تامین بار محسوس استفاده می‌گردد. در این مقاله ابتدا اجزای اصلی سیستم سرمایش جذبی بیان شده و نمونه‌هایی از ترکیب^۳ روش اصلی سردسازی (کولر تبخیری، تراکم بخار و کویل خنک‌کننده) با دسیکنت، ذکر گردیده است. تعدادی از کارهای تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته، بیان شده و مقدار کاهش مصرف انرژی حاصل از ترکیب دسیکنت با سیستم‌های سرمایش که توسط محققان مختلف گزارش شده، نیز آورده شده است.

لغات کلیدی: دسیکنت، سیستم سرمایش، سرمایش جذبی، صرفه جویی انرژی

۱. مقدمه

کشور ایران دارای آب و هوایی گرم و خشک می‌باشد و در بخش وسیعی از آن در اکثر ماههای سال از سیستم‌های سرمایش استفاده می‌شود. مشخص است که در ضد بالایی از انرژی تولیدی، در این زمینه مصرف می‌گردد. در چنین شرایطی استفاده از روشهای جدید تولید سرمایش که با راندمان بالا نیز توأم می‌باشند می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی داشته باشد. یکی از این روشهای جدید سرمایش جذبی می‌باشد که مورد توجه محققان قرار گرفته است و تا حدودی نیز زمینه جهت استفاده صنعتی از آن نیز آماده گردیده است.

سیستم‌های سرمایش جذبی، چه نوع جامد و چه مایع، موجب صرفه جویی مصرف انرژی می‌گردند این مطلب توسط محققان مختلف اثبات شده است. میزان صرفه جویی انرژی بستگی به پارامترهای مختلفی دارد. مهمترین آنها عبارتند از

۱. دکترای مهندسی شیمی - دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - دانشگاه تربیت مدرس

نوع دسیکنت (جامد، مایع) نوع عملکرد سیستم (تهویه، جریان چرخشی)، دما و رطوبت شرایط محیطی، نوع سیکل به کار رفته جهت سرمایش، دما و رطوبت مورد نظر اتاق، دمای احیاء دسیکنت، نسبت هوای فرایند به هوای احیاء، نسبت هوای عبوری از دسیکنت به هوای فرآیند.

مدلسازی این نوع سیستم‌ها در شرایط مختلف مورد مطالعه قرار گرفته و بدست آوردن شرایط بهینه برای مصرف انرژی کمتر، موضوع کارهای تحقیقاتی مراکز پژوهشی و دانشگاهی می باشد. مظفری [۱] در سال ۱۳۷۹ نشان داده است که یک دور بهینه برای چرخ دسیکنت وجود دارد که در آن حالت کمترین انرژی مصرفی را دارا خواهد بود. مدلسازی چرخ دسیکنت با در نظر گرفتن ضریب آکرمین در انتقال جرم و حرارت توام با هم توسط پهلوانزاده-زمزمیان [1] ارایه گردیده است.

۲. اصول سرمایش جذبی

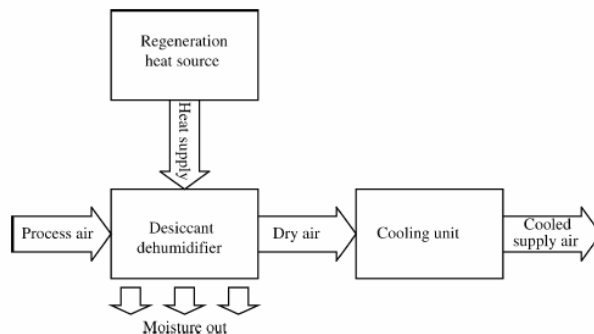
اساس سیستم سرمایش جذبی بر پایه جذب رطوبت هوای ورودی بوسیله جریان اجباری هوا از روی دسیکنت و سرد ساختن هوا تا دمای مورد نیاز، استوار می باشد. برای اینکه سیستم به صورت پیوسته عمل کند، باید آب جذب شده از دسیکنت خارج شود و دسیکنت به اندازه کافی خشک شود تا بتواند مجدداً رطوبت را جذب کند. به طور کلی سرمایش جذبی شامل سه مرحله اساسی می باشد. این مراحل در شکل (۱) نشان داده شده است.

۱- ماده جاذب رطوبت (دسیکنت) جهت گرفتن رطوبت هوا

۲- واحد سرمایش جهت رساندن دمای هوا به دمای مورد نیاز

۳- منبع حرارتی برای احیاء دسیکنت

راندمان سرمایش جذبی بستگی زیادی به نسبت بار محسوس به بار نهان دارد. مقدار کم این پارامتر نشان دهنده آن است که بار غالب سیستم، گرمای نهان می باشد در این حالت معمولاً استفاده از سرمایش جذبی موثر و اقتصادی است [5]. گونه های مختلفی از این سه قسمت سرمایش جذبی وجود دارند که بنا به شرایط مختلف می توانند مورد استفاده قرار گیرند. در دنباله، توضیحات بیشتری در مورد این سه قسمت ارائه می شود.



تصویر ۱: نمایی از سه مرحله سرمایش جذبی

۲-۱. مواد جاذب (دسیکنت)

دسیکنت‌ها اجسامی فیزیکی یا شیمیایی هستند که قابلیت جذب و دفع بخار آب را دارا می‌باشند. جذب و دفع بخار آب بر اساس تفاوت فشار بخار آب در هوا و در سطح دسیکنت صورت می‌گیرد. تقریباً تمام مواد توانایی جذب و نگاه داشتن بخار آب را دارا می‌باشند اما دسیکنت‌های تجاری می‌توانند ظرفیت مشخصی از آب را در خود نگه دارند. یک دسیکنت

تجاری می تواند بین ۱۱۰٪-۱۰٪ از وزن خشک خود بخار آب جذب کند، که این امر بستگی به نوع دسیکنت و رطوبت موجود در محیط دارد [2]، [1].

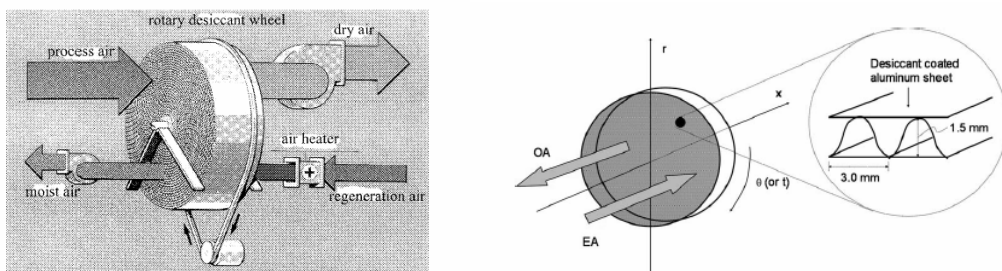
دسیکنت رطوبت را از محیط جذب می کند و تا رسیدن به حالت تعادل با محیط این امر ادامه می یابد. رطوبت جذب شده باید از دسیکنت خارج شود تا دسیکنت مجدداً برای جذب رطوبت آماده گردد. برای خارج کردن رطوبت، دسیکنت را در معرض هوایی داغ با دمایی بین ۲۶۰-۵۰ °C قرار می دهند [1]. با توجه به نوع دسیکنت و میزان رطوبت جذب شده، این دما متفاوت می باشد. بعد از احیاء، دسیکنت سرد می شود به طوری که بتواند مجدداً رطوبت را جذب نماید. دسیکنت ها به هر دو صورت جامد و مایع وجود دارند که هر کدام دارای ویژگی های خاص خود می باشند. جاذب های مایع، دمای کمتری برای احیاء نسبت به جاذب های جامد نیاز دارند و در طراحی نیز، از قابلیت انعطاف بیشتری برخوردار می باشند، همچنین موجب افت فشار کمتری در هوا می شوند. جاذب های جامد فشرده هستند و کمتر موجب خوردگی می شوند [1]، [5].

دسیکنت های متداول عبارتند از:

جامد: سیلیکاژل، سیلیکات آلومینیوم، زئولایت، غربال مولکولی، اکسید آلومینیوم

مایع: محلول کلرید لیتیم، محلول برمید سدیم، اتیلن گلاکول، محلول برمید لیتیم

دسیکنت جامد در سیستم های سرمایش، معمولاً به شکل یک چرخ دوار که به آهستگی می چرخد، مورد استفاده قرار می گیرد. چرخ دسیکنت در حقیقت یک چرخ دوار فلزی است که روی آن با دسیکنت جامد پوشانده شده است. در تصویر (۲) یک نمونه چرخ دسیکنت نشان داده شده است. برای انجام یک عملیات پیوسته، باید جذب و احیاء به صورت دوره ای صورت گیرد. بدین صورت که قسمتی از چرخ در مسیر هوای ورودی قرار دارد و رطوبت هوای ورودی را جذب می کند در حالی که قسمت دیگر توسط یک هوای گرم در حال احیاء می باشد و با چرخش چرخ جای این دو قسمت با یکدیگر عوض می شود. از دسیکنت جامد به صورت بستر نیز می توان استفاده نمود به طوری که به صورت دوره ای احیاء شود. هنگامی که جاذب به صورت مایع باشد رطوبت زدا به صورت وسیله ای است که در داخل آن دسیکنت مایع در تماس با جریان هوا قرار می گیرد. این حالت به شکلهای *Coil-Type Absorber*، *Finned Tube Surface*، برج پاششی و برج پرشده می باشد. برج های پرشده را نیز می توان به هر دو صورت منظم و غیرمنظم استفاده نمود [5].



تصویر ۲: نمایی از یک چرخ دسیکنت و نحوه جریان هوا در آن

از تحقیقات انجام شده در خصوص در دسیکنت می توان به موارد زیر اشاره نمود.

Aristor در تولید دسیکنت مختلط پیشگام بوده است. این عمل به وسیله آغشتن حفرهای یک ماده میزبان همچون سیلیکاژل یا *Vermiculite* با نمکهای نم گیر همچون کلرید سدیم و کلرید لیتیم صورت داده است، محصول حاصل ۳

برابر بیشتر از ماده میزبان خالص قدرت جذب دارد[5]. William تحقیقات خود را بر روی عمر فرآیندی دسیکنت‌ها معطوف کرده است. وی دسیکنت‌های مختلف را از نظر تغییر خاصیت جذب نسبت به زمان مورد بررسی قرار داده است. او در تحقیقات خود دریافت غربال مولکولی و سیلیکاژل هنگامی که از دمای پایین‌تر از ۲۰۰ درجه سانتیگراد برای احیا آنها استفاده شود، عمر طولانی‌تر نسبت به دیگر انواع دسیکنت‌ها دارا می‌باشند. همچنین کاهش ظرفیت جذب رطوبت آنها با گذشت زمان کمتر می‌باشد[5].

۲-۲. قسمت سرد کننده

قسمت سرد کننده می‌تواند تبخیر کننده یک سیستم تراکم بخار سنتی، یک کولر تبخیری و یا حتی یک کویل سردکننده باشد. وظیفه قسمت سرد کننده تامین حرارت محسوس است در حالیکه دسیکنت بازنهان را از سیستم حذف می‌کند. هنگامی که از چرخ دسیکنت استفاده می‌شود، استفاده از مبدل‌های حرارتی بصورت پشت سرهم مرسوم است، که موجب تبادل حرارت بین هوای خروجی از ساختمان و هوای ورودی به ساختمان می‌شود. این امر باعث پیش‌سرمایش هوای ورودی و کاهش بار سیستم سرمایش می‌گردد. در این موارد مبدل حرارتی و سرد کننده نهایی به عنوان واحد سرد کننده شناخته می‌شوند[5].

۲-۳. منبع حرارتی احیاء کننده

منبع حرارتی برای بیرون راندن رطوبت جذب شده ضروری می‌باشد. به علت نیاز به منبع حرارتی جهت احیاء، از انرژی‌های گرمایی مختلف می‌توان استفاده کرد. انرژی‌هایی همچون انرژی خورشیدی، گرمای تلف شده، گرمای حاصل از احتراق گاز طبیعی، انرژی زمین گرمایی و دیگر انرژی‌های گرمایی در دسترس را می‌توان مورد استفاده قرار داد و بدین صورت امکان بازیافت انرژی نیز، فراهم می‌گردد[2].

در مواردی که از جاذب مایع استفاده می‌شود، جهت احیاء محلول دسیکنت، در احیاء کننده از یک جریان گاز به صورت همسو و یا ناهمسو استفاده می‌شود تا رطوبت آزاد شده را با خود حمل و خارج کند. هوای مورد استفاده جهت احیاء می‌تواند هوای گرم رطوبت زدایی شده باشد که در تماس با جاذب رقیق قرار گرفته است، زیرا گرفته شدن رطوبت موجب گرم شدن هوا می‌گردد[8], [5].

۳. استفاده از دسیکنت در سیستم‌های سرمایش مختلف

به طور کلی برای ایجاد سرمایش سه روش اصلی وجود دارد. این روشها عبارتند از: کولر تبخیری، سیکل تراکم بخار مبرد و کویل آب خنک کننده (چیلرهای جذبی). امکان به کار گیری دسیکنت مایع و جامد با هریک از سیستم‌های فوق وجود دارد و آزمایشهایی در این خصوص توسط محققان مختلف صورت گرفته است. در ادامه عملکرد هریک سیستم‌های فوق مورد بررسی واقع می‌گردد.

۳-۱. کولر تبخیری در ترکیب با دسیکنت

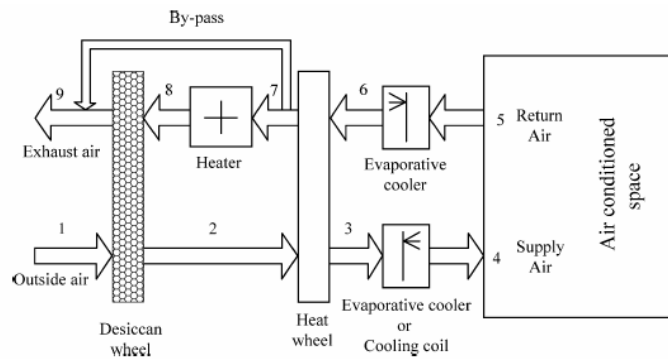
کولر تبخیری می‌تواند به دو شکل مستقیم و غیر مستقیم به کار گرفته شود[11]. در نوع مستقیم آب در داخل جریان هوا اسپری می‌شود. آب گرمای نهان تبخیر را از جریان هوا جذب می‌کند، رطوبت هوا افزایش یافته و دمای آن کاهش می‌یابد. اما در سیستم‌های غیر مستقیم این گونه نیست، و از یک جریان هوای دیگر که هوای ثانویه نامیده می‌شود استفاده می‌گردد. در این روش آب در داخل هوای ثانویه اسپری می‌شود و دمای هوا پایین می‌آید، از این هوا جهت سرد

کردن هوای فرآیند (هوای مورد نیاز برای ساختمان) استفاده می‌گردد [5].

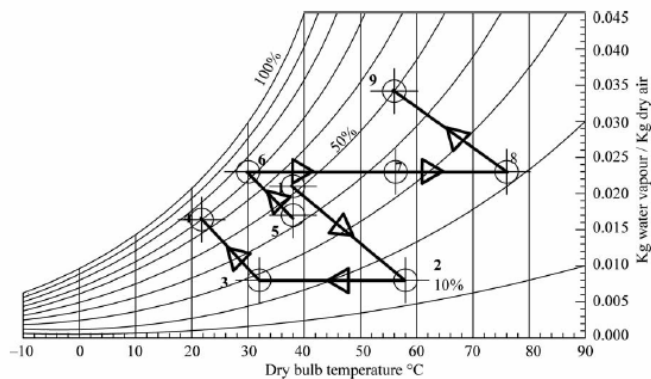
سیستمی که در تصویر (۳) نشان داده شده نوع تغییر یافته‌ای از سیکل تهویه است که برای احیاء، از هوای برگشتی از ساختمان استفاده می‌کند (سیکل Penington). مسیر حرکت جریان هوا در تصویر (۳) نشان داده شده است. همچنین مسیر حرکت جریان هوا بر روی منحنی رطوبت سنجی در تصویر (۴) مشخص گردیده است. در زیر چند نمونه از مطالعات انجام شده در این زمینه آورده شده است [5].

بر اساس تحقیقات Munters، راندمان ۹۰٪ برای سیستم‌های مستقیم و راندمان ۸۰٪ - ۷۰٪ برای سیستم‌های غیر مستقیم بدست آمده است. وی همچنین اثبات کرد که این روش موثر جهت سردسازی می‌باشد و در هوای خشک می‌توان تا ضریب عملکرد ۵ نیز دست یافت. هر چند در هوای مرطوب به خاطر نزدیک بودن دمای هوا به دمای اشباع، راندمان کاهش می‌یابد [5].

Mavrodaki et al.، Halliday et al. به طور مستقل امکان استفاده از انرژی خورشیدی را بر روی سیستم سرمایش جذبی در شهرهای مختلف اروپا و مناطقی با آب و هوای مختلف بررسی نمودند. نتیجه تحقیقات نشان داد که صرفه جویی انرژی در تمام شرایط آب و هوای حاصل می‌شود. در شرایط آب و هوایی خیلی مرطوب میزان کاهش مصرف انرژی در مقایسه با آب و هوایی با مرطوبیت پایین، کمتر بود و این امر به دلیل دمای بالای مورد نیاز برای احیاء مجدد جاذب در شرایطی با رطوبت بالا می‌باشد [6]، [7].



تصویر ۳: نمایی از سیکل Penington



تصویر ۴: سیکل Penington بر روی منحنی رطوبت سنجی

۲-۲. سیستم سرمایش سقفی در ترکیب با دسیکنت

سیستم‌های سرمایش سقفی اولین بار در آزمایشگاه‌های اروپا در حدود سال ۱۹۹۰ مورد بررسی قرار گرفتند. سیستم‌های سرمایش سقفی انواع گوناگونی دارند که شامل پانل‌های سقفی، و لوله‌های کار گذاشته در دیوارها و سقف می‌باشد.

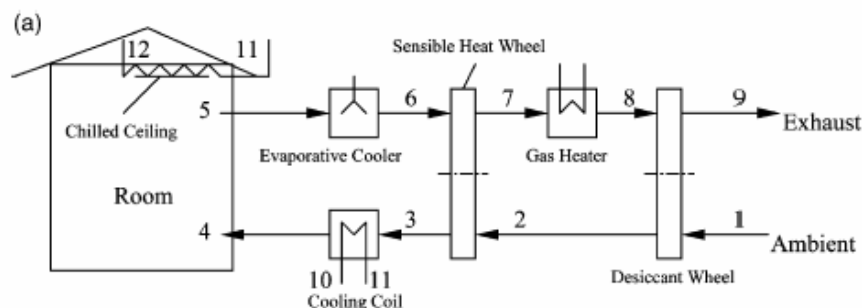
به عنوان یک توضیح مختصر در مورد عملکرد سیستم سرمایش سقفی می‌توان گفت در این روش سرمایش، در دیوارها و خصوصا سقف فضای مورد نظر پانلها یا لوله‌های کار گذاشته شده و آب سرد درون این لوله‌ها جریان پیدا می‌کند و با جذب گرمای فضای مورد نظر، دمای آب مقداری بالا می‌رود. آب در یک کویل سرد کننده که معمولاً چیلر می‌باشد، گرمای جذب شده را از دست می‌دهد و دوباره جهت سرد کردن فضا استفاده می‌شود و درون لوله‌ها جریان می‌یابد. در تصویر (۵) یک چرخ دسیکنت همراه با سیستم سرمایش سقفی نشان داده شده است. این سیستم متشکل از یک چرخ دسیکنت و یک مبدل دوار (همانگونه که در قسمت کولر تبخیری ذکر شد) می‌باشد.

در این سیستم نیز مانند دیگر سیستم‌ها با دو بار محسوس و نهان سرو کار داریم. در شرایط معمول هر دو بار توسط جریان آب حاصل می‌شود، که بار نهان به صورت میعان رطوبت موجود در هوا، در دیواره‌های خارجی لوله‌ها نمود پیدا می‌کند و بار محسوس نیز همان تغییر دمای فضای اتاق می‌باشد. بسیاری از ایده‌ها سیستم سرمایش سقفی بر جدا کردن مکانیسم‌های انتقال انرژی از تابعیت شرایط تهویه استوار است، به این صورت که بار نهان و بار محسوس به صورت جداگانه تامین شود که این امر موجب کاهش حجم هوای تهویه می‌شود [10], [11].

از مطالعات انجام شده در این خصوص می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

Hening et al. یک مطالعه پارامتری بر روی ترکیب دسیکنت چیلر، به همراه انرژی خورشیدی صورت دادند. نتیجه این تحقیقات صرفه جویی انرژی اولیه ای حدود ۵۰٪ با مقدار کمی افزایش هزینه کلی نشان می‌دهد [5].

Fathala et al. بر روی سیستم‌های بازیافت حرارت مطالعه کردند. مورد مطالعه یک سیستم انرژی خورشیدی بود که به وسیله محلول برمید لیتیم سرما ایجاد می‌کرد، گرمای بازیافت شده از کنداستور چیلر برای کمک به انرژی خورشیدی استفاده می‌شد. ضریب عملکرد سیستم ۱/۲ بار بیش از حالت معمول بدست آمد و ۵۸٪ بالاتر از استفاده از چیلر جذبی به تنهایی می‌باشد. دمای تبخیر کننده نیز از ۱۱/۵ به ۱۹/۳ افزایش یافت [5].

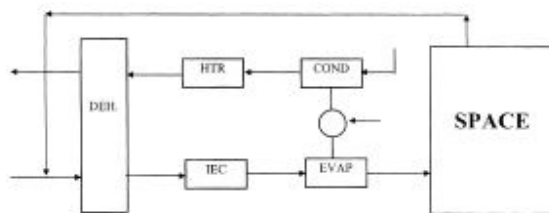


تصویر ۵: سیستم سرمایش سقفی همراه با دسیکنت

۳-۳. سیستم تراکم بخار در ترکیب دسیکنت

در سیستم‌های معمول تراکم بخار مبرد برای استحصال بار نهان و رطوبت‌زدایی، باید هوا تا زیر نقطه شبنم سرد شود. بار نهان بالاتر، نیازمند دمایی پایین تر برای تبخیر کننده سیکل سرمایش می‌باشد. اما برای دمایی پایین تبخیر کننده نیز

محدودیت وجود دارد و نمی توان دمایی پایین تر از 0°C قرار داد زیرا اولاً "موجب یخ زدگی می گردد و ثانياً جریان هوا بسیار سرد می شود و مشکلاتی را برای فضا ایجاد می کند. بنابراین در سیستم های معمول وقتی که بار نهان بالا باشد از دوباره گرمایش استفاده می گردد. مشخص است که در چنین سیستم هایی، راندمان انرژی بسیار پایین است به علاوه ، دبی جرمی زیادی نمی تواند از سیستم عبور کند زیرا حذف رطوبت هوا محدود می باشد. مشخص است که چنانچه سیستم سرمایش تراکم بخار و سیستم دسیکنتی با یکدیگر ترکیب شوند، فرآیند با راندمان بالاتری عمل می کند [4]. این سیستم ها به نام سیستم های تهویه مطبوع هیبرید بر پایه دسیکنت شناخته شده می باشند که در تصویر (۶) نشان داده شده است.



تصویر ۶: نمایی از یک سیستم تهویه مطبوع هیبرید بر پایه دسیکنت

در این حالت رطوبت هوای ورودی توسط دسیکنت حذف می شود و مبدل و کولر تبخیری و سیکل تراکم بخار در بار محسوس سیستم سهیم می باشند [4], [3].

با توجه به تحقیقات صورت گرفته کاهش مصرف انرژی به وسیله استفاده از سیستم های تهویه مطبوع و هیبرید پایه دسیکنت به جای سیستم های تهویه مطبوع معمول که از کویل خنک کننده مبرد، قابل استحصال است . کاهش مصرف انرژی، در شرایط آب و هوایی خشک مشخص تر است. در آب و هوای گرم و مرطوب، با توجه به نیاز به حرارت بالا برای احیا دسیکنت صرفه جویی انرژی، تنها در شرایطی خاص امکان پذیر است. هر چند برای رسیدن به بهترین عملکرد چرخ دسیکنت، انجام محاسبات برای بهینه کردن پارامترهای عملکرد ضروری می باشد [4].

Mazzei et al. مقایسه ای بین هزینه عملکرد سرمایش جذبی و سیستم های سنتی سردسازی با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری صورت داده اند که پیش بینی می کند هزینه عملیاتی حدود ۳۵٪ کاهش می یابد و همچنین انرژی حرارتی نیز تا ۵۲٪ کمتر می شود و هنگامی که از گرمای هرز برای احیاء جاذب استفاده گردد، هزینه عملیاتی تا ۸۷٪ کاهش می یابد. آنها همچنین دریافته اند، هنگامی که یک سیستم سردکننده تبخیری غیر مستقیم در ترکیب با دسیکنت مورد استفاده قرار گیرد، صرف جویی هزینه و کاهش مصرف انرژی برای سرد کردن افزایش می یابد [9].

Dai et al. مقایسه ای بین سیستم های سردسازی تراکم بخار، تراکم بخار مکمل با دسیکنت، تراکم بخار مکمل با دسیکنت و کولر تبخیری صورت داده اند. مولف در نتیجه این تحقیقات افزایش تبرید تولیدی بین ۷۶٪ - ۳۸/۸٪ و افزایش ضریب عملکرد ۳۰٪ - ۲۰٪ را بدست آورد [8].

Yadav یک سیستم سرمایش جذبی هیبرید شامل سیستم سرمایش تراکم بخار ترکیب شده با دسیکنت مایع را مورد بررسی قرار داد. در این سیستم از انرژی خورشیدی جهت احیاء استفاده شد. وی با استفاده از نتایج شبیه سازی دریافت وقتی که بار نهان ۹۰٪ از کل بار تبرید باشد، این سیستم می تواند تا ۸۰٪ صرفه جویی انرژی داشته باشد [5].

۴. جمع بندی نتیجه گیری

سیستم های سرمایش جذبی یکی از تکنیک های جدید تولید سرمایش می باشد که در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته

است. به وسیله این تکنیک میتوان استفاده از کولر تبخیری را در مناطق مرطوب نیز توسعه داد. استفاده از دسیکنت همراه سیستمهای تراکم بخار و سرمایش سقفی موجب افزایش راندمان و کاهش مصرف انرژی می گردد. کاهش مصرف انرژی وابسته به پارامترهای مختلف سیستم و شرایط آب و هوای محیط دارد.

انجام آزمایش بر روی سیستم تراکم بخار در ترکیب با چرخ دسیکنت و بررسی کاهش مصرف انرژی در آب و هواهای مختلف از جمله اهداف آتی نویسندگان این مقاله می باشد.

۵. منابع

[۱] مظفری، حسین، رطوبت زدایی هوای مرطوب با استفاده از محیطهای متخلخل، پروژه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس ، ۱۳۷۹

[1] H. PahlevanZadeh, Zamzajian, Two dimensional mathematical model for fixed desiccant wheel dehumidifier, Iranian Journal of Science and Technology, in press

[2] L.Z. Zhang *, J.L. Niu ,A pre-cooling Munters environmental control desiccant cooling cycle in combination with chilled-ceiling panels, Energy 2003;28:275–92

[3] N. Subramanyam, S. Srinivasa Murthy, Application of desiccant wheel to control humidity in air-conditioning system, Applied Thermal Engineering 24(2004) 2777-2788

[4] P.L. Dhar, S.K. Singh, Studies on solid desiccant hybrid air-conditioning systems, Applied Thermal Engineering 21 (2001) 119-134

[5] K. Daou, R.Z. Wang*, Z.Z. Xia , Desiccant cooling air conditioning: a review , Renewable and Sustainable Energy Reviews xx (2004) 1–23

[6] Mavroudaki P, Beggs CB, Sleigh PA, Halliday SP. The potential for Solar powered single-stage desiccant cooling in southern Euro. Appl Thermal Engng 2002; 22:1129–40.

[7] Halliday SP, Beggs CB, Sleigh PA. The use of solar desiccant cooling in the UK: a feasibility study. Appl Thermal Engng 2002;22:1327–38.

[8] Dai YJ, Wang RZ, Zhang HF, Yu JD. Use of desiccant cooling to improve the performance of vapor compression air conditioning. Appl Thermal Engng 2001; 21:1185–205.

[9] Mazzei P, Minichiello F, Palma D. Desiccant HVAC systems for commercial buildings. Appl Thermal Engng 2002; 22:545–60.

[10] Camargo JR, Ebinuma CD, Silveira J. Thermo-economic analysis of an evaporative desiccant air conditioning system. Appl Thermal Engng 2003;23:1537–49.

[11] Kessling W, Laevemann E, Energy storage in open cycle liquid desiccant systems. Int J Refrig 1998;21(2):150–6.