Archive of SID

ساخت سیستم پایلوت سرمایش جذبی – تبخیری

حامد شاه نظری: کارشناس ارشد مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
حسین قدمیان: استادیار گروه مهندسی انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
"تحت حمایت شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور"

چکیده

یکی از ره آوردهای تکنولوژی جدید برای فراهم نمودن آسایش حرارتی و ساختمانهایی که بی توجه به شرایط آب و هوایی احداث می شوند، سیستم های تهویه مطبوع است.امروزه دراکثر کشورهای جهان سیستم های تهویه مطبوع با توجه و یا بدون توجه به ضرورت استفاده از آن، بعنوان معیاری جهت مرغوبیت و ارتقاء کیفی بنا مورد بهره گیری عمومی بویژه در بناهای اداری و تجاری قرار می گیرند. مشکلی اهمیت زیادی دارد، مصرف بالای انرژی آنها در زمان ماکزیمم مصرف انرژیست.وقتی که در معرض حداکثر دما در ماههای گرم یا ساعات گرم روز هستیم در همان شرایط نیازمند بالاترین میزان تولید انرژی برق بوده که امکانات طبیعی و جوی آن را میسر نمی سازد و ذخیره ها را مورد تهدید قرار می دهد.بی هیچ تردیدی در کشور پهناور ما مناطق با شرایط آب و هوایی گوناگونی وجود دارد که هر یک نیازمند سیستمهای تهویه ای خاص خود می باشند.

لذا بر این اساس به بررسی امکان استفاده تلفیقی از ایرواشر و خشک کن بمنظور سرمایش ساختمانهای مسکونی اداری و تجاری می پردازیم . در طراحی اولیه این سیستم ، هوای گرم و مرطوب وارد بخش خشک کن شده و توسط محلول لیتیوم کلراید رطوبت آن گرفته شده سپس هوای گرم و خشک وارد ایرواشر گردیده و با رطوبت زنی تا دمای حدود ۱۸ درجه سانتی گراد خنک می کردد . جهت احیا دوباره محلول جاذب لیتیوم کلراید نیاز به یک سیستم گرمایش با دمای حدود ۸۰ درجه سانتیگراد می باشد که برای این منظور می توان از کلکتور خورشیدی جهت گرمایش آب تا دمای مذکور استفاده نمود . بمنظور بازیافت حرارتی و بهینه سازی مصرف انرژی از یک مبدل حرارتی صفحه ای مایع – مایع جهت محلول جاذب بینابین بخش خشک کن و احیاکننده استفاده گردیده است . همچنین از یک مبدل حرارتی هوا – هوا استفاده شده که هوای برگشتی فضای سرد شده را با هوای خروجی از خشک کن در تماس غیر مستقیم قرار داده تا بازیافت انرژی به نحو مطلوبی صورت پذیرفته و ضمن اینکه رسیدن به هوا با دمای ۱۸ درجه سانتی گراد را میسر نماید . با توجه به قابلیت کارکرد دستگاه در مناطق گرم و مرطوب، اصلاح الگوی مصرف انرژی الکتریکی با تغییر سیستم های خنک کننده از کولر های گازی به این سیستم قابل دستیابی خواهد بود که از دید کلان باعث صرفه جویی مصرف حامل های انرژی تا ۵۰ درصد در این مناطق خواهد بود.

معرفی سیستم و ضرورت انجام آن

پس از بررسی انواع سیستمهای سرمایش متعارف موجود در کشور مشاهده می گردد که عمدتا از سه نوع سیستم سرمایشی در کشور ما استفاده می گردد:

۱. سرمایش تبخیری
۲. سرمایش تراکمی
۳. سرمایش جذبی

www.SID.ir

Archive of SID

نوع اول عمدتا شامل کولر آبی و ایرواشر می باشد که مقدور می باشند نهایتا به دمایی در حد دمای تر (wet bulb) منطقه برسند که برای شهری مانند تهران حدود ۲۳-۲۴ ^{o}c می باشد .

سیستمهای تراکمی عمدتا شامل چیلرهای تراکمی ، کولرگازی و پکیج های تراکمی می باشند که به دلیل مصرف بالای انرژی الکتریکی توسط آنها چندان مطلوب به نظر نمی رسند .

سومین نوع سیستمهای مصرفی سیستمهای جذبی می باشند که چیلرهای جذبی آب و آمونیاک نسل اولیه آنها و چیلرهای جذبی لیتیم-برماید نسل پیشرفته آن می باشد . این سیستمها دارای هزینه اولیه بالا جهت استفاده در منازل مسکونی با متراژ پایین می باشند و همچنین هزینه تعمیرات و نگهداری بالایی دارند .

در روش های متعارف سرمایش ، بار محسوس (کاهش دما) و بار نهان (کاهش رطوبت) هر دو به وسیله سیستم سرمایش انجام می گیرد، اما با استفاده از دسیکانت انجام دو فرآیند سرمایش و رطوبت زدایی به طور مجزا امکان پذیر است. در این حالت ابتدا رطوبت هوا توسط دسیکانت گرفته می شود و سپس از واحد سرمایش برای تامین بار محسوس استفاده می گردد.

سیستم سرمایش جذبی، چه نوع جامد و چه مایع موجب صرفه جویی مصرف انرژی می گردند. این مطلب توسط محققان مختلف به اثبات رسیده است. میزان صرفه جویی انرژی بستگی به پارامتر های مختلفی دارد. مهمترین آنها عبارتند از نوع دسیکانت (جامد و مایع) ، نوع عملکرد سیستم (تهویه یا جریان چرخشی) ، دما و رطوبت شرایط محیطی، نوع سیکل به کار رفته جهت سرمایش، دما و رطوبت مورد نظر اتاق، دمای احیا دسیکانت، نسبت هوای فرآیند به هوای احیاء ، نسبت هوای عبوری از دسیکانت به هوای فرآیند.

اصول سرمایش جذبی

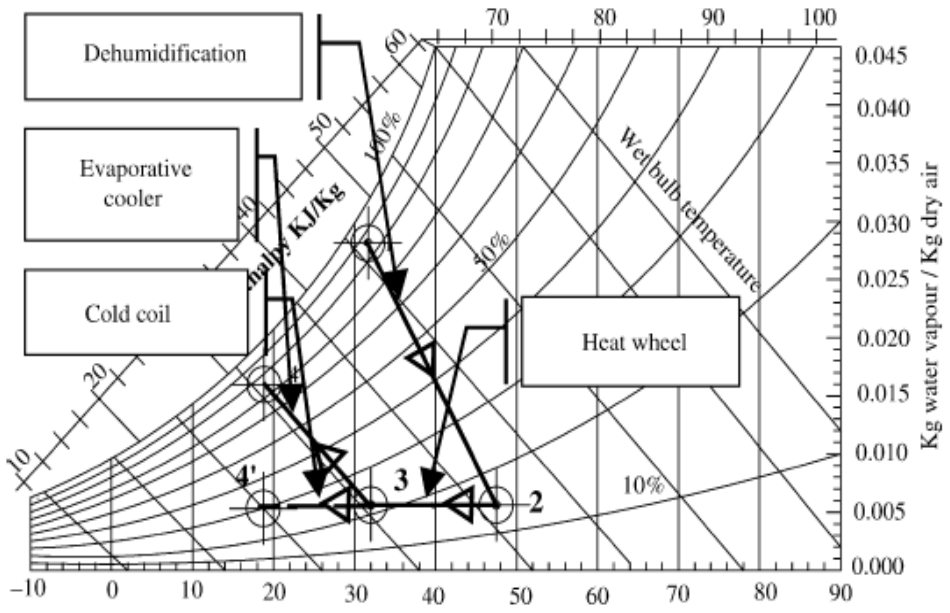
اساس سیستم سرمایش جذبی بر پایه جذب رطوبت هوای ورودی بوسیله جریان اجباری هوا از روی دسیکانت و سرد ساختن هوا تا دمای مورد نیاز استوار است. برای اینکه سیستم به صورت پیوسته عمل کند باید آب جذب شده از دسیکانت خارج شود و دسیکانت به اندازه کافی خشک شود تا بتواند مجددا رطوبت را جذب کند. به طور کلی سرمایش جذبی شامل سه مرحله اساسی می باشد که عبارتند از:

۱- ماده جاذب رطوبت (دسیکانت) جهت گرفتن رطوبت هوا
۲- واحد سرمایش جهت رساندن دمای هوا به دمای مورد نیاز

www.SID.ir

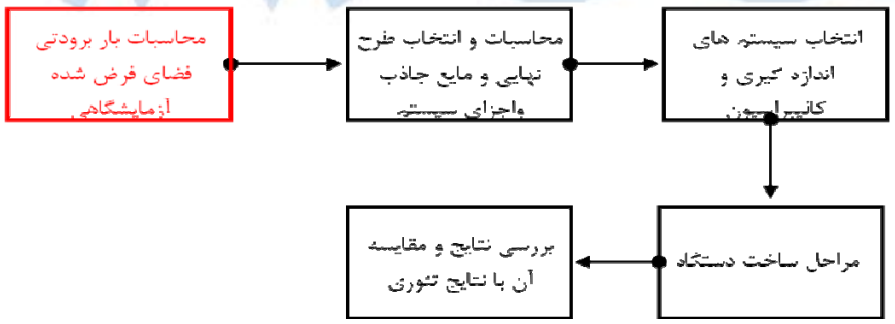
Archive of SID

۳- منبع حرارتی برای احیاء دسیکانت



شکل ۱- نمودار سایکرومتریک سرمایش جذبی- تبخیری

مراحل ساخت پایلوت سرمایش جذبی – تبخیری



www.SID.ir

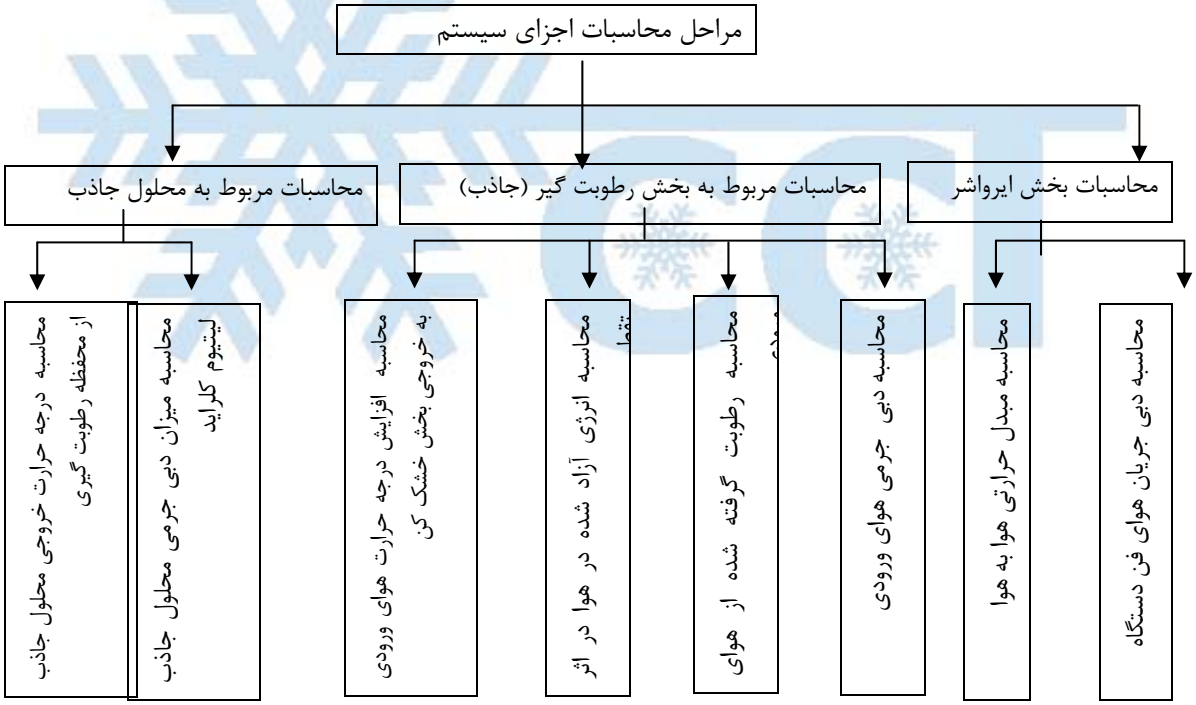
Archive of SID

فرضیات سیستم

ردیف	عنوان	مقدار فرض شده
1	Q : بار سرمایشی اتاق	750 BTU/Hr
2	T_O : درجه حرارت هوای محیط (ورودی دستگاه)	86°F
3	RH_O : رطوبت نسبی هوای محیط (ورودی دستگاه)	%60
4	T_{room} : شرایط آسایش اتاق	75°F
5	RH_{room} : رطوبت نسبی هوای ورودی از دستگاه به اتاق (ایرواشر)	%90

جدول ۱- فرضیات سیستم

محاسبات انجام شده مربوط به اجزای سیستم



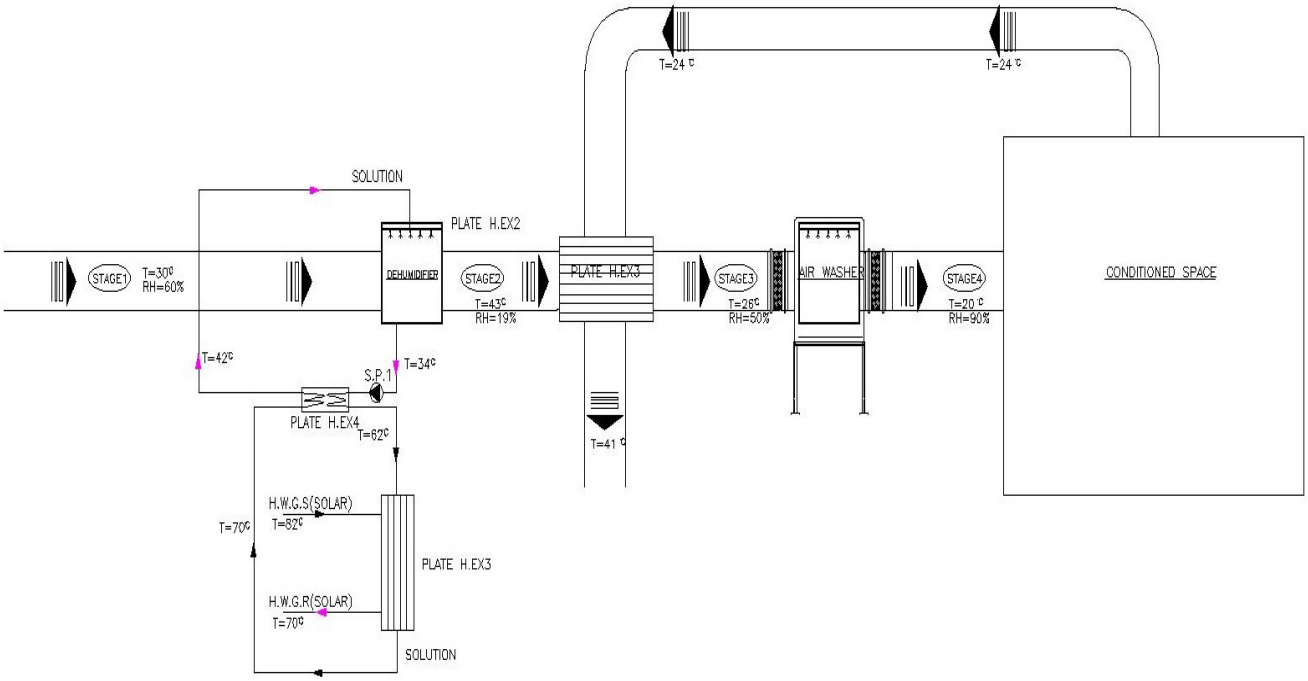
www.SID.ir

Archive of SID

ردیف	عنوان	مقدار محاسبه شده
1	دبی جریان هوای فن دستگاه (بخش رطوبت زن)	CFM=57
2	درجه حرارت هوای خروجی از مبدل حرارتی	$T_{HEX,OUT}=104°F$
3	دبی جرمی هوای ورودی و خروجی	$113.7\frac{Kg}{Hr}$
4	رطوبت گرفته شده از هوای ورودی	$0.74\frac{Kg}{Hr}$
5	انرژی آزاد شده در هوا در اثر تقطیر	$496W$
6	افزایش درجه حرارت هوای ورودی به خروجی بخش خشک کن	$T_{DES,OUT}=108°F$
7	میزان دبی جرمی محلول جاذب لیتیوم کلراید	$0.023\frac{Kg}{s}$
8	درجه حرارت خروجی محلول جاذب از محفظه رطوبت گیری	$T_{LIT,OUT}=35°C$

جدول۲- محاسبات اجزای سیستم

انتخاب نقشه نهایی ساخت و مایع جاذب

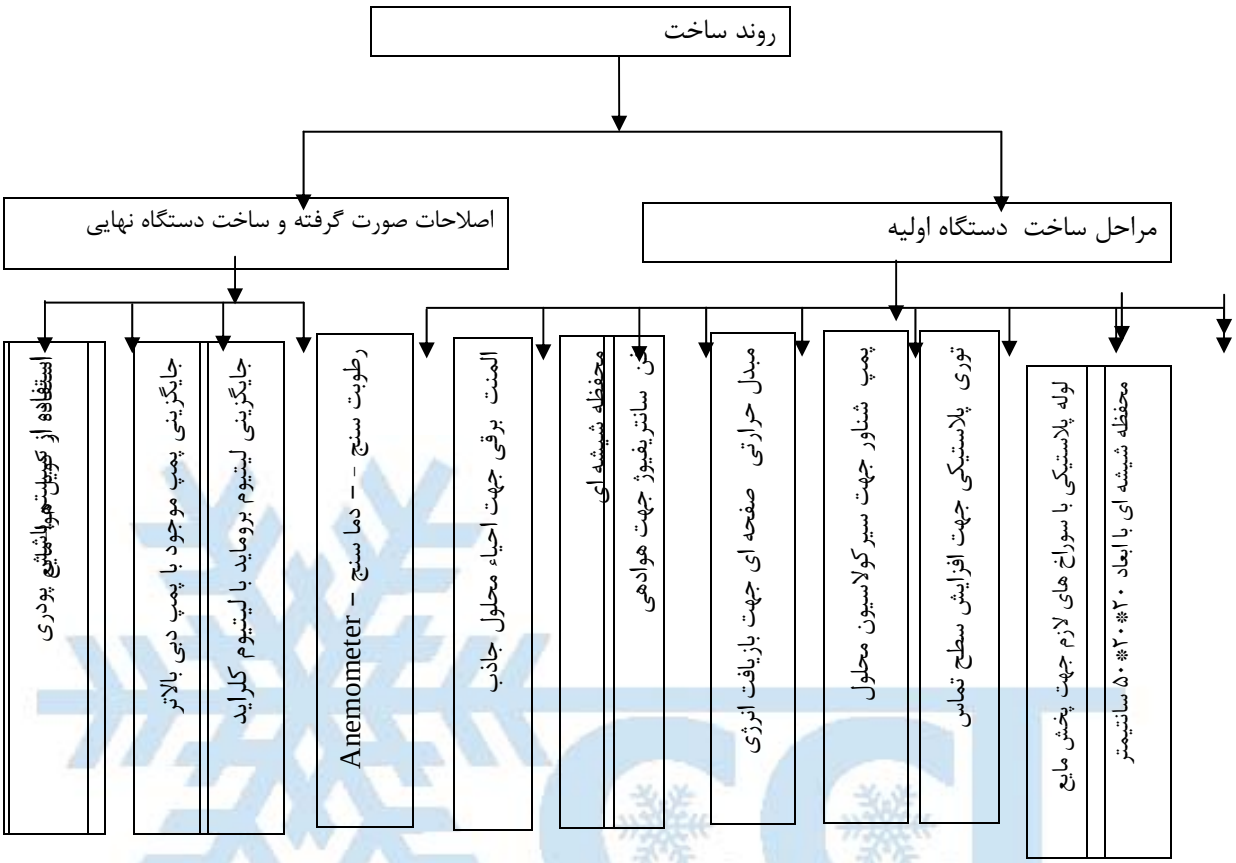


روند ساخت دستگاه

www.SID.ir

Archive of SID

در ابتدا بر اساس طرح اولیه پیشنهادی بخش خشک کن سیستم طراحی و ساخته گردید که این بخش می تواند بعنوان ایرواشر نیز استفاده گردد. که مراحل ساخت در فلوچارت زیر آورده شده است.



شکل ۳- دستگاه اولیه ساخته شده

در سیستم اولیه آزمایشات توسط سیال آب انجام گردید تا در ابتدا عملکرد آن به منظور رطوبت زنی به عنوان دستگاه ایر واشر مورد بررسی قرار گیرد. که عمل رطوبت زنی تاحدودی مورد قبول بوده ولی راندمان سیستم بعنوان خشک کن مطلوب نبوده و طبق بررسی های به عمل آمده عدم کارآیی سیستم به دلایل زیر می باشد:

۱- عدم کارآیی محلول لیتیوم برماید به جهت خواص آن

۲- پایین بودن دبی محلول جاذب

۳- بالا بودن درجه حرارت سیال جاذب

۴- نا مطلوب بودن پخش جاذب در هوا

۵- پایین بودن غلظت محلول لیتیوم بروماید

به منظور رفع معایب فوق و طراحی سیستم بهبود یافته اقداماتی پیشنهاد و مورد بررسی قرار گرفت:

۱- جایگزینی محلول لیتیوم بروماید با محلول لیتیوم کلراید

۲- جایگزینی پمپ موجود با پمپ دبی بالاتر

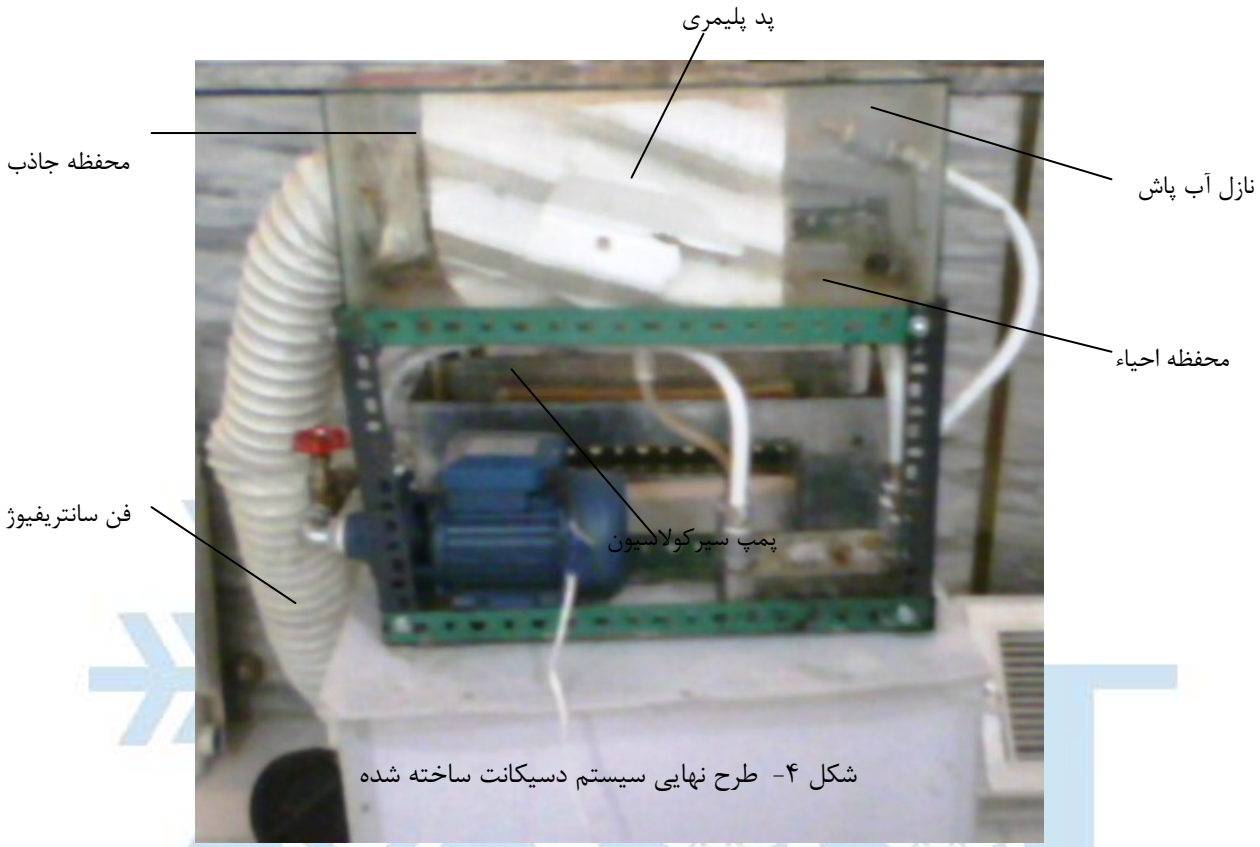
۳- استفاده از کویل هوا-مایع

www.SID.ir

Archive of SID

۴- استفاده از سیستم پاشش پودری

پس از انجام اقدامات اصلاحی فوق شماتیک کلی دستگاه در شکل زیر قابل مشاهده است. خروج سیال جاذب از محفظه رطوبت گیری به صورت ثقلی انجام گرفته و بر همین اساس ارتفاع دستگاه تنظیم شده است.



شکل ۴- طرح نهایی سیستم دسیکانت ساخته شده

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج آزمایش طرح نهایی ساخته شده

✓ **سیال: آب – آزمایش سیستم رطوبت زنی ، رطوبت زنی کمتر از ۹۰٪**

شماره آزمایش	میزان هوادهی	درجه حرارت محیط	رطوبت نسبی محیط	درجه حرارت خروجی	رطوبت نسبی خروجی
	M^3/Hr	C	%	C	%
۱	۸۵	۲۲	۵۵	۱۲	۸۵
۲	۸۵	۲۳/۵	۴۰	۱۴	۸۸
۳	۸۵	۱۸	۳۵	۱۱	۸۸
۴	۸۵	۳۶	۴۴	۲۷	۸۹

جدول ۳- نتایج آزمایش طرح نهایی با سیال آب

✓ **سیال: لیتیوم کلراید – آزمایش سیستم رطوبت گیری**

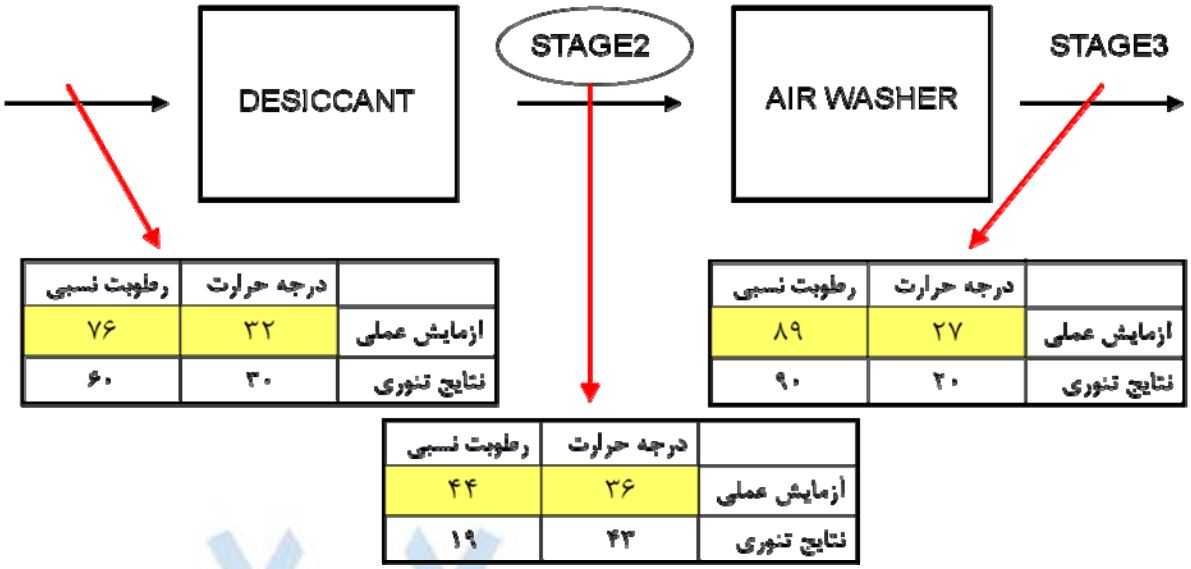
شماره آزمایش	میزان هوادهی	درجه حرارت محیط	رطوبت نسبی محیط	درجه حرارت خروجی	رطوبت نسبی خروجی
	M^3/Hr	C	%	C	%
۱	۸۵	۲۹	۷۰	۳۲	۴۵/۵
۲	۸۵	۳۲	۷۶	۳۶	۴۴

جدول ۴- نتایج آزمایش طرح نهایی با سیال لیتیوم کلراید

بررسی نتایج و مقایسه آن با نتایج تئوری

www.SID.ir

Archive of SID



	درجه حرارت	رطوبت نسبی
ازمایش عملی	۲۷	۸۹
نتایج تئوری	۲۰	۹۰

	درجه حرارت	رطوبت نسبی
ازمایش عملی	۳۲	۷۶
نتایج تئوری	۳۰	۶۰

	درجه حرارت	رطوبت نسبی
ازمایش عملی	۳۶	۴۴
نتایج تئوری	۴۳	۱۹

همانطور که مشاهده می گردد آزمایش با سیستم ایر واشر باعث بالا رفتن رطوبت نسبی هوا گردیده است و آزمایش با محلول لیتیوم کلراید باعث کم شدن رطوبت نسبی هوا و در نتیجه جذب رطوبت گردیده است که هدف اصلی پروژه می باشد. با کاهش رطوبت نسبی هوا، شرایط را به شرایط دلخواه جهت سرمایش تبخیری نزدیک کرده ایم.

با توجه به اینکه قیمت ساخت پایلوت این دستگاه بالا می باشد، ولی با توجه به محاسبات و مقایسه قیمت تمام شده در تولید انبوه این دستگاه که در پروژه طراحی به طور کامل آورده شده است، استفاده از این دستگاه به خصوص در مناطق شمالی و جنوبی کشور که دارای آب و هوای گرم و مرطوب می باشند و سیستم سرمایش غالب آنها از نوع تراکمی می باشد، دارای توجیه اقتصادی می باشد. همچنین استفاده از این دستگاه در سطح کلان باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی و کاهش بار شبکه توزیع می گردد.

سیستم	توان مصرفی (وات)	ضریب عملکرد (COP)
سرمایش جذبی - تبخیری	۱۰۳۰	۶/۷۹
کولر گازی	۲۸۰۰	۲/۵
چیلر تراکمی	۲۱۳۰	۳/۲۸
پکیج تراکمی	۳۰۳۰	۲/۳۱

جدول ۵- مقایسه قیمت انواع سیستم های سرمایشی

با توجه به هزینه سرمایه گذاری اولیه فقط دستگاه کولر گازی از نظر قیمت تمام شده اختلاف قابل توجهی با سیستم سرمایش جذبی – تبخیری داشته که با محاسبه انرژی مصرفی سالیانه این دو سیستم ، سیستم سرمایش جذبی – تبخیری صرفه جویی انرژی سالیانه حدود ۶۳ درصد داشته که معادل ۲۲۹۸۵۹۰ ریال می باشد . نرخ باز گشت سرمایه این سیستم با استفاده از روش ایستا ۳ سال و ۶ ماه می باشد . با استفاده از روش محاسباتی پویا در ابتدا مقدار NPV محاسبه گردید که با توجه به اینکه مقدار NPV محاسبه شده عددی مثبت می باشد لذا سرمایه گذاری ما سودآور بوده و نرخ بازگشت سرمایه آن در این روش معادل ۳ سال و ۸ ماه بدست آمد .

www.SID.ir

Archive of SID

پیشنهاد آتی

با توجه به اینکه در ایران متوسط سالانه تابش نور خورشید حدود 5 Kwh/day بوده وتعداد روزهای ابری پشت سر هم در سراسر کشور کمتر ازپنج روز در سال می باشد و همچنین شفافیت هوا در اکثر نقاط ایران بیش از 60% در نظر گرفته می شود و علاوه بر این با توجه به آنکه در نقاط مرتفع میزان تابش خورشید بیشتر بوده و سرزمین ما نیز کوهستانی است و اکثر نقاط آن ارتفاعی بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا دارد ،این سیستم قابلیت استفاده از انرژی خورشیدی را جهت احیاء مایع جاذب دارا می باشد.

منابع

1- Camargo JR, Ebinuma CD, Silveira J. Thermoeconomic analysis of an evaporative desiccant air conditioning system. Appl Thermal Engng 2003; 23:1537–49.

2-Archibald J. New desiccant evaporative cooling cycle for solar air conditioning and water heating. American Solar Roofing Company, 8703 Chipperndale Court Annandale, Va. 22003.

3-Vafai AK. An investigation of heat and mass transfer between air and desiccant film in parallel and counter flow channels. Appl Thermal Energy 2004;47:1745–60.

4- Saman WY. Modelling and performance analysis of a cross-flow type plate heat exchanger for dehumidification/cooling. Solar 2001;70(4):361–72.

5-US Pat. 6 684 649(2004).

6-Biel, S., et al. 1997-Final Report on the BMB+F Project 032 9151J.

7- K. Gommed, G. Grossman.2006. Experimental investigation of a liquid desiccant system for solar cooling and dehumidification, Faculty of Mechanical Engineering, Technion – Israel Institute of Technology, Haifa 32000, Solar Energy 81 , 131–138.

8- Hollands, K. G. T., Unny, T. E., Raithby, G. D., and Lonicek, L, “Free Convection Heat Transfer Across Inclined Air Layers,” Transactions of ASME Journal of Heat Transfer, Vol. 98, pp. 189, 1976.

9- Incropera, F. P. and DeWitt, D. P., Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 4th Edition, John Wiley & Sons, New York, 1996.

www.SID.ir