٢٨٧/١/١٠١٢٥٨
٨٧/١٠/٢١

١٠٨٧٥٢

دانشکده فنی

گروه مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

# طراحی بهینه سیستم سرمایشی جذبی خورشیدی با انرژی کمکی

از

امیر کشتکار جعفری

اساتید راهنما

دکتر محمد نقاش زادگان

دکتر کورش جواهر ده

استاد مشاور

مهندس محمد اسماعیل محسنی

شهریور ۸۷

۱۳۸۷/۱۰/۱۳

۱۰۸۷۵۶

تقدیم به پدر فداکار و مادر مهربانم

**تقدیر و تشکر:**

نخست شکر مخصوص حضرت حق تعالی است که هستی داد تا سعی کنیم و تلاش ، تجربه کنیم و بیندوزیم .

انجام موفقیت آمیز این پایان نامه میسر نبود مگر با مساعدت و راهنمایی های اساتید گرانقدرم . بدین وسیله سپاسگذار لطف و زحمات جناب آقای دکتر نقاش زادگان و جناب آقای دکتر جواهر ده هستم.

از جناب آقای مهندس مهرداد مظلومی که از هیچ گونه کمکی دریق نورزیدند کمال قدردانی را دارم.

امیر کشتکار جعفری

amir_kj_155@yahoo.com

## فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| تقدیم | ب |
| تقدیر و تشکر | پ |
| فهرست مطالب | ت |
| فهرست جداول | ح |
| فهرست شکلها | خ |
| چکیده فارسی | ذ |
| چکیده انگلیسی | ر |
| **فصل اول: مقدمه** | ۱ |
| ۱-۱- کلیاتی در مورد سیستم جذبی خورشیدی | ۲ |
| ۱-۲- مطالعه کارهای گذشته | ۶ |
| ۱-۳- اهداف تحقیق | ۸ |
| **فصل دوم: بررسی سیستم سرمایشی جذبی** | ۱۰ |
| ۲-۱- انواع سیستمهای سرمایشی جذبی | ۱۱ |
| ۲-۱-۱- سیستم جذبی لیتیوم برماید و آب | ۱۱ |
| ۲-۱-۲- سیستم جذبی آمونیک و آب | ۱۱ |
| ۲-۱-۳- سیستم جذبی جامد | ۱۱ |
| ۲-۲- انواع سیستمهای لیتیوم برماید و آب | ۱۲ |
| ۲-۳- عملکرد سیکل جذبی | ۱۳ |
| ۲-۴- کریستالازاسیون | ۱۵ |
| ۲-۵- مزایا و معایب سیستم جذبی لیتیوم برماید و آب | ۱۶ |

۲-۵-۱- مزایا ۱۶

۲-۵-۲- معایب ۱۷

۲-۶- مدل ترمودینامیکی سیکل جذبی ۱۷

۲-۶-۱- آنالیز تبخیر کننده ۱۸

۲-۶-۲- آنالیز ابزر بر ۱۹

۲-۶-۳- آنالیز تولید کننده ۲۰

۲-۶-۴- آنالیز تقطیر کننده ۲۱

۲-۶-۵- آنالیز مبدل حرارتی ۲۲

۲-۶-۶- ضریب عملکرد ۲۲

**فصل سوم : تابش خورشید** ۲۴

۳-۱- زاویه برخورد تابش خورشید و شار تابشی مستقیم ۲۵

۳-۲- طلوع ، غروب و طول روز خورشیدی ۲۸

۳-۳- زمان خورشید ظاهری ۲۸

۳-۴- شدت تابش خورشید ۳۰

۳-۴-۱- شدت تابش خورشید در جو ۳۰

۳-۴-۲- شدت تابش روی سطح زمین ۳۰

۳-۵- شدت تابش روی سطوح مایل ۳۱

۳-۶- مقادیر تابش مستقیم لحظه ای ۳۲

**فصل چهارم : مجموعه کلکتور و تانک دخیره حرارتی** ۳۵

۴-۱- کلیات ۳۶

۴-۲- کلکتور خورشیدی ۳۶

۴-۲-۱- کلکتور صفحه تخت ۳۸

۴-۲-۱-۱- میزان جریان در کلکتورهای صفحه تخت ۳۹
۴-۲-۱-۲- نوع رژیم جریان در کلکتورهای صفحه تخت ۳۹
۴-۲-۲- محاسبه حرارتی کلکتور ۳۹
۴-۲-۲-۱- پارامترهای موثر در محاسبه میزان تابش جذب شده بر واحد سطح کلکتور ۳۹
۴-۲-۲- ۲- بازتاب تابش ۳۹
۴-۲-۲- ۳- مقدار عبور ۴۰
۴-۲-۲- ۴- جذب تابش ۴۲
۴-۲-۲- ۵- مقدار عبور برای تابش پراکنده ۴۲
۴-۲-۲- ۶- حاصلضرب عبور- جذب ۴۳
۴-۲-۲- ۷- تابش خورشیدی جذب شده ۴۳
۴-۲-۲- ۸- میزان اتلافات حرارتی کلکتور ۴۴
۴-۲-۲- ۹- انتقال حرارت در قسمت تحتانی کلکتور ۴۴
۴-۲-۲- ۱۰- انتقال حرارت در قسمت جانبی کلکتور ۴۵
۴-۲-۲- ۱۱- انتقال حرارت در قسمت فوقانی کلکتور ۴۶
۴-۲-۲- ۱۲- ضریب انتقال حرارت کلی ۴۸
۴-۲-۲- ۱۳- ضریب بازدهی کلکتور ۴۸
۴-۲-۲- ۱۴- ضریب اخذ گرمایی کلکتور ۴۹
۴-۲-۲- ۱۵- مقدار حرارت جذب شده واقعی (خالص) توسط کلکتور ۵۰
۴-۳- تانک ذخیره حرارتی ۵۰
۴-۳-۱- کلیات ۵۰
۴-۳-۲- آنالیز تانک ذخیره حرارتی ۵۱
۴-۳-۲-۱- تانک ذخیره با مدل مخلوط کامل ۵۱

۴-۳-۲-۲- تانک ذخیره با مدل لایه های حرارتی ۵۳

۴-۳-۳- انتخاب مدل ۵۴

**فصل پنجم : شبیه سازی سیستم جذبی خورشیدی** ۵۵

۵-۱- مراحل مدلسازی ۵۶

۵-۲- مدلسازی ترمودینامیکی سیستم جذبی ایتیوم برماید و آب ۵۶

۵-۲-۱- تاثیردمای تولید کننده بر ضریب عملکرد سیستم جذبی ۵۷

۵-۲-۲- تاثیر دمای تولید کننده بر ضریب عملکرد سیستم جذبی به ازای دماهای مختلف تقطیر کننده ۵۸

۵-۲-۳- تاثیر دمای تولید کننده بر غلظت محلول غلیظ لیتیوم برماید وآب ورودی به جذب کننده ۵۹

۵-۲-۴- تاثیر دمای تقطیر کننده بر فشار تقطیر کننده و تولید کننده ۶۰

۵-۳- داده های آب و هوایی و انتخاب ناحیه مناسب برای استفاده از سیستم جذبی خورشیدی ۶۱

۵-۴- کنترل کیفیت بر روی داده های تابشی ۶۱

۵-۵- انتخاب یک خانه مسکونی و محاسبه بار برودتی آن ۶۲

۵-۶- محاسبه مقادیر تابش لحظه ای ۶۴

۵-۷- شبیه سازی کل سیستم جذبی خورشیدی ۶۵

۵-۸- نتایج شبیه سازی ۶۹

۶-۸ – نتایج ۷۷

مراجع ۷۹

پیوست الف ۸۱

## فهرست جداول


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| جدول ۴-۱ : کلکتورهای خورشیدی | ۳۷ |
| جدول ۵-۱:تابش کل روزانه متوسط برای پنج ماه گرم سال در شهر اصفهان | ۶۲ |
| جدول ۵-۲: مساحت دیوارها و پنجره های ساختمان مورد نظر | ۶۳ |
| جدول ۵-۳: مشخصات کلکتور صفحه تخت | ۶۷ |
| جدول ۵-۴: سطح کلکتور و حجم تانک ذخیره و زمان شروع عملکرد و پایان عملکرد سیستم در روزهای طراحی ماههای آگوست وسپتامبر ( دمای تانک ذخیره برای شروع به کار $70^{\circ}C$) | ۷۰ |
| جدول ۵-۵: محدوده عملکرد پارامترهای مختلف سیکل جذبی در طول روز طراحی در ماه آگوست | ۷۴ |
| جدول ۵-۶: محدوده عملکرد پارامترهای مختلف سیکل جذبی در طول روز طراحی در ماه سپتامبر | ۷۵ |

## فهرست شکلها


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| شکل۲-۱: شماتیکی از یک سیستم جذبی لیتیوم برماید وآب یک اثره | ۱۲ |
| شکل۲-۲:شماتیکی از یک سیستم جذبی لیتیوم برمایدو آب دو اثره | ۱۳ |
| شکل۲-۳: شماتیکی از یک سیستم جذبی لیتیوم برماید و آب یک اثره | ۱۴ |
| شکل۲-۴: دیاگرام غلظت، دما و فشار محلول اشباع لیتیوم برماید و آب | ۱۶ |
| شکل ۲-۵: نمودار فشار و دمای یک سیستم جذبی لیتیوم برماید و آب یک اثره | ۱۷ |
| شکل۳-۱: زوایای ناشی از برخورد پرتوهای خورشید با صفحه مایل | ۲۵ |
| شکل۳-۲:زاویه میل خورشیدی | ۲۷ |
| شکل ۳-۳: معادله تصحیح زمان در ماههای میلادی | ۲۹ |
| شکل۴-۱: شماتیکی از تابش عبوری از یک پوشش | ۴۱ |
| شکل۴-۲: شماتیکی از قسمت تحتانی کلکتور صفحه تخت | ۴۵ |
| شکل۴-۳: شماتیکی از قسمت جانبی کلکتور صفحه تخت | ۴۶ |
| شکل۴-۴: مقطعی از یک کلکتور صفحه تخت | ۴۸ |
| شکل۴-۵: شماتیکی از ورودیها و خروجی های تانک ذخیره حرارتی | ۵۱ |
| شکل۴-۶: شماتیکی از تانک ذخیره حرارتی در مدل مخلوط کامل | ۵۲ |
| شکل ۴-۷: شماتیکی از تانک ذخیره حرارتی در مدل لایه های حرارتی | ۵۳ |
| شکل ۵-۱ : تاثیر دمای تولید کننده بر عملکرد سیستم جذبی | ۵۷ |
| شکل ۵-۲: تاثیر دمای تولید کننده بر ضریب عملکرد سیستم جذبی به ازای دماهای مختلف تبخیر کننده | ۵۸ |
| شکل۵-۳: تاثیر دمای تولید کننده بر ضریب عملکرد سیستم جذبی به ازای دماهای مختلف تقطیر کننده | ۵۹ |
| شکل۵-۴: تاثیر دمای تولید کننده بر غلظت محلول غلیظ لیتیوم برماید وآب ورودی به جذب کننده | ۵۹ |
| شکل ۵-۵: تاثیر دمای تقطیر کننده بر فشار تقطیر کننده و تولید کننده | ۶۰ |

شکل۵-۶: تاثیر دمای تقطیر کننده بر ضریب عملکرد سیستم جذبی ۶۱

شکل ۵-۷: بار برودتی مورد نیاز ساختمان مورد طراحی در ماههای گرم تابستان ۶۴

شکل۵-۸: تابش جذب شده بر واحد سطح کلکتور در روزهای طراحی ماههای آگوست و سپتامبر ۶۵

شکل ۵-۹: شماتیکی از مدل سیستم جذبی خورشیدی با کلکتورهای صفحه تخت ۶۶

شکل ۵-۱۰: فلوچارت برنامه کامپیوتری سیستم جذبی خورشیدی ۳۷

شکل۵-۱۱ : دمای تانک ذخیره حرارتی در طول ساعات عملکرد، در روزهای طراحی ماههای آگوست و سپتامبر ۷۱
به ازای نرخ جریان کلکتور $0.9kg/s$ و دمای شروع عملکرد $70\,^{\circ}C$.

شکل ۵-۱۲: دمای تانک ذخیره حرارتی در روزهای طراحی ماههای آگوست و سپتامبر به ازای نرخ جریان ۷۱
کلکتور $0.9kg/s$ و دمای شروع عملکرد $70\,^{\circ}C$.

شکل۵-۱۳: تغییرات ضریب عملکرد سیستم در طول ساعات عملکرد به ازای نرخ جریان کلکتور $0.9kg/s$ و ۷۲
دمای شروع عملکرد $70\,^{\circ}C$.

شکل۵-۱۴: تغییرات بار برودتی، انرژی مورد نیاز تولید کننده،انرژی بدست آمده توسط کلکتور و میزان تابش ۷۳
خورشیدی به دست آمده در طول روز طراحی ماه آگوست به ازای دمای شروع به کار $70\,^{\circ}C$ برای تانک
ذخیره.

شکل۵-۱۵: تغییرات بار برودتی، انرژی مورد نیاز تولید کننده،انرژی بدست آمده توسط کلکتور و میزان تابش ۷۳
خورشیدی به دست آمده در طول روز طراحی ماه سپتامبر به ازای دمای شروع به کار $70\,^{\circ}C$ برای تانک ذخیره.

شکل۵-۱۶:تغییرات غلظت محلول غلیظ و رقیق لیتیوم برماید(٪) در طول روز طراحی در ماه آگوست . ۷۴

شکل ۵-۱۷: تاثیر حجم تانک ذخیره حرارتی بر روی زمان پایان عملکرد سیستم بر حسب ساعت محلی. ۷۵

شکل ۵-۱۸: تاثیر مساحت کلکتوربر روی زمان پایان عملکرد سیستم بر حسب ساعت محلی. ۷۶

شکل ۵-۱۹: میزان انرژی مورد نیاز تولید کننده برای تأمین دمای $70\,^{\circ}C$ تولید کننده، برای عملکرد ۲۴ ساعته ۷۷
سیستم در طول شبانه روز.

## چکیده

**طراحی بهینه سیستم سرمایشی جذبی خورشیدی با انرژی کمکی**

**امیر کشتکار جعفری**

سیستمهای جذبی لیتیوم برماید و آب، سیستمهایی متداول در صنعت تهویه مطبوع به شمار می آیند و دارای مزایای عمده ای نسبت به سیستمهای تبرید تراکمی هستند که می توان به مصرف انرژی کمتر،کار کردن با سطح پایینتری از انرژی،عدم استفاده ازCFC ها و عدم تولید گازهای مخرب لایه ازن اشاره کرد. این سیستمها همچنین این قابلیت را دارند که از انرژیهای تجدید پذیر به عنوان منبع انرژی استفاده کنند. افزایش چشمگیر قیمت نفت و سوختهای فسیلی و توجه به این امر که ماکزیمم بار برودتی سرمایشی زمانی مورد نیاز است که بار تابشی بیشتری در دسترس است به سیستمهای جذبی خورشیدی اهمیت فراوانی داده است و نیاز به تحقیق و توسعه بر روی این سیستمها و بررسی بیشتر انواع مختلف این سیستمها به جهت نوع کلکتور مورد استفاده در اقلیم های مورد نظر ، به شدت احساس می شود.

اصفهان شهری است که دارای تابش کل متوسط روزانه $۲۵\,MJ/m^2$ در ماههای تابستان است که تابش بسیار مناسبی محسوب می شود.طراحی و بررسی عملکرد سیستم جذبی خورشیدی در شرایط آب و هوایی اصفهان برای یک خانه ۱۲۰متری با ظرفیت سرمایشی $۱۲,۵\,kw$ صورت می پذیرد.نوع کلکتور مورد استفاده از نوع صفحه تخت و سیستم جذبی از نوع لیتیوم برماید و آب تک اثره می باشد و از تانک ذخیره حرارتی لایق کاری شده برای پایداری عملکرد سیستم استفاده می شود.

نتایج نشان می دهد که سیستم جذبی خورشیدی با مساحت بهینه کلکتور $۶۹\,m^2$ و حجم بهینه تانک $۱,۹\,m^3$ به تنهایی نیاز ساختمان را در ساعات بین ۸ صبح و ۱۸ بعد از ظهر تأمین می کند. و در ساعات خارج از این محدوده برای ادامه عملکرد سیستم و تأمین برودت مورد نیاز، به انرژی کمکی احتیاج است. میزان انرژی مورد نیاز برای حالات مختلف استفاده از انرژی کمکی برای پاسخگویی در طول ۲۴ ساعت شبانه روز نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است، همچنین زاویه بهینه سطح کلکتور با راستای جنوب و سطح افق به ترتیب ۴۵و۳۰ درجه مشخص گردید.

**کلید واژه:** سیستم جذبی لیتیوم برماید وآب ، تانک ذخیره حرارتی ، کلکتور صفحه تخت ، تهویه مطبوع خورشیدی ، شبیه سازی

**Abstract**

**Design of solar absorption cooling system with secondary energy**

**Amir Keshtkar Jafari**

The lithium bromide-water absorption cooling systems are conventional in air conditioning. These systems have some of advantages in comparison with reciprocating system; these systems operate by low level energy and that fuel consumption is less, these systems are compatible with environment and can use renewable energy.
Recently solar absorption systems become more attractive for tow reason; correspondence between maximum cooling load required and maximum available solar radiation and a dramatically increase in the oil price. Therefore we need to investigate on these systems.
The daily average of global solar radiation of Isfahan is about $25\,MJ/m^2$ for summer month, this makes this city very suitable for apply a solar absorption system.
Design and evaluation the performance of this system fulfilled for a house with 120m foundation which that maximum cooling load is about 12.5kw. Flat plate collector, insulated storage tank and one effect lithium bromide chiller used in this study.
the result showed that required optimum collector area and required optimum storage tank volume is about $69\,m^2$ and $1.9\,m^3$ respectively which supply cooling load for given residential palace for 8am to 18pm .also the optimum azimuth angle and optimum angle between collector surface and horizon 45° and 30° respectively.

***Key word:*** *solar absorption system, flat palate collector, storage tank, simulation, lithium bromide–water absorption system.*

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱-کلیاتی در مورد سیستم جذبی خورشیدی

سیستمهای جذبی خورشیدی[۱] سیستم های شناخته شده ای در زمینه تهویه مطبوع به ویژه در جهت مصارف خانگی محسوب می شوند. این سیستمها سالیانی است که مورد بررسی قرار گرفته اند. اما تنها فاکتوری که باعث شده استفاده از این سیستمها فرا گیر نشود مساله اقتصادی این سیستم ها است. افزایش قیمتهای نفت در سال ۱۹۷۳ باعث شد که کشور های پیشرفته و صنعتی استفاده از انرژی های نو از قبیل باد، آب، خورشید ، زمین گرمایی[۲] و... را مورد توجه بیشتری قرار دهند . تحقیقات گسترده ای نیز در جهت کاربردی کردن سیستمهایی که از این انرژی ها استفاده می کنند انجام پذیرفته است.

استفاده از CFC ها یا همان فریونها در سیستم تبرید تراکمی[۳] و استفاده از سوختهای فسیلی و تولید $CO_2$ از جمله مواردی هستند که باعث تخریب لایه ازن و گرم شده زمین می شوند. از طرفی دیگر پدیده گرم شدن زمین و تخریب لایه ازن و موارد زیست محیطی دیگر باعث شد تا کشورهای دنیا در صدد مبارزه با موارد مخرب زیست محیطی بر آیند. که از جمله این تلاشها می توان به پیمان کیوتو ژاپن اشاره کرد. فاکتور اقتصادی تا سال ۲۰۰۶ از جمله فاکتورهای مهم در جلو گیری از فرا گیر شدن استفاده از سیستم های جذبی بوده است . اما افزایش چشمگیر قیمت جهانی انرژی و نفت تا مرز ۱۴۰ دلار در سال ۲۰۰۸ از یک سو و همچنین باز نگری در عمل به تعهدات کشورها در قبال پیمانهای بین المللی در زمینه زیست محیطی به دلیل تاثیر مخرب استفاده از CFC ها و تولید $CO_2$ ، نوید فرا گیر شدن استفاده از سیستمهای جذبی خورشیدی را می دهد. این امر تحقیقات بیشتر در جهت به کار گیری انواع کلکتورها در جهت بهبود عملکرد و کاربردی کردن بیشتر این سیستمها را می طلبد .

از مزایای فوق العاده سیستم جذبی خورشیدی ، قابلیت استفاده از انرژی های نو از قبیل زمین گرمایی و انرژی خورشیدی است . تولید برودت با استفاده از سطح پایینی از انرژی و همچنین تطابق روند نیاز به برودت در فصل تابستان و روند تولید حرارت از تابش خورشید، از دیگر مزایای این سیستم به شمار می آید. کاهش میزان تقاضای انرژی الکتریکی و استفاده مستقیم از انرژی خورشید نیز جزء مزایای دیگر این سیستم محسوب می شود.

---

۱. Solar absorption system
۲. Geo thermal energy
۳. Reciprocating refrigeration system

در سیستم تبرید جذبی از فریونها استفاده نمی شود و سیال مبرد استفاده شده در این سیستمها برای محیط زیست کاملا بی خطر است . سیال در این سیستمها ترکیبی از برماید لیتیوم و آب و یا ترکیبی از آمونیاک و آب است . در سیستم لیتیوم برماید و آب ، آب مبرد است و در سیستم آمونیاک وآب ، آمونیاک به عنوان مبرد استفاده می شود . سیستمهای جذبی به طور عمده از چهار قسمت اصلی تبخیر کننده[۴] ، تقطیر کننده[۵] ، تولید کننده[۶] وجذب کننده[۷] تشکیل می شوند . در سیستمهای تراکمی مبرد توسط فشار ایجاد شده کمپرسور از تبخیر کننده به سمت تقطیر کننده هدایت می شود اما در سیستمهای جذبی مبرد به وسیله ماده جاذب از تبخیر کننده به سمت تقطیر کننده هدایت می شود.

محلول مبرد پس از افزایش دما و جوشیدن در داخل تولید کننده فشار آن بالا رفته و بخار می شود، مبرد بخار شده در داخل تولید کننده به سمت تقطیر کننده حرکت کرده و پس از افت حرارت و کاهش دما در تقطیر کننده تقطیرشده و با عبور از شیر انبساط از قسمت فشار بالای سیستم وارد تبخیر کننده یا همان قسمت فشار پایین سیستم می شود و با این افت فشار دمای آن کاهش می یابد. در تبخیر کننده مبرد گرما را از محیط اطراف دریافت کرده و خود تبخیر می شود و به این ترتیب فرآیند تولید سرما اتفاق می افتد . سپس مبرد با افزایش دما وارد جذب کننده می شود . در داخل جذب کننده ماده جاذب که در اینجا لیتیوم برماید است، مبرد یا همان آب را به خود جذب کرده و محلول مبرد از جذب کننده به سمت تولید کنندهدایت می شود و این سیکل به همین ترتیب ادامه می یابد . در این سیکل یک پمپ برای هدایت محلول از جذب کننده به سمت تولید کننده وجود دارد و معمولا یک مبدل حرارتی در مسیر بین تقطیر کننده و تبخیر کننده تعبیه می شود که باعث باز یافت حرارت و افزایش راندمان سیکل خواهد شد .

سیستمهای جذبی لیتیوم برماید و آب در مقایسه با سیستمهای جذبی آب و آمونیاک عملکرد بهتری دارند اما به دلیل استفاده آب در این سیستمها خطر کریستاله شدن و توقف عملکرد سیستم در دماهای خیلی پایین وجود دارد که یکی از معایب این سیستم به شمار می آید. از سیستمهای آمونیاکی در کاربردهای بزرگ صنعتی برای مواردی که دمای خیلی پایین مورد نیاز است استفاده می شود . در سیستم آب آمونیاک در شرایطی که تقطیر کننده و جذب کننده به ترتیب با هوا و آب خنک شوند محدوده دمای تولید کننده به ترتیب در حدود ۱۲۵ °C تا ۱۷۰ °C و ۹۵ °C تا ۱۲۰ °C است. سیستم جذبی لیتیوم برماید و آب در محدوده دمایی ۷۵°C تا ۹۵ °C دمای تولید کننده، عملکرد خوبی را نشان می دهد[ ۲۹و۳٤] که ضریب عملکرد

---

۴. Evaporator
۵. Condenser
۶. Generator
۷. Absorber

(COP[٨]) آن بین ٠/٦ تا ٠/٨ متغیر است . از جمله معایب این سیستم می توان به عدم استفاده از ایـن سیـستم در دماهـای خیلی پایین اشاره کرد . اما در قیاس با سیستم آمونیاک و آب ، ساده تر و از قیمت پـایین تـری برخـوردار اسـت. در مقابـل سیستم آمونیاک و آب پیچیده تر و گران تر است واستفاده از رکتیفایر ضروری است.

چیلرهای جذبی متداول در زمینه تهویه مطبوع بیشتر از نوع لیتیوم برماید و آب هستند . بخار یا آب داغ و یا شـعله مـستقیم از منابع تأمین انرژی این چیلر ها هستند. این چیلرها اغلب در دو نوع یک اثره[٩] و دو اثره[١٠] طراحی شده اند و از بین ایـن دو نوع ، چیلر جذبی تک اثره بیشتر دارای مصارف خانگی است که آب سرد ٦ °C تا ٧ °C را تولید می کند.

محدوده دمایی تولید کننده در این نوع بین ٨٠ °C تا ١٥٠ °C است. چیلر جذبی دو اثره در قیاس با نوع تـک اثـره دارای دو مرحله تولید کننده است که محدوده دمایی آن در تولید کننده بالایی به ١٥٥ °C تا ٢٠٥ °C می رسد. نوع دو اثـره از COP بالا تری نسبت به نوع تک اثره ، در حدود ٠/٩ تا ١/٢ [١٩] برخوردار است . اما نوع دو اثره دارای پیچید گیهایی اسـت کـه باعث گران بودن آن نسبت به نوع تک اثره می شود.

سیستمهای سرمایشی تراکمی دارای ضریب عملکرد بالا تری نسبت به نوع جذبی هستند و البته به سطح بـالا تـری از انـرژی نیاز دارند که مصرف انرژی را در این سیستمها بالا برده است. تا کنون نیاز مصارف تهویه مطبوع بیشتر با چیلرهـای تراکمـی پاسخگویی شده است ، اما اخیراً به دلیل تولید انبوه و کاهش هزینه اولیه این چیلرها استفاده از سیستم جـذبی بـه جـای نـوع تراکمی رشد چشمگیری داشته است. نیاز به سطح پایین انرژی در این چیلرها باعث صرفه جویی قابـل تـوجهی در مـصرف انرژی برق می شود ، اضافه بر این سیستمهای جذبی قابلیت استفاده از انرژیهای تجدید پذیر را نیز دارد و می تواند انرژیهای اتلافی را به عنوان منبع انرژی خود مورد استفاده قرار دهد. استفاده از منبع انرژی خورشید توسـط سیـستم جـذبی منجـر بـه معرفی سیستم جذبی خورشیدی شده است . تا کنون تحقیقاتی در این زمینه و بر روی سیـستم جـذبی خورشـیدی صـورت پذیرفته است . انرژی مورد نیاز سیستم جذبی خورشیدی توسط کلکتورها تأمین می شود. کلکتورها دارای انوع گوناگونی از جمله صفحه تخت ، لوله خلئی ، صفحه خلئی ، سهموی مرکب و سهموی خطی هستند. در تحقیقات صورت گرفته و حتی در بین نمونه های ساخته شده از بین انواع مختلف کلکتور ، کلکتورهای صفحه تخت عمدتاً برای جذب انـرژی خورشـیدی در سیستمهای جذبی خورشیدی استفاده شده است به خصوص زمانی که چیلر مورد نظر از نوع تک اثره باشد. این کلکتورها در محل مورد نظر به صورت ثابت نصب می شوند و البته برای جذب بیشتر انرژی با توجه به موقعیت جغرافیایی محل مورد

٨. Coefficient of performance
٩. Single effect
١٠. Double effect

استفاده ، با زاویه ای نسبت به افق نصب می شوند. این زاویه تقریباً برابر با عرض جغرافیایی[11] محل مورد نظر می باشد[۲۱]. مقایساتی بین کلکتورها صورت پذیرفته که هر کدام دارای مزایا و معایب خاص خود می باشند. در کلکتورها ضریبی تحت عنوان ضریب تمرکز تعریف می شود که برابر با نسبت سطح دریافت کننده انرژی به سطح جذب کننده انرژی می باشد. کلکتورهای صفحه تخت و لوله خلئی و صفحه خلئی دارای ضریب تمرکزی برابر با یک هستند و اتلافات انرژی در این کلکتورها بالا است[۱۱]. اما کلکتورهای سهموی دارای ضریب تمرکز بالا تری هستند و به همین دلیل اتلافات حرارتی در این نوع کلکتورها کمتر است و مدت زمان رسیدن دمای سیال به دمای مناسب جهت شروع به کار سیستم در این کلکتورها به ویژه کلکتور سهموی خطی کم است. در میان کلکتورهای سهموی کلکتور سهموی خطی دارای ضریب تمرکز بالاتری نسبت به سهموی مرکب است و دارای تجهیزاتی برای رد یابی نور خورشید است اما این تجهیزات سیستم را پیچیده تر کرده وهزینه اولیه و همچنین هزینه تعمیر و نگه داری را به مقدار خیلی زیاد افزایش می دهد و سیستم را غیر کاربردی می کند و از طرفی باعث افزایش اتلافات حرارتی می شود[٦]. در بررسی های صورت پذیرفته کلکتورهای لوله خلئی و سهموی مرکب عملکرد تقریباً یکسانی را نشان داده اند.

در سیستم جذبی خورشیدی برای پایداری سیستم یک تانک ذخیره حرارتی طراحی و در نظر گرفته شده است که انرژی مازاد بر مصرف را برای مواقعی که تابش وجود ندارد و یا انرژی بیشتری مورد نیاز است ذخیره می کند. آب در داخل تانک ذخیره نباید بخار شود به همین دلیل دمای زیر ۱۰۰ °C مورد نیاز است . به این ترتیب کلکتورهای صفحه تخت به راحتی جوابگوی نیاز سیستم هستند . کلکتورهای سهموی خطی قابلیت رساندن سیال را به دمای ۳۰۰ °C تا ٤۰۰ °C دارند که گزینه مناسبی برای سیستم های جذبی دو اثره محسوب می شوند که معمولا به دمایی بالا تر از ۱۵۰ °C نیاز دارند. البته در اینجا از روغن به عنوان سیال عامل استفاده می شود.

در تحقیقات صورت پذیرفته در زمینه سیستمهای جذبی خورشیدی ، اغلب یا به صورت ترمودینامیکی شبیه سازی شده اند ویا به صورت مدلی آزمایشگاهی شبیه سازی شده اند و[۱۰و۱۸و۲۸].در بعضی از موارد دیگر نیز نمونه ای از آنها ساخته شده اند و تأثیر پارامترها ی گوناگون در عملکرد سیستم بررسی و ارزیابی شده است[۲۹و۳٤] .در سه قسمت اصلی سیستمهای جذبی یعنی تبخیر کننده ، تقطیر کننده و محفظه جذب کننده به نوعی مبدلهای حرارتی به صورت آرایشی از لوله ها وجود دارد که با توجه به پیچیدگیهایی که در فرآیند انتقال حرارت در این سه قسمت وجود دارد هنوز روابط انتقال حرارتی مشخصی برای آنها ارائه نشده است. و معدود شبیه سازیهایی که به صورت انتقال حرارتی برای یکی از اجزاء

۱۱.Latitude angle

صورت گرفته عمدتاً به صورت آزمایشگاهی بوده و هنوز روابط کلی و جامعی برای آنها ارائه نشده است[۳۲]. به همین ترتیب با توجه به روابط ترمودینامیکی جامعی که برای تک تک اجزاء سیستم جذبی و به تبع آن برای کل سیستم وجود دارد مدل ترمودینامیکی مدلی متداول و دقیق است که می تواند برای شبیه سازی و بررسی تأثیر پارامترها ی مختلف حاکم بر سیستم بر روی عملکرد کل سیستم استفاده شود.

**۱-۲- مطالعه کارهای گذشته**

در تحقیقی که دکتر Tomas Nunez [۱۵] از موسسه انرژی خورشیدی Fraunhofer انجام داد مشخص شد که حدود ۷۰ عدد از سیستم سرمایش خورشیدی تا سال ۲۰۰٦ در اروپا نصب و مورد بهره بنرداری قرار گرفته است که حدود $۱٦٦۰۰ m^2$ سطح کل کلکتورها و ۵/۹ mw مجموع ظرفیت تبرید آنها بوده است . بزرگترین این سیستمها مربوط به تهویه مطبوع خط تولید یک کارخانه ای در آتن می باشد که حدود $۲۷۰۰ m^2$ سطح کلکتور آن و حدود ۷۵۰kw ظرفیت تبرید این سیستم بوده است.

از دیگر نمونه های ساخته شده نمونه ای است در سواحل مدیترانه در کشور ترکیه که برای تهویه مطبوع و همچنین تولید بخار در یک هتل مورد بهره برداری قرار گرفته است. نوع کلکتور استفاده شده در این سیستم سهموی خطی بوده و از چیلر جذبی دو اثره استفاده شده است که ضریب عملکردی حدود ۱/۲ تا ۱/۵ را نشان داده است . میزان مساحت کلکتور حدود ۱۸۰ متربع و دمای شروع عملکرد آن $۱۸۰ ^{o}C$ است.

نمونه ای دیکر در فرانسه طراحی و مورد استفاده قرار گرفته است. ظرفیتی حدود ۵۳ kw داشته که آب سرد لازم برای سه عدد یونیت با مجموع ظرفیت $۲۵۰۰۰ m^3/hr$ را برای یک کارخانه صنایع غذایی تأمین می کند. نوع کلکتورها لوله خلئی بوده و مساحتی حدود $۱۳۰ m^2$ داشته و دارای تانک ذخیره ای برابر با $۱ m^3$ است.

V.MITTAL و K.S.KASANA و N.S.TAKUR [۳۵] عملکرد یک سیستم جذبی خورشیدی به ظرفیت ۱۰/۵ kw را توسط یک برنامه شبیه سازی برای روستایی در شهر هاریانا مورد ارزیابی و بررسی قرار دادند. نوع کلکتورها صفحه تخت و چیلر این سیستم از نوع لیتیوم برماید – آب تک اثره در نظر گرفته شده است که تأثیر دمای ورودی و سطح کلکتور بر عملکرد سیستم مورد ارزیابی قرار گرفته است.بررسی ها نشان داد که در دماهای ثابت تبخیر کننده $۷^{o}C$ و تقطیر کننده

°C ۳۳ سیستم در محدوده دمایی °C ۸۰ تا °C ۹۵ دمای تولید کننده، ضریب عملکردی بین ۰/۷۲ تا ۰/۷۸ خواهد داشت.همچنین در این تحقیق تغییر مساحت کلکتور با تغییر دمای شروع عملکرد مورد بررسی قرار گرفت.

Assilzadeh و Kalogirou و Sopian [۱۱] یک سیستم جذبی لیتیوم برماید خورشیدی را با کمک نرم افزار TRANSYS شبیه سازی و بهینه سازی کردند.کلکتورهای مورد استفاده از نوع لوله خلئی انتخاب شدند.نتیجه نشان داد که به ازای هر ۳/۵ تن تبرید برای شرایط آب و هوایی مالزی به $۳۵ m^2$ سطح کلکتور با شیب ۲۰ درجه نیاز است.حجم $۰/۸ m^3$ نیز برای تانک ذخیره این سیستم در نظر گرفته شده است.

در تحقیقی توسط Liu وWang [۳۸] یک سیستم جذبی لیتیوم برماید دو اثره خورشیدی با استفاده از انرژی کمکی برای مصارف تهویه مطبوع در تابستان و گرمایش فضا در زمستان مورد بررسی اقتصادی قرار داده شده است .برای این سیستم تانک ذخیره در نظر گرفته شده و آب از داخل تانک ذخیره راهی تولید کننده فشار پایین سیستم می شود . نتایج نشان داد که این سیستم از نظر اقتصادی به صرفه بوده است.

Al-daini و Elsafty [۱۷] ، مقایسه ای را بین سیستم تراکمی و جذبی خورشیدی در خاور میانه انجام دادند سیستم جذبی لیتیوم برماید تک اثره و دو اثره با سیستم تراکمی مقایسه شدند . نتایج نشان داد که برای یک بیمارستان پنج طبقه در شهر اسکندریه در کشور مصر با توجه به هزینه های اولیه و هزینه های سالیانه سیستم جذبی خورشیدی دو اثره مناسبتر می باشد همچنین از نظر زیست محیطی کاملا مناسب می باشد .

Florides و Kalogirou وTassou وWrobel [۱۹] سیستمی جذبی را برای قبرس مدل سازی کردند که نیاز حرارتی و برودتی یک خانه ۱۹۶ متری را در طول سال تأمین می کند . برای مدل سازی و شبیه سازی از نرم افزار TRANSYS و داده های آب و هوایی یک سال در شهر نیکوزیا استفاده کردند. در این تحقیق سه نوع کلکتور صفحه تخت ، لوله خلئی و سهموی مرکب ، یک تانک ذخیره عایق کاری شده ،یک بویلر و یک سیستم جذبی تک اثره لیتیوم برماید با ظرفیت اسمی ۶۵۰۰۰kj/hr در نظر گرفته شده است.نتایج نشان می دهد که کلکتور سهموی مرکب به مساحتی برابر با $۱۵ m^2$ با شیب ۳۰ درجه نسبت به افق و دمای تنظیم شده °C ۸۷ با تانک ذخیره $۰/۶ m^3$ نیاز دارد. بویلر زمانی کار می کند که دمای تانک به زیر دمای تنظیم شده برسد. مشخص شد که کلکتورهای سهموی مرکب نتیجه بهتری را نشان دادند و کلکتور لوله خلئی نتیجه نزدیکی در قیاس با کلکتور صفحه تخت به کلکتورهای سهموی مرکب نشان داد. بر آوردهای اقتصادی آنها نشان داد که در آینده ای نزدیک با توجه به افزایش قیمت سوخت این سیستمها کاملا اقتصادی و قابل رقابت هستند و از نظر زیست