اولین کنفرانس انرژی های تجدیدپذیر و تولید پراکنده ایران
The First Iranian Conference on Renewable Energies and Distributed Generation
ICREDG 2010

بررسی استفاده از انرژی خورشیدی در سیستمهای تهویه مطبوع با توجه به اقلیم ایران

امیر حسین‌زاده[1*]، فرشاد فرشچی تبریزی[2]

چکیده - بخش قابل توجهی از انرژی الکتریکی تولیدی در ماههای گرم به مصرف سیستمهای تهویه مطبوع می‌رسد که این امر باعث بروز مشکل مصرف شدید برق در برخی ساعات شبانه روز در کشور می‌گردد. با توجه به اختصاص بخش عمده‌ای از تولید برق به سوختهای فسیلی و همچنین وجود پتانسیل بالا برای استفاده از انرژی خورشیدی در ایران، استفاده از فرایندهای تهویه مطبوع خورشیدی گزینه مناسبی برای جلوگیری از بروز مشکلات ناشی از مصرف سوختهای فسیلی و افزایش صادرات نفت و گاز خواهد بود. لذا شناخت فناوریهای موجود برای استفاده از انرژی خورشیدی و استفاده از نتایج تحقیقات انجام شده در دیگر کشورها، که مرور کوتاهی بر جدیدترین آنها در مقاله حاضر انجام شده است، کمک شایانی به پیشبرد این مهم خواهد داشت.

***واژه‌های کلیدی*- انرژی خورشیدی، تهویه مطبوع، سوختهای فسیلی، گردآورنده خورشیدی**

1- مقدمه

استفاده از وسایل تهویه مطبوع در ایران، با توجه به آب و هوای غالبا گرم آن، در سطح بالایی قرار دارد. برخی مناطق ایران 8 ماه از سال را در گرمای نسبتا طاقت فرسا به سر می‌برند. بعلاوه، بالا رفتن استانداردهای زندگی و کاری باعث شده تا نیاز به تجهیزات تهویه مطبوع در دیگر نواحی، که از آب و هوای معتدل‌تری برخوردارند نیز احساس گردد. بنابراین بخش قابل توجهی از انرژی الکتریکی در ماههای گرم به مصرف سیستمهای تهویه مطبوع می‌رسد که این امر باعث بروز مشکل مصرف شدید برق در برخی ساعات شبانه روز می‌گردد. مصرف بیش از حد انرژی الکتریکی باعث استفاده از سوختهای تجدید ناپذیر فسیلی، برای تبدیل به برق خواهد شد که این فرایند خود مشکلاتی به همراه داشت. اول آنکه استفاده از سوختهای فسیلی برای تولید برق در آینده‌ای نه چندان دور، مقرون به صرفه نخواهد بود. در حال حاضر قیمت هر بشکه نفت در حدود 70 دلار و هر متر مکعب گاز حدود 0/28 دلار می‌باشد که تا چند ماه پیش این قیمتها به ترتیب 130 و 0/42 دلار بودند [1] . همچنین استفاده از سوختهای فسیلی باعث بالا رفتن سطح آلاینده‌ها در هوا و همچنین تولید گازهای گلخانه‌ای و تشدید پدیده گرم شدن زمین خواهد شد. سوزاندن هر کیلوگرم گاز طبیعی 2/6 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن تولید می‌نماید. تولید دی‌اکسیدکربن در ایران نیز افزایش فوق‌العاده‌ای پیدا کرده و از سال 1980 تا 1998، رشد 240 درصدی داشته است [2] . همچنین، بصورت خاص، استفاده از مبردهایی مانند CFC و HCFC در فرایندهای خنک‌سازی تراکم بخار، باعث تسریع در فرایند نازک‌شدن لایه اُزون گردیده است.

استفاده از فرایندهای تهویه مطبوع خورشیدی (به خصوص سیستمهای جذبی) گزینه مناسبی برای جلوگیری از بروز مشکلات مشروح خواهد بود. انرژی خورشیدی انرژیی پاک، رایگان و فراوان بوده و در مورد فرایندهای خنک‌سازی، همزمانی نیاز به انرژی مصرفی بیشتر برای خنک‌سازی و تابش شدید خورشید، استفاده از انرژی خورشیدی در سیستمهای تهویه مطبوع را جالب توجه‌تر نموده است.

در ادامه به بررسی وضعیت انرژی خورشیدی و الکتریکی در ایران و سپس تشریح فرایند خنک‌سازی خورشیدی و نمونه‌هایی از آن خواهیم پرداخت.

2- تولید و مصرف انرژی الکتریکی در ایران

* عهده‌دار مکاتبات

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه سیستان و بلوچستان (cheengid83@yahoo.com)

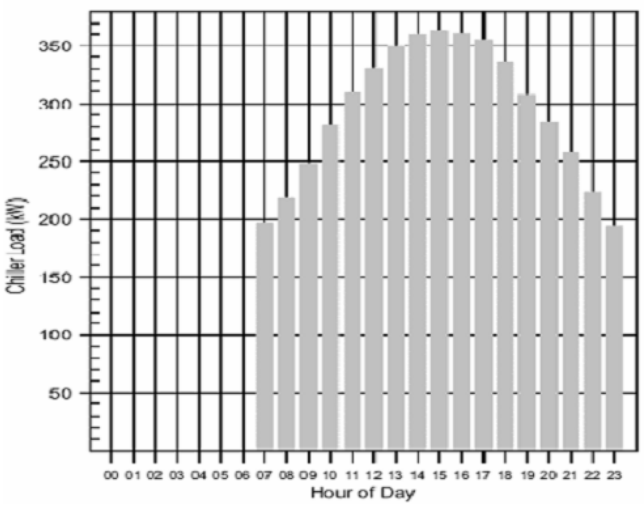
[2] استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشگاه سیستان و بلوچستان (farshchi@eng.usb.ac.ir)

بخش عمده‌ای از تولید برق در ایران به سوختهای فسیلی اختصاص دارد. در واقع 84 درصد از مجموع 41GW ظرفیت تولید الکتریسیته در ایران در سال 2005 مختص نفت و گاز بوده و بقیه به منابع دیگر مربوط می‌شود. همچنین 80 تا 90 درصد از کل انرژی الکتریکی تولیدشده در ایران بین سالهای 1984 تا 2006 به مصارف مختلف از جمله مصارف صنعتی، خانگی، کشاورزی و ... رسیده‌است [3] . در جدول 1 سهم هر یک از این مصرف‌کنندگان مشخص گردیده‌است.

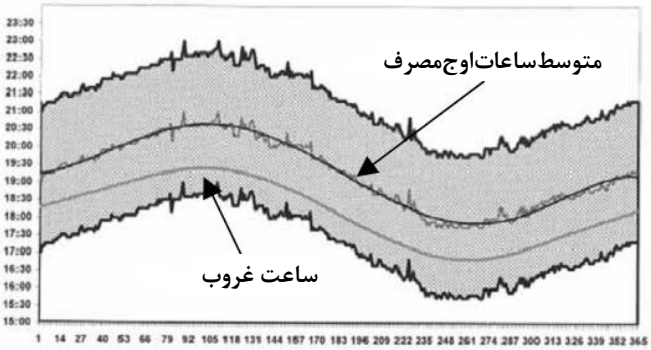
جدول1-نوع و میزان مصرف در ایران

میزان مصرف(%)	مصرف کننده
35	خانگی
32	صنعتی
13	عمومی
7	تجاری
10	کشاورزی
3	سایر

بخش عمده‌ای از برق مصرف شده در خانه‌ها مربوط به سیستمهای تهویه مطبوع بوده [4] و بقیه به مصرف وسایلی مانند رایانه، سماور برقی، یخچال، آسانسور و ... می‌رسد. برای درک بهتر از سهم سیستمهای تهویه مطبوع از مصرف برق، می‌توان به بررسی بخش تجاری پرداخت. میزان برق مصرفی سیستم تهویه مطبوع یک مرکز خرید در تهران در شکل 1 آمده‌است. زمان غروب خورشید نیز به عنوان تابعی از روزهای سال در شکل 2 قابل مشاهده است، در حالیکه خطوط دیگر، دامنه و متوسط ساعات اوج مصرف را نشان می‌دهد. آنچنانکه در این شکل مشخص است، غروب خورشید در تهران اندکی زودتر از متوسط ساعات اوج مصرف رخ می‌دهد. با توجه به این مطلب و مقایسه با شکل 1، می‌توان دریافت که بخش بزرگی از این مصرف، مربوط به وسایل تهویه مطبوع می‌باشد [5] .



شکل1-مصرف برق یک مرکز خرید در تهران[5]

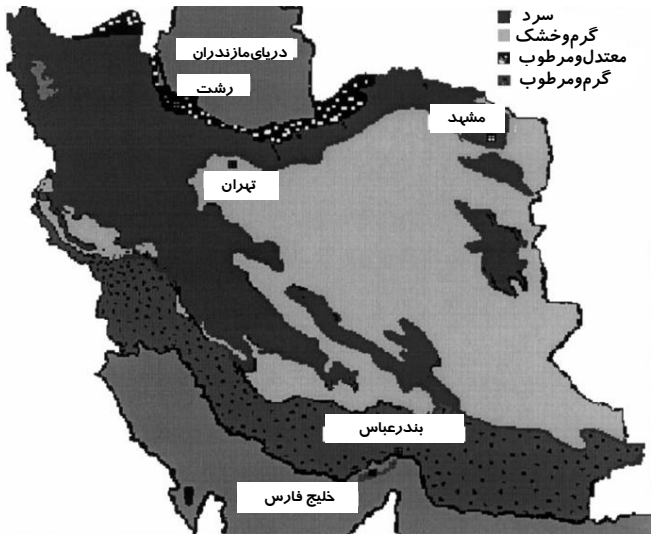


شکل2-بازه زمانی اوج مصرف و ساعت غروب[5]

3- وضعیت آب‌وهوا و انرژی خورشیدی در ایران

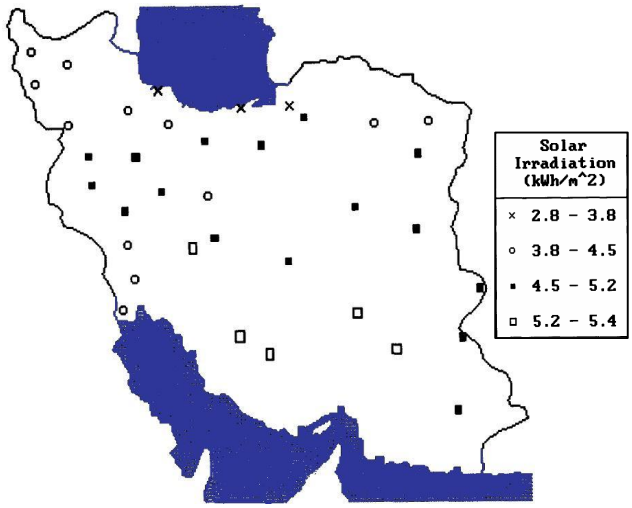
شرایط جوی ایران وضعیت جالب‌توجهی دارد. در زمستان در اکثر مناطق شمال‌غربی و غرب ایران، بارش برف زیاد و متوسط دمای هوا بسیار پایین است. با این حال ممکن است در نقاط جنوبی هنوز از وسایل خنک‌کننده برای پایین آوردن دمای داخلی ساختمان استفاده گردد.

به طور کلی می‌توان ایران را به چهار ناحیه آب و هوایی گرم و خشک، گرم و مرطوب، معتدل مرطوب و سرد تقسیم نمود [6] . نقشه آب و هوایی ایران در شکل 3 آمده است.



شکل3-نقشه آب‌وهوایی ایران[6]

ایران در ردیف غنی‌ترین کشورها از نظر برخورداری از انرژی‌خورشیدی محسوب شده و از لحاظ جغرافیایی بر روی کمربند خورشیدی قرار گرفته است. 240 تا 250 روز در طول سال را روزهای آفتابی به خود اختصاص داده‌اند [6] . 80% از مساحت ایران را مناطقی به خود اختصاص داده‌اند که متوسط تابش خورشید در آنها بین 4/5 تا 5/4 کیلووات‌ساعت بر هر مترمربع می‌باشد [7] که این مهم نشان از وجود پتانسیل بالا برای استفاده از انرژی خورشیدی در سطح کشور دارد. شکل 4 توزیع تابش متوسط روزانه را در نقاط مختلف کشور نشان می‌دهد.



شکل4-متوسط سالانه تابش روزانه در ایران[7]

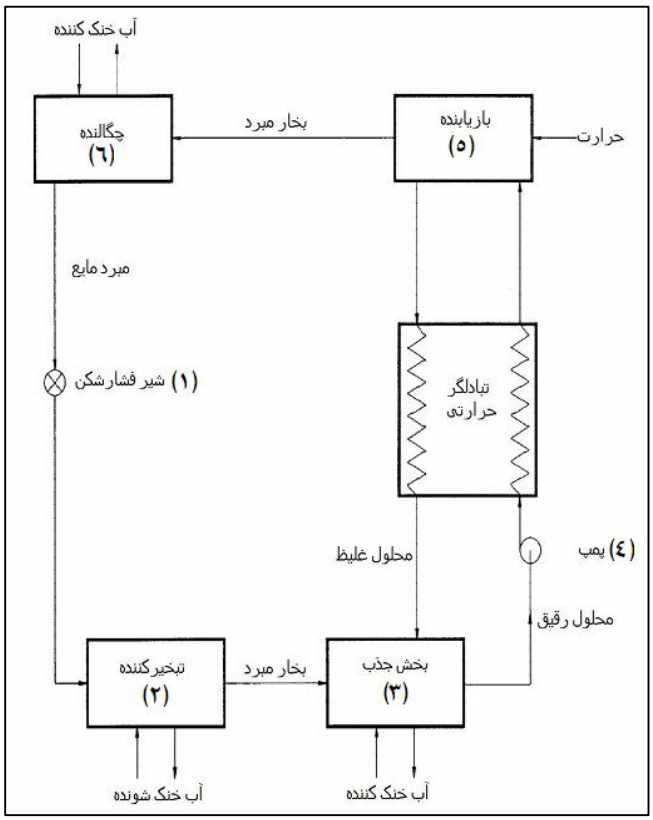
4- پیشینه و چگونگی انجام فرآیند خنک سازی

فرایند تهویه مطبوع جذبی در کنار سیستمهای تراکم بخار از جمله مهمترین فرایندهای خنک‌سازی به حساب می‌آیند. فرایندهای جذبی خود به دو دسته تقسیم می‌گردند: 1- فرایندهای جذب‌سطحی (توسط‌جامد)، 2- فرایندهای جذب (توسط مایع). اساس عملکرد برای هر دو گروه تقریبا یکسان است. تنها تفاوت در سیال مبرد و همچنین طریقه حرکت جاذب می‌باشد که برای جذب به صورت پیوسته و برای جذب‌سطحی به صورت ناپیوسته است.

تاریخچه استفاده از پدیده جذب برای خنک‌سازی به سال 1884 باز می‌گردد. در این سال فارادی از جذب آمونیاک برروی $AgCl_2$ برای خنک‌سازی استفاده نمود. در دهه 1920، هالس یخچالی را برای استفاده در قطار طراحی کرد که از زوج سیلیکاژل/SO_2 در آن استفاده شده بود و دمای تبخیری در حدود -12^0C داشت. در این سیستم از پروپان برای تولید گرمای لازم جهت بازیافت جاذب و ازهوا برای خنک‌کردن جاذب هنگام انجام فرایند استفاده می‌شد. در سال 1929، پلانک و کاپریانوف سیستمی را ارائه دادند که از که از زوج کربن فعال و متانول برای تبرید استفاده استفاده می‌نمود [8] .

با ظهور مبرد CFC در دهه 1930، فن‌آوری خنک‌سازی تراکم بخار پیشرفت چشمگیری پیدا کرد و خنک‌سازی جذبی دیگر توانایی رقابت با آن را نداشت. اما در دهه 1970 با بروز بحران جهانی انرژی، بار دیگر توجهات به سوی سیستمهایی که کمتر از سوختهای فسیلی استفاده می‌کردند، از جمله سیستمهای خنک‌سازی جذبی، جلب شد. همچنین در دهه 1990، تخریب لایه اوزون و نیز گرم شدن زمین، بار دیگر کفه ترازو به سمت سیستمهای جذبی، که از مبردهای CFC و HCFC در آنها استفاده نمی‌شد و اکثرا برای کارکردن نیاز به سوخت‌های فسیلی نداشتند، سنگین شد.

فرایند جذب برای تولید سرما، از چرخه‌ای که شامل دو مرحله است، تشکیل می‌شود. این دو مرحله عبارتند از: 1- واکنش جذب، 2- بازیابی جاذب. باتوجه به شکل 5 چرخه از آنجا آغاز می‌شود که سیال مبرد تحت فشار، از چگالنده و با عبور از شیر فشارشکن(1) به داخل تبخیرکننده با فشار پایینتر(2) ریخته شده و در مخزن آن جمع می‌شود. به علت فشار پایین، قسمتی از سیال تبخیرشده و به سمت قسمت جذب(3) که فشار پایینتری نسبت به تبخیرکننده دارد، می‌رود. در این قسمت بخار مبرد به وسیله جاذب، جذب می‌گردد که این عمل باعث بوجودآمدن یک جریان پیوسته از تبخیرکننده به قسمت جذب می‌گردد. گرمای تولید شده در قسمت جذب، که شامل گرماهای انحلال و میعان می‌باشد، به آب منتقل شده و در برج خنک‌کننده رها می‌شود. در این حال، همچنانکه جاذب، مبرد را در خود حل می‌کند، رقیق‌تر شده و توانایی خود برای جذب بیشتر مبرد را از دست می‌دهد. تغلیظ دوباره‌ی جاذب با پمپ کردن مداوم آن(4) به سمت بازیابنده(5) تحقق می‌یابد. در بازیابنده به محلول رقیق گرما داده می‌شود تا با جوشش آن، مبرد از جاذب جدا شود. جاذب پس از طی این مرحله، به بخش جذب بازگردانیده می‌شود. پس از جداشدن از جاذب، بخار مبرد به چگالنده(6) می‌رود و با انتقال گرمای میعان به آب خنک‌کننده به حالت مایع باز می‌گردد. سپس مبرد به دبی‌سنج می‌رود و چرخه را کامل می‌نماید [9] .



شکل5-چرخه خنک‌سازی جذبی[9]

در این نوع سیستمها، مبرد از چرخه خارج نمی‌شود و همواره در حال گردش در سیستم است. شکل دیگری از سیستمهای تبرید نیز وجود دارند که اکثرا از آب به عنوان مبرد در آنها استفاده می‌گردد و مبرد پس از طی چرخه از سیستم خارج شده و جای خود را به سیال تازه می‌دهد. به این دو نوع سیستم به ترتیب سیستم بسته و باز گفته می‌شود. در سیستمهای تهویه مطبوع تراکمی، کمپرسور نقش بخش‌های جذب، احیا و تبادل‌گر حرارتی را ایفا می‌نماید.

در میان سیالات مرسوم، آب بیشترین کاربرد را در سیستمهای جذبی به عنوان مبرد داراست. علت این امر، ارزانی و حلالیت مناسب آن در تعداد زیادی از جاذب‌ها می‌باشد. در جدول 2 انواع انواع جفت‌های مبرد-جاذب مشخص گردیده‌اند.

جدول2- جفتهای مبرد-جاذب

جاذب	مبرد
نمک‌ها آلکیل هالیدها آلکیل نیترات‌ها آلکیل تیوسیانات‌ها LiBr $LiClO_3$ $CaCl_2$ $ZnCl_2$ ZnBr بازها آلکیل هیدروکسیدها اسیدها H_2SO_4 H_3PO_4	آب
آب آلکیل تیوسیانات‌ها	NH_3
NMP E181 DMF	TFE
حلالهای آلی	SO_2

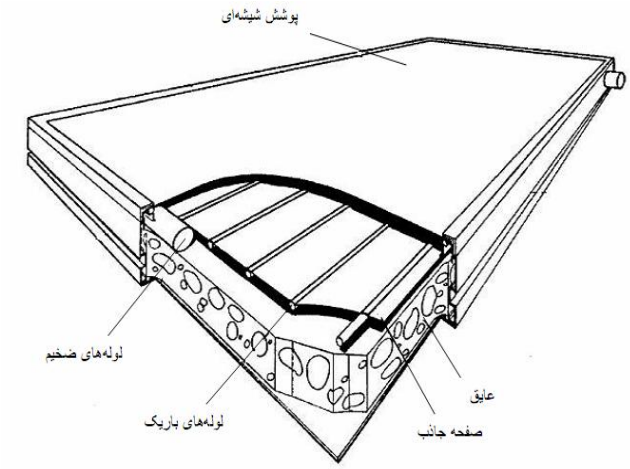
5- فن‌آوری‌های خورشیدی

آنچنانکه در تشریح فرایند خنک‌سازی آمد، سیستمهای جذبی برای بازیافت جاذب به گرما و سیستمهای تراکم بخار برای استفاده از کمپرسور به برق نیاز دارند. هر دو صورت این انرژی را می‌توان از خورشید تامین نمود. اولین مرحله برای به‌کارگیری انرژی خورشیدی، جذب آن به کمک گردآورنده‌هاست. ازمیان انواع گردآورنده‌های خورشیدی مورد استفاده، 3 مورد کاربرد وسیعتری در فرایندهای خنک‌سازی خورشیدی دارند که در این قسمت معرفی می‌شوند.

5-1 گردآورنده‌های صفحه تخت[1]

نمونه‌ای از یک گردآورنده صفحه تخت در شکل 6 دیده می‌شود. آنچنانکه مشخص است، وقتی تابش خورشید از پوشش شفاف عبور می‌کند و به سطح جاذب با ضریب جذب بالا برخورد می‌نماید، بخش اعظمی از انرژی آن توسط صفحه، جذب و سپس به سیال عاملِ داخل لوله‌ها منتقل می‌شود تا برای ذخیره یا استفاده به کار گرفته شود. قسمت زیر صفحه جاذب و دیواره‌های کناری به خوبی عایق شده‌اند تا اتلاف ناشی از هدایت را کاهش دهند. لوله‌ها را می‌توان به صفحه جاذب جوش داد و یا می‌توانند جزئی از صفحه باشند. این لوله‌ها از بالا و پایین به لوله‌هایی با قطر بزرگتر متصلند.

پوشش شفاف با ممانعت از حرکت لایه هوا مابین صفحه و شیشه باعث کاهش اتلاف ناشی از جابجایی می‌شود. این پوشش همچنین اتلافات ناشی از تابش از گردآورنده را کم می‌کند، چون نسبت به تابشهای دریافتی از خورشید با طول موج کوتاه شفاف است، اما نسبت به تابشهای گرمایی با طول موج بلند تقریبا کدر می‌باشد. [10] .



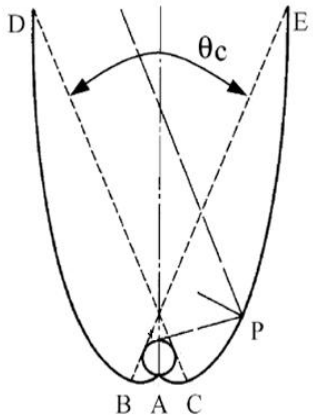
شکل6-یک گردآورنده صفحه‌تخت

5-2 گردآورنده‌های مرکب سهموی[2]

این نوع گردآورنده‌ها می‌توانند تابش ورودی را در گستره وسیعی از زاویه‌ها دریافت کنند. هر اشعه‌ای که از دهانه عبور می‌کند، با چند بازتابش راه خود را به سمت جاذب که در ته گردآورنده قرار دارد، پیدا می‌کند. جاذب می‌تواند اشکال مختلفی داشته باشد. مثلا استوانه‌ای (شکل7) ویا تخت باشد. در گردآورنده نشان داده شده در شکل 7 قسمت پایین بازتابنده (AB,AC) به

[1] Flat Plate Collector
[2] Compound Parabolic Collector

صورت دایره‌ای است. در حالیکه قسمت بالایی (BD,CE) سهموی می‌باشد. معمولا دهانه این گردآورنده‌ها برای جلوگیری از ورود گرد و غبار و دیگر مواد با شیشه پوشانده می‌شود تا قدرت بازتابندگی پایین نیاید. برای این نوع گردآورنده زاویه پذیرش[1] (θ_c) بصورت زاویه‌ای که تحت آن یک خط نور می‌تواند وارد گردآورنده شده و خود را به جاذب برساند، تعریف می‌شود. جهت قرار گرفتن یک گردآورنده به θ_c آن بستگی دارد. همچنین بسته به θ_c گردآورنده می‌تواند ردیاب یا ساکن باشد [10] .



شکل7-یک گردآورنده مرکب سهموی

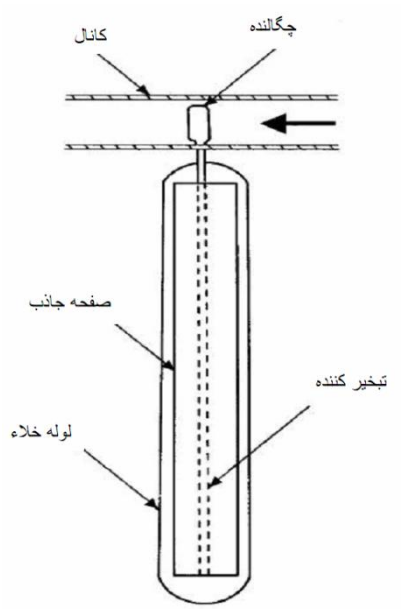
3-5 گردآورنده‌های لوله خلاء[2]

گردآورنده‌های لوله خلاء کارکردی متفاوت با دیگر گردآورنده‌ها دارند. این گردآورنده‌ها ساخته شده از یک لوله‌گرمایی داخل یک لوله خلاء می‌باشند. محفظه خلاء اتلافهای هدایت و جابجایی را از بین می‌برد و باعث می‌شود گردآورنده در دمایی بالاتر از گردآورنده صفحه تخت کار کند. این گردآورنده‌ها از تغییر فاز مایع به بخار برای انتقال حرارت با بازده بالا استفاده می‌کنند. تغییر فاز درون یک لوله‌گرمایی انجام می‌گیرد. این لوله به یک صفحه سیاه رنگ مسی (صفحه جاذب) متصل می‌شود. لوله‌گرمایی حاوی مقداری سیال است که تشکیل یک چرخه تبخیر-چگالش می‌دهد. در این چرخه گرمای خورشید مایع را تبخیر می‌کند. بخار به قسمت چاه گرمایی (چگالنده) می‌رود و گرمای نهان خود را از دست داده و به حالت مایع برمی‌گردد. مایع به قسمت تبخیرکننده بازگشته و این فرآیند ادامه پیدا می‌کند. هنگام نصب، قسمت چگالنده داخل یک تبادل‌گر حرارتی قرار می‌گیرد (شکل 8) [10] .

با توجه به اصول عملیاتی سیستمهای خنک‌سازی جذبی و تراکمی، فن‌آوری‌های خورشیدی قابل استفاده در آنها به شرح زیرند [11]:

- گردآورنده‌های صفحه تخت
- گردآورنده‌های لوله خلا
- گردآورنده‌های بشقابی
- گردآورنده‌های مرکب سهموی
- حوضچه‌های خورشیدی
- سلول‌های فتوولتایی
- سیستمهای ترموالکتریکی (تولید برق از گرما)

نتایج حاصل از پروژه‌ی SACE[3] نشان داد که از 54 سیستم خنک‌سازی خورشیدی در اروپا، 63% از گردآورنده‌های صفحه تخت، 21% از گردآورنده‌های لوله خلاء، و 16% گردآورنده‌های مرکب سهموی استفاده می‌کرده‌اند [12] .



شکل8-گردآورنده لوله خلاء

6- سیستمهای تهویه مطبوع خورشیدی

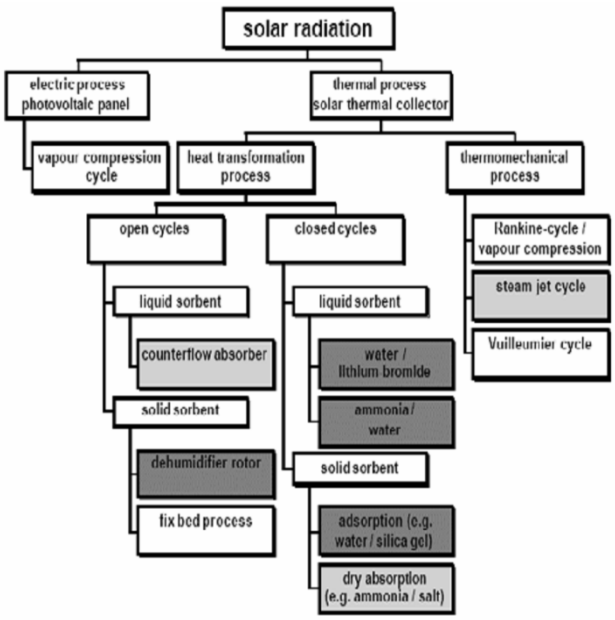
استفاده از انرژی خورشیدی جهت تامین انرژی مورد نیاز سیستمهای خنک‌کننده، خصوصا در ایران، روش بسیار مناسبی برای کاهش استفاده از منابع غیرقابل تجدید انرژی می‌باشد. شیوه‌های متنوعی برای استفاده از انرژی خورشیدی در فرایندهای خنک‌سازی موجود می‌باشد. برای راه‌اندازی دستگاههای تهویه مطبوع در وهله اول باید تابش خورشید را به گرما یا الکتریسیته تبدیل کرد. بر این اساس سیستمهای تهویه خورشیدی به دو دسته‌ی الکتریکی وگرمایی تقسیم می‌شوند. ادامه این دسته بندی در شکل 9 آورده شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود سیستمهای تراکم بخار، در هر دو گروه فرایندهای الکتریکی وگرمایی قرار دارند. البته با در نظر گرفتن مقدار یکسان خنک‌سازی، دستگاههای خورشیدی-مکانیکی، 4 تا 5 برابر گرانتر

[1] Acceptance Angel
[2] Evacuated Tube Collector
[3] Solar Air Conditioning in Europe

از دستگاههای خورشیدی-گرمایی می‌باشند [13] .

هم اکنون، حدود 120 واحد خنک‌سازی خورشیدی در اروپا راه‌اندازی شده است که 60% از این تعداد از فرآیند جذب استفاده می‌کنند [14] و جفت مورد استفاده در این فرایند نیز غالبا جفت آب-لیتیم‌برماید می‌باشد [15].

دامنه دمای مورد نیاز و گردآورنده‌های قابل استفاده در سیستمهای تهویه خورشیدی بسیار متنوع است. مثلا فرایند جذب سطحی به دمایی بین 65 تا 85 درجه سلسیوس نیاز داشته و لذا بیشتر از گردآورنده صفحه تخت و لوله خلاء برای تامین این دما استفاده می‌شود. دامنه دمایی دستگاههای تهویه جذب دو مرحله‌ای بین 130 تا 160 درجه سلسیوس است و برای تامین آن از گردآورنده لوله خلاء با بازده بالا ویا گردآورنده‌های مرکب سهموی با ردیابی، استفاده می‌گردد.



شکل9-دسته‌بندی سیستمهای تهویه خورشیدی[5]

چنانچه گفته شد هم‌اکنون حدود 120 واحد خنک‌سازی خورشیدی در اروپا در حال سرویس دهی می‌باشند. این موضوع نشان می‌دهد که فن‌آوری تبرید خورشیدی هنوز در مراحل اولیه توسعه خود قرار داشته و تکمیل این فرایند نیازمند پژوهش بیشتری است. البته تحقیقات متعددی در این زمینه، بصورت تجربی و شبیه‌سازی انجام شده است. فلوریدز و همکاران یک سیستم تهویه مطبوع جذبی خورشیدی را برای یک خانه در قبرس و شرایط جوی آن کشور به کمک نرم افزار TRANSYS شبیه‌سازی نمودند [16] . بلگوتی وهمکاران از نرم‌افزار TRANSYS برای انتخاب اجزا و اندازه آنها برای ساخت یک سیستم تهویه مطبوع خورشیدی استفاده نمودند [17] . لی و همکاران عملکرد سیستم تهویه خورشیدی با ظرفیت 4/7kw را گزارش کردند که در آن از گردآورنده صفحه تخت با سطح $38m^2$ برای تامین انرژی چیلر جذبی لیتیم‌برماید-آبی استفاده می‌شد [18] . سید و همکاران نتایج حاصل از آزمایش سیستمی که برای خانه‌ای در مادرید طراحی شده بود، گزارش کردند. آب گرم مورد نیاز توسط مجموعه‌ای از گردآورنده‌های صفحه تخت با مساحت $49/9m^2$ تولید و برای استفاده در یک چیلر جذبی تک مرحله‌ای با ظرفیت 35kw، از آن استفاده می‌شد. حداقل دمای آب ورودی برای این سیستم 65^0C گزارش گردید. بیشینه‌ی ضرایب عملکرد لحظه‌ای و روزانه، بترتیب 0/6 و 0/42 بودند [19] . خطاب یک مدل ریاضی برای بهینه و شبیه سازی عملکرد یک دستگاه خنک‌سازی خورشیدی که از جذب سطحی متانول بر روی زغال چوب برای خنک‌سازی استفاده می‌نمود، ارئه کرد [20] .

.

7- بحث و نتیجه‌گیری

مقدمه‌ای درباره‌ی آب و هوای ایران به ما نشان داد که از نظر دریافت تابش خورشید، کشورمان در سطح بالایی قرار دارد. بالا بودن تابش خود یکی از علل بالا بودن متوسط دمایی برخی نقاط کشور و بنابراین نیاز به سیستمهای تهویه مطبوع در آنهاست. می‌توان با انجام یک محاسبه ابتدایی مقدار تقریبی انرژی خورشیدی قابل جذب در کل سطح ایران را دریافت. اگر 5 درصد از کل انرژی الکتریکی مصرفی، مربوط به سیستمهای خنک‌سازی باشد، با به کارگیری 0/0015% از کل انرژی خورشیدی تابیده شده بر کشور می‌توان تمامی این انرژی را تامین نمود. تامین حتی بخشی از انرژی مورد نیاز سیستمهای تهویه از این طریق نیز، راه حل امیدبخشی برای غلبه بر مشکل کمبود انرژی درآینده خواهد بود. همچنین از آنجا که حدود 80% از درآمدهای کشور از صادرات نفت و گاز حاصل می‌شود، بالا بردن سهم انرژیهای تجدیدپذیر در تولید برق و دیگر قسمتها، علاوه بر کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی، به افزایش صادرات نفت و گاز و در نتیجه افزایش درآمدهای ملی خواهد انجامید. با نگاهی بر تحقیقات تئوری و تجربی انجام‌شده می‌توان دریافت که تهویه خورشیدی در حال گسترش بوده و از نتایج این تحقیقات می‌توان برای ساخت و بهبود عملکرد این نوع سیستمها در ایران استفاده نمود.

8- مراجع

[1] U.S Department of Energy, Energy Information Administration, March 2009.
[2] Kazemi Karegar.H, "Wind and solar energy developments in Iran," Department of Electrical and Computer System, Monash university, Australia, 2004.
[3] EIA International Energy Annual, 2007.
[4] J. Nouri, A. R. Karbasi, R. Borgheipour, A.Taheri, "Energy management system audit and implementation in educational

buildings," *American Journal of Applied Sciences*, Vol. 3, pp. 1767-1774, 2006.

[5] Farzad Jafarkazemi, "The potential for solar cooling in Iran," *Proceedings of ISES world congress (Vol.I-Vol.V)*, Solar energy and human settlement, pp. 818-822, 2007.

[6] M. Kianpour-Rad, H. R. Haghgou, F. Bahar, E. Afshari, "Feasibility study of the application of solar heating systems in Iran," *Renewable Energy*, Vol. 20, pp. 333-345, 2000.

[7] J. Samimi, "Estimation of height-dependent solar irradiation and application to the solar climate of Iran," *Solar Energy*, Vol. 52, pp. 401-409, 1994.

[8] WANG Ruzhu, WANG Liwei, "Adsorption refrigeration-green cooling driven by low grade thermal energy," *Chinese Science Bulletin*, Vol. 50, No. 3, pp. 193-204, 2005.

[9] "Advantages and disadvantages of using absorbtion chillers to lower utility bills," Technical datasheet, Naval facilities engineering service center, April 1997.

[10] Soteris A. Kalogirou, "Solar thermal collectors and applications," *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol. 30, pp. 231–295, 2004.

[11] R. B. Brown, "Towards a cleaner planet", Springer Berlin Heidelberg, 2007.

[12] Constantinos A. Balaras, Gershon Grossman, Hans-Martin Henning, Carlos A. Infante Ferreira, Erich Podesser, et al., "Solar air conditioning in Europe—an overview," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 11, pp. 299-314, 2007.

[13] R. Z. Wang, "Some discussions on energy efficiency in building and hybrid energy systems," *Acta Energiae Solaris Sinica*, Vol. 23, No. 3, pp. 322-335, 2002.

[14] Hans-Martin Henning, "Solar assisted air conditioning of buildings–an overview," *Applied Thermal Engineering*, Vol. 27, pp. 1734–1749, 2007.

[15] X. Q. Zhai, R. Z. Wang, "A review for absorbtion and adsorbtion solar cooling systems in China," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, pp. 1523–1531, 2009.

[16] G. A. Florides, Soteris A. Kalogirou, S. A. Tassou, L. C. Wrobel, "Modelling and simulation of an absorption solar cooling system for Cyprus," *Solar Energy*, Vol. 72, No. 1, pp. 43-51, 2002.

[17] M. Balghouthi, M. Hachemi Chahbani, A. Guizani, "Solar powered air conditioning as a solution to reduce environmental pollution in Tunisia," *Desalination*, Vol. 185, pp. 105-110, 2005.

[18] Z. F. Li, K. Sumathy, "Experimental studies on a solar powered air conditioning system with partitioned hot water storage tank," *Solar Energy*, Vol. 71, No. 5, pp. 285-297, 2001.

[19] A. Seyed, M. Izquierdo, P. Rodriguez, G.Maidment, et al., "A novel experimental investigation of a solar cooling system in Madrid," *International Journal of Refrigeration*, Vol. 28, No. 6, pp. 859-871, 2005.

[20] N. M. Khattab, "Simulation and optimization of a novel solar powered adsorption refrigeration module," *Solar Energy*, Vol. 80, No. 7, pp. 823-833, 2006.