Archive of SID

بررسی مقدماتی استفاده از چیلرهای جذبی خورشیدی در ایران

آرش میرعبدالله لواسانی[۱]، مسعود یحیایی سمنان[۲]، آرمین یوسفی و میلاد رضوانی راد[۳]
دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی- گروه مکانیک

چکیده

در مطا لعه حاضر عملکرد چیلر جذبی خورشیدی مورد ارزیابی قرار گرفته است و مقایسه این نوع چیلر با انواع دیگر آن (چیلر های تراکمی و جذبی) انجام شده است.

در بررسی هزینه های اولیه و بلند مدت، با فرض نرخ های تورمی خالص متفاوت سالانه و اثر آن بر تامین هزینه انرژی دستگاه های تهویه مطبوع، نتایج گوناگونی در برتری اقتصادی هر یک از سیستم های تبرید بر دیگری حاصل شده است. نتایج نشان می دهد که با حذف یارانه های انرژی و افزایش بهای گاز و برق، چیلرهای جذبی خورشیدی با در نظر گرفتن تورم خالص سالیانه بالای۷درصد و بالای ۱۵ درصد به ترتیب با چیلرهای تراکمی و چیلرهای جذبی رقابت پذیر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: چیلر جذبی، انرژی خورشیدی، تهویه مطبوع

۱- مقدمه

نوسانات قیمت حامل های انرژی، تمایل به کاهش هزینه های مصرفی سوخت و انرژی، گرایش به ذخیره سازی سوخت های فسیلی برای کاربردهایی به جز سوزاندن آنها و همچنین توجه به لزوم کاهش آلایندگی ناشی از مصرف سوخت ها در دهه ی اخیر، دلایل محکمی در لزوم تغییر نگرش در بهره برداری از انرژی است. در این راستا دستیابی به انرژی های پاک و تجدید پذیر دارای اهمیت ویژه ای می باشد ، زیرا علاوه بر صرفه ی قابل توجه اقتصادی از لحاظ زیست محیطی نیز کاملا توجیه پذیرند. در سال های اخیر با مطرح شدن موضوع هدفمند سازی یارانه ها در کشور، توجه مصرف کنندگان به کمتر کردن هزینه های ناشی از وسایل پر مصرف جلب شده است.

یک راه کار برای جلوگیری از مصرف بالای سیستم های تامین گرما و سرما، جایگزینی این گونه وسایل با نمونه ی با بازدهی بالاتر خواهد بود. هرچند استفاده از انواع با بازدهی بالاتر باعث افزایش هزینه ی مازاد در ساخت و ساز خواهد شد، ولی این اضافه پرداخت مطمئنا در مدت چند سال اولیه، با صرفه جویی انرژی بازگردانده می شود.

۱- استادیار
۲- کارشناس
۳- دانشجوی کارشناسی

www.SID.ir

Archive of SID

در بحث ساختمان ، سیستم های مورد استفاده در زمینه ی گرمایش و سرمایش بیشترین مصرف انرژی را دارند که گاهی تا ۸۰٪ از مصرف را به خود اختصاص می دهند.[۱] در صورت استفاده از انرژی خورشیدی می توان علاوه بر کاهش هزینه ی پرداختی سوخت ، مشارکت بسزایی هم در کاهش هزینه های دولت در زمینه ی یارانه های انرژی داشت.

بدون تردید، کاهش مصرف سوخت های فسیلی، کاهش میزان آلاینده ها و افزایش راندمان را می توان از برتری های چیلرهای جذبی خورشیدی برشمرد. در مقابل، هزینه سرمایه گذاری اولیه نسبتا زیاد در حال حاضر این گونه چیلرها از ایراد آن بشمار می رود.

چیلر جذبی خورشیدی در سال ۱۹۷۴ توسط شرکت یازاکی ژاپن طراحی شده است و از آن سال استفاده از این نوع چیلرها جذبی گسترش زیادی یافته است[۲]. شبیه سازی و مدلینگ روی چیلرهای خورشیدی برای بررسی ضریب عملکرد(COP)، دمای آب مبرد و عملکرد سیستم با کلکتورهای گوناگون در سال ۱۹۸۵ توسط مانیر[۳]صورت پذیرفت. روند توسعه سیستم های تهویه مطبوع خورشیدی و اهمیت انتخاب نوع کلکتور برای تامین آب گرم با دمای مناسب در ورودی ژنراتور توسط لی[۴] در سال ۲۰۰۰ بررسی شد.

در مطالعه تجربی انجام شده بروی یک چیلر جذبی خورشیدی در آب و هوای گرمسیری بدون سیستم پشتیبان انرژی نتایج قابل توجهی حاصل شد[۵]. سیستم راه اندازی شده صرفا از انرژی خورشیدی جذب شده در کلکتورها استفاد شده است. نتایج نشان می‌دهد انتخاب چیلر با ظرفیت اسمی کوچکتر از ظرفیت اسمی مورد نظر موجب کاهش ضریب عملکرد چیلر در روزهایی با دمای بحرانی خواهد شد که این امر حاصل نشدن دمای راحتی ساختمان را در این روزها در پی خواهد داشت. در این شرایط برای دستیابی به شرایط راحتی،می‌بایست از فن های سقفی استفاده کرد. در انتخابی دیگر ممکن است از چیلری با ظرفیت اسمی بزرگتر از ظرفیت اسمی مورد نظر به کار گرفته شود که همواره زیر ظرفیت اسمی و با کارایی پایین کار خواهد کرد. در این حالت دمای راحتی در داخل ساختمان قابل دسترس خواهد بود.

در کشور نیز سلطانی و همکاران[۶] در سال ۱۳۸۴ به تشریح کاربردهای انرژی خورشیدی پرداخته و مراحل تبدیل یک چیلر جذبی به نمونه جذبی خورشیدی آن بصورت تجربی بررسی قرار گرفته است. بزرگمهری و لاری [۷]در یک ارزیابی فنی و اقتصادی، چیلرهای جذبی خورشیدی را برای بازار ایران ۱در سال ۱۳۸۲مورد ارزیابی قرار داد اند. تاثیر بارهای گوناگون بر بازدهی سیکل چیلر های جذبی توسط عربی و دهقانی [۸] در سال ۱۳۸۹ انجام شده است.

بنابراین استفاده از چیلرهای جذبی خورشیدی دارای محاسن و معایب نسبت به دیگر چیلرها است که هدف در این مطالعه بررسی مقدماتی استفاده از این چیلر در کشور است.

۲- انرژی خورشیدی در ایران و جهان

خورشید را می توان مادر تمام انرژی های قابل دسترسی روی زمین دانست. میزان انرژی دریافتی زمین از خورشید برابر $۱/۵ \times ۱۰^{۱۷}$ کیلو وات ساعت در سال ویعنی بیش از ۱۶۰۰۰ برابر کل مصرف انرژی سالانه جهان و بیش از ۴۰۰ برابر کل ذخایر نفت، گاز، زغال سنگ و اورانیوم دنیاست[۹]. تابش خورشید از خط استوا (صفر درجه) تا حدود ۴۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی و جنوبی بالاترین میزان را نسبت به سایر نقاط کره ی زمین دارد. از این دیدگاه با توجه به قرار گیری ایران در میان عرض ۳۵ تا ۴۰ درجه شمالی، همچنین با زاویه ی مناسبی که تابش خورشید با سطح کشور دارد، استفاده از انرژی خورشید به عنوان یک منبع پاک انرژی مورد توجه قرار می گیرد. بر اساس مطالعات انجام شده[۱۰] سواحل دریای خزر کم تابش ترین منطقه ی ایران است که روزانه ۲/۸ تا ۳/۸ کیلووات ساعت بر متر مربع در سطح افقی انرژی دریافت می کند. منطقه آذربایجان، خوزستان و خراسان شمالی تابشی برابر با ۳/۸ تا۴/۵ کیلووات ساعت بر متر

www.SID.ir

Archive of SID

مربع را دریافت می کنند. مناطق مرکزی با بیشترین مساحت به طور متوسط روزانه ۴/۵ تا ۵/۲ کیلووات ساعت بر متر مربع را دریافت می کنند و استان فارس و کرمان با دریافت ۵/۲ تا ۵/۴ کیلووات ساعت بر متر مربع بالاترین میزان تابش خورشیدی را دارند.

از دلایل عمده استفاده از سوخت های فسیلی نسبت به انرژی های تجدیدپذیر در ایران هزینه دسترسی آسان به این سوخت ها و قیمت های بسیار پایین آنها به دلیل یارانه های دولتی است. بعلاوه هزینه مورد نیاز برای انرژی های نو با سطح درآمد عامه مردم همخوانی ندارد. به عنوان نمونه برای بدست آوردن ۱ کیلووات ساعت انرژی از نیروگاه حرارتی خورشیدی، بطور میانگین ۵۶۰۰ دلار هزینه اولیه نیاز است، که این رقم چیزی در حدود ۱۱ برابر هزینه اولیه برای استحصال این مقدار انرژی از نیروگاه با سوخت فسیلی است[۱۱].

۳- چیلر جذبی خورشیدی

اولین چیلر جذبی در سال ۱۸۶۰ توسط فردیناند کاره (Ferdinand Carre) فرانسوی اختراع شد و در آمریکا به ثبت رسید. اساس کار دستگاه تبرید جذبی بر این اصل استوار است که می توان بخار سیال (مبرد) را در مایعی جذب کرد. هرچه دمای این مایع کمتر باشد، میزان جذب بخار در آن بیشتر است. با افزایش دمای محلول می توان بخار جذب شده را دفع کرد[۱۲]. اولین چیلر جذبی خورشیدی در سال ۱۹۷۷ توسط شرکت یازاکی ژاپن با ظرفیت های ۳۵ ، ۷۰ و ۱۰۵ کیلووات به بازار عرضه شد. ظرفیت ۳۵کیلووات آن در جهان بیشترین تقاضا را داشته است[۱۳]. در اروپا نیز عرضه کنندگان چیلرهای جذبی خورشیدی بیشتر از کشورهای آلمان و اسپانیا می باشند. بیشترین تقاضا در این کشورها مربوط به ظرفیت های محدوده ۱۰-۵ کیلووات است[۱۴].

در ساختمان ها معمولا از انرژی حرارتی خورشید برای گرم کردن آب مصرفی ساختمان در آبگرمکن های خورشیدی و استفاده از آب گرم به منظور سرمایش ساختمان در چیلرهای جذبی خورشیدی استفاده می شود. برای به کار بردن انرژی خورشید در سیستم های نام برده معمولا از سه نوع عمده ی جاذب های انرژی خورشیدی استفاده می شود:

۱- جمع کننده های صفحه تخت (Flat Plate Collectors): این کلکتورها مانند جعبه ای با پوشش شیشه ای تیره رنگ هستند که انرژی خورشید را جذب و از طریق لوله های فلزی به سیال جاذب انتقال می دهند ودمای سیال را تا محدوده ی۶۰-۴۰ درجه سانتی گراد بالا می برند. از این کلکتورها برای گرم کردن هوای محیط یا آب گرم خانگی استفاده می شود.

۲- جمع کننده های لوله خلاء (Vacuum Tube Collectors): لوله های خلاء با توجه به ظاهر استوانه ای شکلشان، می توانند نور خورشید را از هر زاویه ای جذب کنند و به دلیل خلاء میان محفظه شیشه ای ، به عنوان یک عایق حرارتی مناسب با توجه به تیپ این لوله ها، می توانند دمای سیال را از ۷۰ تا ۱۱۰ درجه ی سانتی گراد افزایش دهند. کاربرد اصلی این کلکتورها در سرمایش خورشیدی به وسیله ی چیلرهای تک اثره و فرایندهای حرارتی دما پایین است.

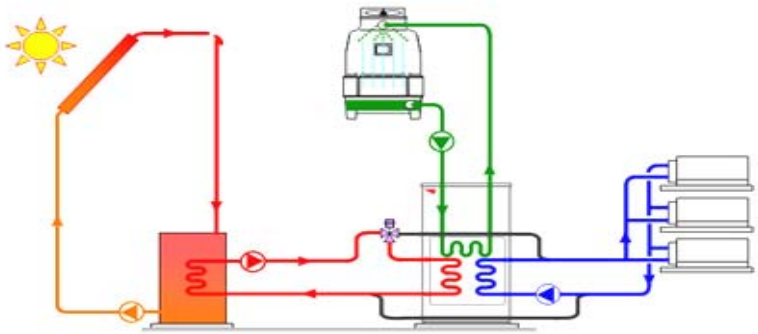
۳- جمع کننده های سهموی خطی(Parabolic Trough Collectors): در دو نوع با دهانه کوچک و بزرگ استفاده می شوند. در نوع کوچک، آیینه ی سهمی گون با شعاعی در حدود ۱ متر، نور خورشید را روی سطح لوله ای که در کانون آیینه قرار گرفته است متمرکز می کند. دمای کاری در این نوع به بازه ی ۲۲۰-۱۲۰ درجه ی سانتی گراد محدود می شود و در تامین گرمایش فرایندهای صنعتی، چیلرهای جذبی خورشیدی ۲ و ۳ اثره، آب گرمکن های تجاری و مولدهای قدرت کوچک به کار می رود. نمونه ی با دهانه بزرگ امکان افزایش دمای

www.SID.ir

Archive of SID

سیال را از ۲۵۰ تا ۴۵۰ درجه سانتی گراد دارا می باشد و برای مولدهای قدرت در مقیاس صنعتی به کار می روند[۱۵].

سیستم عملکرد چیلرهای جذبی خورشیدی اساسا تفاوت زیادی با چیلرهای جذبی رایج ندارد و تفاوت عمده در نحوه دریافت انرژی برای گرم کردن آب است (شکل۱).



شکل(۱) شماتیک یک چیلر جذبی خورشیدی

در چیلرهای جذبی خورشیدی برای دریافت گرما از کلکتور خورشیدی استفاده می شود که معمولا با توجه به کارایی و عمر مفید، این کلکتورها دارای قیمت های متفاوتی هستند. در حال حاضر در بازار ایران محصولات آلمانی، اطریشی، استرالیایی و چینی موجود است. البته خط تولید این محصول در کشور نیز راه اندازی شده است. قیمت هر متر مربع از این کلکتورها از ۲۰ تا ۲ میلیون ریال وابسته به کشور سازنده در هر متر مربع عرضه می شود. بطوریکه آلمانی ، اتریشی ، چینی و ایرانی آن به ترتیب ۲۰، ۷ ، و ۲ میلیون ریال برای هر مترمربع عرضه می شود.

۴- مقایسه ی چیلر جذبی خورشیدی با چیلرهای تراکمی و جذبی

مصرف انرژی در بخش ساختمان یکی از عمده ترین موارد مصرف انرژی بشمار می رود. بطوریکه ۳۸٪ از انرژی جهان در بخش ساختمان مصرف می شود این میزان انرژی ۳۵٪ از سبد مخارج خانواده ها را به خود اختصاص داده است. در ایران ۷۰٪ از گاز مصرفی کشور برای گرمایش ساختمان مصرف می گردد. این مقدار مصرف انرژی در بخش ساختمان باعث شده تا ایران ۴ برابر استاندارد جهانی در این حوزه مصرف انرژی داشته باشد[۱۶و۱۷]. با استفاده از انرژی خورشید در کشور می توان از بخش زیادی از مصرف بالای انرژی در کشور جلوگیری کرد. البته صرفه اقتصادی از عوامل بسیار موثر در توجیه پذیر بودن و یا نبودن یک طرح است. به این منظور در جدول (۱) مقایسه هزینه ای بین چیلرهای جذبی و تراکمی با چیلر جذبی خورشیدی که به تازگی در بازار ایران معرفی شده است، صورت گرفته است.

جدول (۱) مقایسه هزینه های انواع چیلر با ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید (بر حسب میلیون ریال)

نوع چیلر / پارامتر	جذبی خورشیدی	جذبی	تراکمی
چیلر	۸۵۱	۷۵۱	۵۵۲
برج خنک کن	۷۵	۷۵	۵۵

www.SID.ir

Archive of SID

کلکتور ۷۸۵ (m^2) (نوع ایرانی)	۱۵۷۰	-	-
نصب و نگهداری	۴۲/۵	۳۷/۵۵	۲۷/۶۰
راه اندازی	۱۷/۰۲	۱۵/۰۲	۱۱/۰۴
کل	۲۵۵۵/۵۲	۸۷۸/۵۷	۶۴۵/۶۴
هزینه سالیانه مشتری (برای سال اول و با توجه به تعرفه های سال ۱۳۸۹)	۶/۷	۲۳/۳	۵۳/۳

در ادامه ی ارزیابی می توان با در نظر گرفتن چند فرضیه برای تغییرات قیمت حامل های انرژی، به بررسی طولانی مدت صرفه اقتصادی چیلرها پرداخت. به این منظور فرضیات زیر برای این مطالعه انجام شده است.

اگر هزینه ی انرژی سال جاری را C_1 و هزینه ی سال nام را C_n در نظر گرفته شود و مجموع هزینه پرداخت شده توسط مشتری برای سال هایی که از دستگاه استفاده می کند برابر با G باشد، خواهیم داشت[۱۸]:

$$G = \sum_1^n C_n = \frac{(1+\pi)^n C_1 - C_1}{\pi} \qquad (1)$$

در معادله (۱)، پارامتر π تورم خالص محاسبه شده است، که برای محاسبه آن مجموع تورم حاصل از افزایش بهای سالانه انرژی و بالا رفتن دستمزد تعمیرکار تاسیسات برای نگهداری از دستگاه و سایر پارامترهای محتمل موثر در تغییر تورم می تواند اثر داده شود. اگر P_0 هزینه اولیه نصب، خرید و راه اندازی باشد، می توان با بیان سه مقدار ۳،۱۰ و۲۰ درصد برای تغییر در نرخ تورم خالص به مقایسه ی بلند مدت هزینه ها در الگوهای گوناگون تورمی پرداخت که نتایج مذکور در جدول(۲) ارایه شده است.

جدول (۲) برآورد هزینه های یک چیلر با ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید به مدت ۲۰ سال (بر حسب میلیون ریال)

نوع چیلر / پارامتر	جذبی خورشیدی	جذبی	تراکمی
P_0	۲۵۵۵/۵۲	۸۷۸/۵۷	۶۴۵/۶۴
C_1	۶/۷	۲۳/۳	۵۳/۳
G_1 (π=٪۳)	۱۸۰/۰۳	۶۲۶/۰۷	۱۴۳۲/۲
G_2 (π=٪۱۰)	۳۸۳/۷	۱۳۳۴/۵	۳۰۵۲/۸
G_3 (π=٪۲۰)	۱۲۵۰/۸	۴۳۴۹/۸	۹۹۵۰/۵
P_0+G_1	۲۷۳۵/۵۵	۱۵۰۴/۶۴	۲۰۷۷/۸۴
P_0+G_2	۲۹۳۹/۲۲	۲۲۱۳/۰۷	۳۶۹۸/۴۴
P_0+G_3	۳۸۰۶/۳۲	۵۲۲۸/۳۷	۱۰۵۹۶/۱۴

۵- نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی مقدماتی هزینه اولیه و بلند مدت میان چیلر های جذبی خورشیدی، تراکمی و جذبی که دارای ظرفیت های مشابه اند، پرداخته شد. با توجه به اینکه از دیدگاه مصرف کننده مهم ترین فاکتور در انتخاب سیستم مورد نظر، پارامترهای اقتصادی است، بنابراین سعی شد تا با شبیه سازی در مدل های افزایش هزینه های جاری یک

www.SID.ir

Archive of SID

سیستم برودتی ، قدرت مقایسه به خریدار داده شود. اگرچه در مدل منظور شده در محاسبات از هزینه های پرشمار آلودگی های زیست محیطی چشم پوشی شده است ولی با این وجود، با درنظر گرفتن نرخ تورمی سالانه بیش از ۷ درصد چیلر جذبی خورشیدی در مدت ۲۰ سال از چیلر تراکمی با ظرفیت مشابه پیشی گرفته و با درنظر گرفتن نرخ تورمی بیش از ۱۴/۹ درصد در مقابل چیلر جذبی نیز صرفه اقتصادی بیشتری خواهد داشت. هرچند تا زمانی که بهای برق و گاز با یارانه در اختیار مصرف کننده قرار بگیرد و کلکتورها به صورت تجاری و با بهای قابل قبول در بازار ارائه نشود، احتمال گرایش مصرف کننده برای بهره برداری از این محصول کم است.

منابع

۱. ساخت خانه های جدید، راهنمایی برای داشتن خانه ای با انرژی کارآمد، شرکت ملی نفت ایران، شرکت بهینه سازی مصرف سوخت، ۱۳۸۹.

۲. Ishimatsu ,Masahiro, Yazaki Co., Advanced Absorption Chillers: Utilization of Various Heat Energies For Air-Conditioning, 1st European Conference on Polygenaration.

۳. Muneer, T., Uppal A.H., Modelling and simulation of a solar absorption cooling system, Applied Energy ,Volume 19, Issue 3, pp.209-229,1985.

٤. Li, Z. F., Sumathy, K., Technology development in the solar absorption air-conditioning systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews ,Volume 4, Issue3, pp.267-293,2000.

۵. Marc.O , Lucas. F., Sinama. F. and Monceyron.E., Experimental investigation of a solar cooling absorption system operating without any backup system under tropical climate, Energy and Buildings, pp. 774-782, 2010.

۶. سلطانی، مجید.، انصاری، محمد. و تقوی، سید محمد.، طراحی و ساخت چیلر جذبی خورشیدی، ماهنامه تهویه و تبرید، سال دوم شماره ۱۷، ۱۳۸۴.

۷. بزرگمهری، شهریار، و لاری، حمیدرضا.، بررسی سیستم های تهویه مطبوع خورشیدی و ارزیابی فنی و اقتصادی چیلرهای جذبی خورشیدی، مجموعه مقالات سومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، بهمن ۱۳۸۲.

۸. عربی، مهسا. و دهقانی، محمدرضا، بررسی فنی و اقتصادی سیستم های چیلر جذبی خورشیدی در ایران؛ مجله مهندسی شیمی ایران، سال نهم، شماره ۴۶، ۱۳۸۹.

۹. ماهنامه تازه‌های انرژی، شماره۳، صفحات ۵۴-۵۲.

۱۰. وزارت نیرو، سازمان انرژی های نو ایران، گروه انرژی خورشیدی.

۱۱. پایگاه اینترنتی سازمان انرژی های نو ایران،www.suna.org.ir.

۱۲. بهادری نژاد، مهدی و یعقوبی، محمود.، تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمان های سنتی ایران، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول ۱۳۸۵.

۱۳. Niemeyer, J., Absorption technology for solar air-conditioning. Proceedings of the 2nd International Conference Solar Air-Conditioning, Tarragona,18-19 Oct 2007.

۱۴. Uli, J., Cool Climate From The Scorching Sun, Sun & Wind Energy magazine, 2008.

۱۵. NEP Solar Pty Ltd –The PolyTrough 1200 – Breakthrough in Solar Process Heat Collectors, Website Presentation, June 2009.

۱۶. پیمان، ریحانه.، معرفی عملکرد چیلر جذبی و پانل هوشمند خورشیدی در صنعت ساختمان ؛یازدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور،دانشگاه هرمزگان، ۱۳۸۳.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۷. هفته نامه پیام ساختمان و تاسیسات، سال پنجم ، شماره ۶۱، ۱۳۸۸.
۱۸. جهانخانی، علی. و پارسیان، علی.، مدیریت مالی جلد۱، تهران، انتشارات سمت، چاپ دوازدهم، ۱۳۸۵.

www.SID.ir