Archive of SID

به کارگیری چیلر جذبی در سیستم تولید همزمان سرما، گرما و الکتریسیته (CCHP)

رامین کرمی[۱]
کارشناس ارشد مهندسیکانیک
پژوهشگاه صنعت نفت
۰۲۱ - ۴۸۲۵۳۲۲۵
Karimisa@ripi.ir

کامبیز رضاپور[۳]
دکتری مهندسی مکانیک
معاونت امور برق و انرژی – وزارت نیرو
۰۲۱ – ۸۱۶۰۶۸۷۹
Rezapour@iauk.ac.ir

سعید کریمی علویجه[۲]
کارشناس ارشد مهندسی مکانیک
پژوهشگاه صنعت نفت
۰۲۱ – ۴۸۲۵۳۲۳۰
Karamir@ripi.ir

بهینه سازی انرژی به عنوان یک راهکار اساسی برای کاهش مصرف انرژی و نیز کاهش آلاینده های زیست محیطی در کشورهای پیشرفته دنیا مطرح شده است. امروزه این کشورها به بهینه‌سازی و مدیریت انرژی به عنوان یک منبع جدید انرژی می‌نگرند. در این میان یکی از مهمترین راهکارهای بهینه‌سازی انرژی انجام شده در تمامی این کشورها با هدف افزایش بازده تولید انرژی و استفاده بهینه از منابع سوخت با بازده کلی ۷۵ تا ۹۰ درصد، استفاده از سیستم های تولید همزمان سرما، گرما و الکتریسیته می‌باشد. فن‌آوریهای تولید همزمان برق و حرارت، برق و یا توان مکانیکی تولید نموده و حرارت اضافی را برای مصارف مختلف از جمله گرمایش و سرمایش به صورت قابل ملاحظه‌ای بازیافت می‌نماید. در این میان نقش چیلرهای جذبی به عنوان منابع تامین انرژی سرمایشی بسیار با اهمیت است.

سیستم های تولید همزمان که به تولید انرژی الکتریکی در مقیاس های کوچک و در نزدیک محل مصرف پرداخته و بارهای سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز را تامین می کنند، علاوه بر اینکه موجب کاهش اتلافات ناشی از توزیع و انتقال برق در شبکه می شوند موجب کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش آلودگی های زیست محیطی می گردنند. در این مقاله به بررسی نقش چیلرهای جذبی در سیستم های تولید پراکنده همزمان برق و حرارت پرداخته و نشان داده شده که صرفه جویی های حاصل از به کارگیری این سیستم ها با توجه به مصرف بالای انرژی های فسیلی در کشور و با عنایت به کاهش مصرف سوخت در کشور، موجب بازگشت هزینه سرمایه گذاری در کمتر از ۶ سال شده و همچنین کاهش ۵۰ درصدی مصرف سوخت را به همراه خواهد داشت.

در این تحقیق ابتدا نیازهای انرژی یک مجموعه مسکونی بزرگ شامل انرژی الکتریکی، سرمایش و گرمایش در تمام سال با کمک نرم افزار کریر انجام شده و سپس برای مجموعه مورد نظر یک طرح اولیه سیستم تولید همزمان ترسیم شده است. در ادامه با کمک نرم افزار EES تجهیزات سیستم تولید همزمان، اعم از موتور احتراق داخلی به عنوان محرک اولیه و منبع تولید انرژی الکتریکی و همچنین بویلر بازیاب بخار و بویلر کمکی به منظور تامین بخار آب و نیز چیلر جذبی جهت تامین نیازهای سرمایشی مجموعه، مدلسازی شده است. در نهایت نیز با انجام بهینه سازی به کمک نرم افزارMATLAB اندازه بهینه تجهیزات ذکر شده در سیستم تولید همزمان به گونه ای محاسبه شده است که مجموع هزینه سالیانه سیستم بهینه باشد.

۱- مقدمه

سیستم های تولید همزمان به عنوان یکی از موثرترین راهکارها جهت تامین انرژی های مصرفی ساختمان در بخش تجاری و مسکونی مورد استفاده قرار می گیرند. این سیستم ها ضمن برآورده کردن همزمان نیازهای انرژی ساختمان، با توجه به راندمان انرژی بالا، موجب کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش مصرف سوخت های فسیلی شده و نتایج ارزنده ای از جمله صرفه جویی قابل ملاحظه ای در هزینه های انرژی مصرف کنندگان و نیز کاهش آلاینده های زیست

www.SID.ir

Archive of SID

محیطی به همراه خواهد داشت. در این میان نقش چیلرهای جذبی در سیستم تولید همزمان به عنوان تامین کننده بارهای سرمایشی بسیار قابل توجه است.

هزینه های انرژی یک ساختمان، متشکل از هزینه های الکتریکی جهت تامین روشنایی و دیگر تجهیزات الکتریکی ساختمان و نیز هزینه های تامین گرمایش اعم گرمایش در فصول سرد و نیز هزینه تامین آبگرم مصرفی و بهداشتی در تمام طول سال می باشد. بخش قابل ملاحظه ای از هزینه انرژی یک مجموعه مسکونی یا تجاری، هزینه های مربوط به تامین سرمایش در فصول گرم سال می باشد. بارهای سرمایشی ساختمان اغلب توسط کولرهای آبی، گازی و یا چیلرهای جذبی تامین می شود. هرچند تامین سرمایش به حجم بارهای سرمایشی و نیز شرایط اقلیمی و موقعیت آب و هوایی منطقه مورد نظر وابستگی مستقیم دارد، ولیکن مطالعات نشان می دهد به کارگیری سیستم های جذبی به منظور تامین سرمایش در ساختمان از لحاظ اقتصادی به صرفه تر خواهد بود [۱].

نکته قابل توجه در اینجا لزوم دقت کافی و محاسبات کامل در برآورد بارهای سرمایشی ساختمان و نیز بررسی دقیق هزینه های خرید، نصب، راه اندازی و تعمیرات سیستم های سرمایشی به علاوه هزینه سوخت مصرفی در طول دوره معین در محل نصب می باشد.

تجهیزات سرمایشی متنوعی اعم از کولرهای آبی، کولرهای گازی به صورت عملکرد یگانه و اسپلیت و نیز چیلرهای تراکمی و جذبی جهت تامین بارهای سرمایشی در فصول گرم سال متداول است که همانطور که ذکر شد، انتخاب یک سیستم مناسب می بایست بر اساس حجم بارهای سرمایشی و نیز در نظر گرفتن اقلیم مورد نظر صورت پذیرد. به عنوان مثال می توان عنوان کرد که به کارگیری کولر آبی در اقلیم مرطوب توصیه نشده و کارآیی مناسبی نخواهد داشت و یا نصب چیلرهای تراکمی و جذبی برای تامین سرمایش یک ساختمان مسکونی کوچک به صرفه نبوده و توجیه اقتصادی ندارد.

همانگونه که ذکر شد کولر آبی به دلیل هزینه اولیه نسبتا کم و سهولت در نصب و بهره برداری یک از متداولترین سیستم های سرمایشی کشور ماست که ضمن تامین بارهای سرمایشی، رطوبت محیط را نیز افزایش داده و به همین دلیل در اقلیم گرم و خشک بسیار مناسب می باشد.با این وجود عدم کارآیی این تجهیزات در اقلیم مرطوب و نیز مصرف قابل توجه آب در آنها موجب شده تا به کارگیری چیلرهای ترکمی و جذبی به خصوص در ساختمان های بزرگ رایج گردد.

چیلرهای جذبی در مقایسه با نوع ترکمی از هزینه اولیه بالاتری برخوردارند در عوض هزینه انرژی مصرفی آنها به طور قابل ملاحظه ای پایین تر است. به این ترتیب که مصرف انرژی گرمایی به جای انرژی الکتریکی، در سیستم های جذبی هزینه های مصرفی سیستم را به طرز چشمگیری کاهش می دهد. این گرمایش می تواند بصورت مستقیم از منابع سوخت فسیلی نظیر مشعل های گازی و یا از طریق بخار آب یا آب گرم تامین گردد [۲ و ۳].

بدین ترتیب می توان این گونه عنوان کرد که سیستم های جذبی از مزیت نسبی در هزینه های مصرف انرژی برخوردار بوده و در صورتی که انرژی گرمایی مورد نیاز به صورت فراوان و ارزان در دسترس باشد این مزیت دو چندان می گردد. در سیستم های تولید همزمان، گرمای گازهای خروجی از مولد تولید الکتریسیته که می تواند موتور احتراق داخلی و یا یک توربین گازی باشد، در یک بازیاب کننده حرارت موسوم به مولد بخار بازیاب (Heat Recovery Steam Generator - HRSG)، به آب منتقل شده و تولید آب گرم یا بخار آب می کند. بدین ترتیب گرمای اتلافی سیستم به انرژی گرمایی مفید به صورت آبگرم یا بخار آب تبدیل می شود. این انرژی گرمایی مفید می تواند بصورت مستقیم برای تامین گرمایش در ساختمان استفاده شده و یا چنانچه توضیح داده شد جهت تامین نیازهای سرمایشی به عنون انرژی مورد نیاز چیلر جذبی به کار گرفته شود.

www.SID.ir

Archive of SID

به عبارت دیگر، در سیستم های تولید همزمان با توجه به وجود انرژی گرمایی ارزان قیمت به میزان قابل توجه، نصب و راه اندازی سیستم جذبی از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار بوده و صرفه جویی های ناشی از به کارگیری آن موجب بازگشت سرمایه هولیه سیستم در مدت کوتاهی می گردد. در ادامه مدلسازی انجام شده در نرم افزار EES و سپس بهینه سازی به منظور تعیین نقاط بهینه کارکرد مجموعه تولید همزمان را که منجر به مشخص شدن اندازه تجهزیات سیتم تولید همزمان می گردد، تشریح می شود.

۲- مطالعه موردی سیستم تولید پراکنده همزمان در بخش مسکونی

در این مطالعه موردی سیستم تولید پراکنده همزمان جهت تامین تقاضای انرژی الکتریکی، سرما و گرمای یک مجموعه مسکونی واقع در شهر تهران در نظر گرفته شده است. مجموعه ذکر شده یک ساختمان مسکونی ده طبقه دارای مجموع ۴۰ واحد مسکونی است. بار الکتریکی ساختمان مجموع نیاز الکتریکی ساختمان به دلیل به کارگیری تجهیزات روشنایی و سایر وسایل الکتریکی مرسوم در ساختمان می باشد. بارهای سرمایشی نیز میزان سرمای مورد نیاز جهت تامین دمای آسایش در فصول گرم بوده و بارهای گرمایشی مجموع تقاضای لازم جهت گرمایش در فصول سرد و آبگرم مصرفی ساختمان است. بارهای الکتریکی، سرمایی و گرمایی مجموعه توسط نرم افزار Carrier محاسبه شده و در مساله اعمال گردیده است [۴].

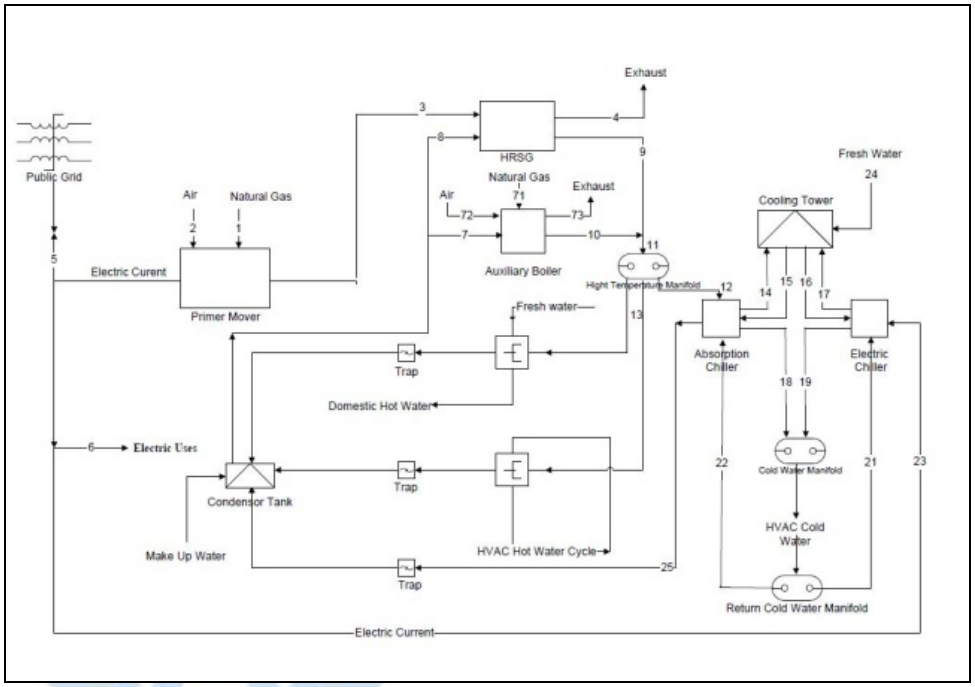
سیستم تولید همزمان پراکنده مورد نظر جهت تامین بارهای مجموعه ارائه شده که قادر است ضمن تامین نیازهای انرژی مجموعه، مازاد برق تولیدی را به شبکه سراسری بفروشد. به منظور انتخاب اندازه بهینه تجهیزات سیستم مذکور مدلسازی ترمودینامیکی سیستم طرح شده در نرم افزار شبیه ساز EES[1] انجام شده و بهینه سازی سیستم که منجر به ارائه طرح بهینه می شود، با کمک برنامه نویسی در نرم افزار MATLAB صورت پذیرفته است.

سیستم تولید پراکنده ارائه شده همان گونه که در شکل مشاهده می شود شامل یک محرک اولیه است که ضمن تولید الکتریسیته و تامین نیازهای الکتریکی شبکه، با فروش مازاد الکتریسیته تولیدی موجب درآمدزایی و صرفه جویی سالیانه در سیستم شده که در نهایت هزینه های ناشی از خرید و نصب موتور احتراقی و مجموعه تولید پراکنده را جبران می کند. محرک های اولیه متداول در سیستم های تولید پراکنده همزمان برق و حرارت موتورهای احتراقی رفت و برگشتی گاز سوز[2] و نیز میکروتوربین[3] می باشند که در سال های اخیر پیشرفت بسیاری کرده و با هزینه های نسبتا پایین و آلایندگی قابل قبول گسترش بسیاری یافته اند. در این پروژه به کارگیری هر دوی این مولدها به طور جداگانه به عنوان محرک اولیه در مجموعه تولید همزمان انجام شده و نتایج آن ارائه شده است.

[1] Engineering Equation Solver
[2] Gas Engine
[3] Microturbine

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- طرح واره سیستم تولید پراکنده

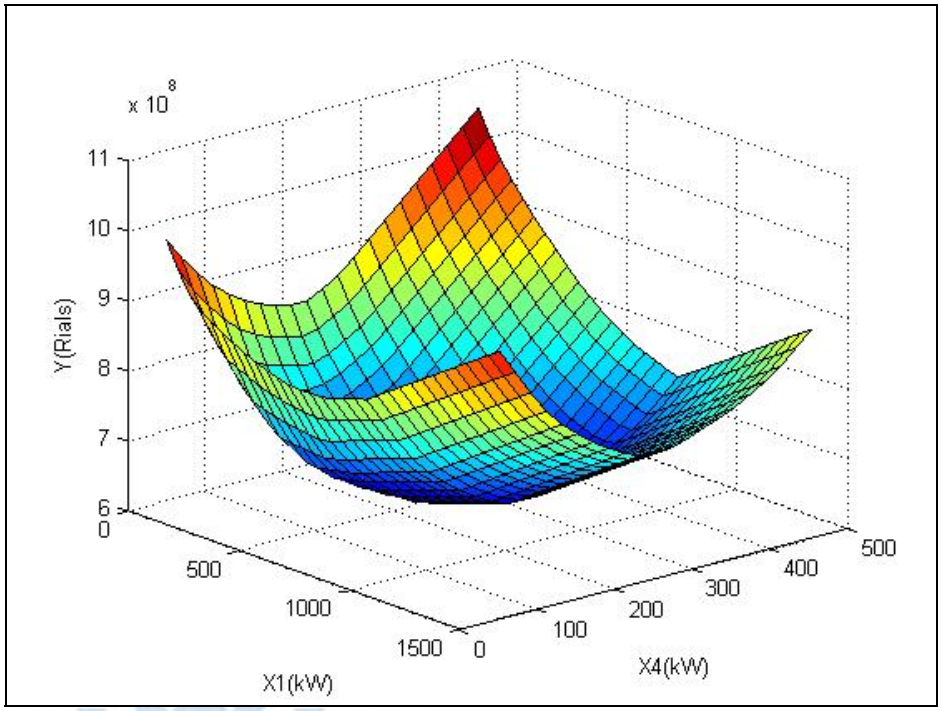
سایر تجهیزات سیستم شامل مولد بخار بازیاب به منظور بازیابی حرارت خروجی از محرک اولیه و نیز مولد بخار گاز سوز کمکی و همچنین چیارهای جذبی و تراکمی و نیز برج خنک کننده می باشد. اندازه بهینه تمام تجهیزات مجموعه همان طور که ذکر گردید پس از انجام بهینه سازی حاصل می گردد. عملکرد کلی سیستم بدین صورت است که گرمای خروجی از محرک اولیه وارد مولد بخار بازیاب شده و بخار اشباع با فشار ۲ اتمسفر تولید می کند. این بخار برای تامین گرمایش مرکزی و همچنین تامین آبگرم مصرفی ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد. بویلر گازسوز کمکی نیز جهت تامین بخشی از نیاز گرمایشی به تولید بخار می پردازد. همچنین بخشی از بخار تولیدی در فصول گرم وارد چیلر جذبی شده که وظیفه تامین سرمایش را بر عهده دارد. در این بخش نیز یک چیلر کمکی الکتریکی (تراکمی) در مواقع اوج مصرف وارد مدار شده و نیازهای سرمایشی را تکمیل می کند. اندازه تمام این تجهیزات نیز بهینه شده تا هزینه کل مجموعه در سرمایه گذاری و مصرف انرژی سالیانه حداقل گردد.

۳- انجام بهینه سازی و انتخاب اندازه چیلر جذبی

همان گونه که در مقدمه نیز عنوان شد پس از شبیه سازی ترمودینامیکی سیستم در نرم افزار EES و با کمک کد نویسی در نرم افزار MATLAB اندازه بهینه تجهیزات سیستم محاسبه می شود. تابع هدف بهینه سازی در این پروژه مجموع هزینه های سرمایه گذاری و مصرف انرژی در مجموعه است و اندازه بهینه تجهیزات به نحوی صورت می گیرد که علاوه بر تحمیل کمترین هزینه، تامین کننده انرژی های مصرفی ساختمان یعنی الکتریسیته، سرما و گرما باشد. لازم به ذکر است که هزینه تجهیزات سیستم و نیز تعرفه های خرید گاز و الکتریسیته از شبکه و نیز فروش الکتریسیته مازاد به شبکه سراسری بر اساس قیمت های داخلی در کشور و بر مبنای قوانین موجود در وزارت نیرو و سایر ارگان های مربوطه اعمال شده است. شکل زیر تابع هدف را بر حسب پارامترهای طراحی پس از انجام بهینه سازی نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



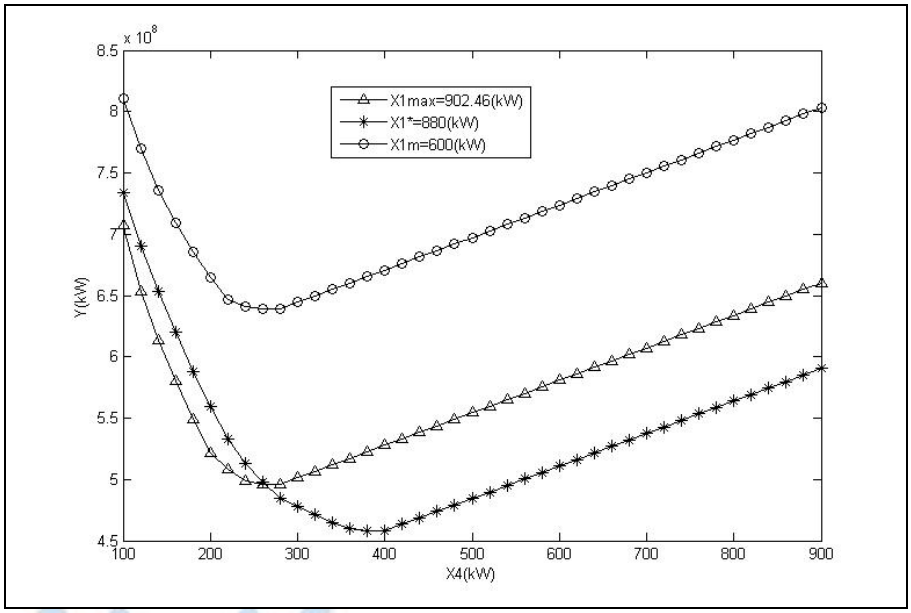
شکل۳- تابع هدف بر حسب پارامترهای طراحی

پس از انجام بهینه سازی اندازه بهینه تجهیزات سیستم تولید همزمان مشخص می گردد. همانگونه که گفته شد، این اندازه بهینه موجب کمینه شدن مجموع هزینه های سالیانه سیستم، اعم از هزینه سرمایه گذاری، تعمیر و نگهداری و نیز هزینه های مصرف انرژی تجهیزات سیستم خواهد بود.

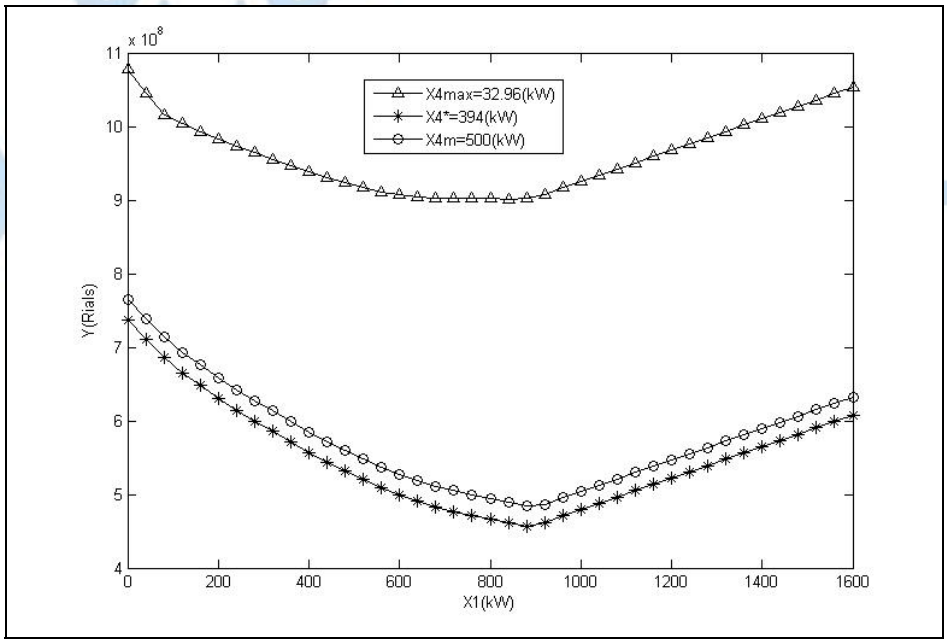
همچنین در این حالت می توان نقاط بهینه را با نقاط بیشینه تقاضاهای الکتریکی و سرمایشی مقایسه کرد، این مقایسه در شکل های زیر ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- مقادیر تابع هدف به ازای ظرفیت موتور احتراقی (X_4) در ۳ظرفیت مختلف از چیلر جذبی (X_1)



شکل ۵- مقادیر تابع هدف به ازای ظرفیت چیلر جذبی (X_1) در ۳ ظرفیت مختلف از موتور احتراقی (X_4)

بدین ترتیب همان طور که در شکل دیده می شود، به ازای موتور احتراقی به ظرفیت ۳۹۴ kW و چیلر جذبی با ظرفیت ۸۸۰ kW معادل ۲۲۸ تن تبرید، مقدار تابع هدف برابر با ۴۵۳/×۱۰^{۶} ریال بوده و کمترین مقدار (بهینه) است. بنابراین اندازه بهینه چیلر جذبی و سایر تجهیزات سیستم مشخص شده و با توجه به اندازه های موجود در بازار بهینه سازی به صورت ناپیوسته (Discrete)، مجددا انجام شده و اندازه بهینه تجهیزات را به نحوی که در بازار موجود باشد تعیین می کند. جدول زیر این اندازه بهینه را نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- اندازه بهینه تجهیزات سیستم تولید همزمان

تجهیز مورد نظر	کارخانه سازنده	مدل دستگاه	ظرفیت تجهیز (kW)	قیمت (ریال)
چیلر جذبی (kW)	EBARA	16JH-028	۸۷۸	$۱/۱۰۰*۱۰^{۹}$
چیلر کمکی (kW)	SARMA AFARIN	30HR-05	۲۴	$۲/۸۰۰*۱۰^{۷}$
بویلر کمکی (kW)	SANAYE OSVE IRAN	OS-500	۳۱۰	$۹/۲۵۰*۱۰^{۷}$
موتور احتراقی (kW)	GUASCORE	FGLD-SFGLD400	۴۰۰	$۲/۰۰۰*۱۰^{۹}$
بویلر بازیاب (kW)	SANAYE OSVE IRAN	OS-1000	۶۲۰	$۱/۵۰۰*۱۰^{۸}$
برج خنک کن (kW)	EBARA SHINWA	SDC-U450ASY	۲۰۳۸	$۲/۵۵۰*۱۰^{۸}$
کل سیستم تولید همزمان	هزینه سرمایه سالیانه گذاری	هزینه سالیانه انرژی	کل هزینه سالیانه سیستم	
	$۰/۶۱۱۶*۱۰^{۹}$	$-۰/۱۶۴۳*۱۰^{۹}$	$۰/۴۴۷۳*۱۰^{۹}$	

۴- برآوردهای اقتصادی

در صورتی که نیازهای انرژی مجموعه مسکونی مورد نظر به صورت سنتی یعنی خرید برق از شبکه سراسری برای تامین انرژی الکتریکی و نصب و راه اندازی دیگ و تجهیزات گرمایشی و نیز چیلر جذبی به ترتیب برای تامین گرمایش و سرمایش مورد استفاده قرار گیرد، جهت مقایسه بهتر هزینه های سرمایه گذاری و مصرف انرژی در سیستم بصورت سالیانه در نظر گرفته می شود. بدین منظور از ضریب سالیانه سرمایه گذاری[۴] استفاده می شود [۵].

$$CRF = \frac{i \times (1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \qquad (۱)$$

که در آن i نرخ تورم و N عمر سیستم می باشد. بنابراین هزینه سرمایه گذاری سالیانه[۵] برابر است با حاصلضرب ضریب سالیانه سرمایه گذاری در هزینه کل سرمایه گذاری[۶] در سیستم می باشد. بنابراین با در نظر گرفتن i برابر با ۰/۱۶ و عمر ۲۰ سال برای سیستم ضریب CRF برابر با ۰/۱۶۸۷ برآورد می شود. جدول زیر جهت مقایسه با هزینه های ناشی از سرمایه گذاری و مصرف انرژی در سیستم تولید پراکنده همزمان با محرک اولیه موتور احتراقی رفت و برگشتی گازسوز ارائه می شود.

جدول ۲- برآورد هزینه های سیستم

[4] Capital Recovery Factor (CRF)
[5] Annual Capital Cost
[6] Total Cost

www.SID.ir

Archive of SID

مشخصه مورد نظر	سیستم تولید پراکنده همزمان بهینه	سیستم تامین انرژی سنتی
کل هزینه سرمایه گذاری (ریال)	۳/۶۲۵۵ × ۱۰^۷	۱/۸۷ × ۱۰^۹
هزینه سالیانه سرمایه گذاری (ریال)	۰/۶۱۱۶ × ۱۰^۷	۰/۳۱۵۵ × ۱۰^۹
هزینه سالیانه مصرف انرژی (ریال)	- ۰/۱۶۴۳ × ۱۰^۷	۰/۷۹۷۰ × ۱۰^۹
کل هزینه سالیانه سیستم (ریال)	۰/۴۴۷۳ × ۱۰^۷	۱/۱۱۲۵ × ۱۰^۹

با توجه به محاسبات انجام شده میزان صرفه جویی سالیانه حاصل از به کارگیری سیستم تولید پراکنده همزمان[7] برابر با ۶۵۵/۲ میلیون ریال می باشد.

با توجه به اینکه دوره بازگشت سرمایه[8] برابر با میزان صرفه جویی سالیانه تقسیم بر کل هزینه سرمایه گذاری در سیستم است، بنابراین دوره بازگشت سرمایه در سیستم بهینه بصورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$PBP = \frac{3.6255 \times 10^{6}}{0.6652 \times 10^{6}} = 5.4502 \ (yr)$$

بنابراین سرمایه گذاری انجام شده در سیستم تولید مجزا با به کارگیری موتور احتراقی گازسوز در کمتر از ۶ سال از محل صرفه جویی سالیانه حاصل صرفه جویی در مصرف گاز و برق و نیز فروش برق به شبکه بازگشت داده می شود و با توجه به عمر تقریبی ۲۰ ساله سیستم تولید پراکنده مشاهده می شود که این طرح از توجیه اقتصادی مطلوبی برخوردار است. همچنین می توان برخی دیگر از پارامترهای مهم دو روش مذکور را مقایسه کرد. از این پارامترها می توان راندمان کلی سیستم، راندمان موثر الکتریکی و نیز میزان صرفه جویی انجام شده در مصرف سوخت را ذکر کرد که جدول زیر نتایج محاسبه پارامترهای مذکور را برای دو روش ذکر شده نشان می دهد.

جدول ۳- پارامترهای اقتصادی سیستم

پارامتر مورد نظر	سیستم تولید پراکنده همزمان بهینه	سیستم تامین انرژی سنتی
راندمان کلی سیستم	٪ ۸۴	٪ ۵۴
راندمان موثر الکتریکی	٪ ۶۸	٪ ۲۵
میزان صرفه جویی در سوخت	٪ ۴۸	-

۵- جمع بندی

به کارگیری سیستم های تولید پراکنده برای تامین نیازهای انرژی بخش مسکونی علاوه بر کاهش هزینه های ناشی از انتقال و توزیع برق در شبکه و نیز کاهش هزینه های سنگین نیروگاههای بزرگ در ساخت، بهره برداری و نگهداری، موجب کاهش مصرف سوخت و افزایش بهره وری انرژی در مجموعه می شود. ضمن اینکه سیاست تولید پراکنده به کارگیری موتور احتراقی گازسوز، با توجه به ارزیابی انجام شده بر مبنای قیمت های داخلی انرژی و سرمایه گذاری دارای دوره بازگشت سرمایه قابل قبول بوده و با عنایت به مزایای دیگر این سیستم ها نظیر عدم تملک زمین، افزایش امنیت

[7] Annual Saving in Distributed Generation ($DG_{Annual\ Saving}$)
[8] Pay Back Period (PBP)

www.SID.ir

Archive of SID

تامین انرژی، حذف اتلافات ناشی از انتقال برق در شبکه و نیز کاهش قابل ملاحظه مصرف سوخت از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار است.

در این میان نقش چیلر جذبی در کاهش هزینه های مصرفی سیستم با توجه به در دسترس بودن انرژی گرمایی ارزان و فراوان حاصل از بازیابی حرارتی در سیستم تولید همزمان، قابل توجه بوده و ضمن تامین نیازهای سرمایشی ساختمان، موجب کاهش هزینه های انرژی در مجموعه می گردد.

بدین ترتیب چنانچه در نتایج ارائه شد، سیستم تولید همزمان با بهره گیری از چیلر جذبی، در مقایسه با سیستم تامین انرژی به صورت مجزا، ۴۸٪ در مصرف سوخت صرفه جویی نموده و موجب بازگشت هزینه سرمایه گذاری شده در کمتر از ۶ سال شده و ضمن صرفه جویی در مصرف سوخت های فسیلی، موجب کاهش آلایندگی های زیست محیطی می گردد.

- منابع و مراجع

[1]. E. Cardon, A. Piacentin, Optimal design of CHCP plants in the civil sector by thermoeconomic, Applied Energy 84 (2007) 729–748.

[2]. X. Q. Kong, R. Z. Won, X. H. Huang، Energy optimization model for a CCHP system with available gas turbines، Applied Thermal Engineering 25 (2005) 377–391.

[3]. P. Arcuri, G. Florio, P. Fragiacomo, 200, A mixed integer programming model for optimal design of trigeneration in a hospital complex, Energy 32, 1430–1447.

[4]. M.A. Ehyaei, M.N. Bahadori, selection of micro turbines to meet electrical and thermal needs of residential buildings in Iran, Energy and Buildings 39 (2007) 1227-1234.

[5]. E. Cardona, A. Piacentino, A new approach to exergoeconomic analysis and design of variable demand energy systems, Energy 31 (2006) 490–515.

www.SID.ir