

امکان سنجی فنی و اقتصادی استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در سیستم‌های حرارت مرکزی

سعید عالم ورزنده اصفهانی - رامین میرزا طلوعی - امید شاکری - امید جلالی - مهدی اشجعی

دانشکده فنی دانشگاه تهران - دانشکده فنی دانشگاه تهران - شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور -
شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور - دانشکده فنی دانشگاه تهران

ashjaee@ut.ac.ir - ravid_jalali@yahoo.com - shakeri@ifco.ir - rammin.tolouei@gmail.com - s.alem@ut.ac.ir

واژه‌های کلیدی: امکان سنجی - مبدل صفحه‌ای - سیستم حرارت مرکزی - منبع کویل‌دار
بازده - تحلیل اقتصادی - دوره بازگشت سرمایه

چکیده

در این مقاله امکان استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در سیستم حرارت مرکزی بجای منبع کویل‌دار و یا منبع دوجداره از دو دیدگاه فنی و اقتصادی مورد مطالعه قرار گرفته است. هدف از انجام این جایگزینی بهبود عملکرد سیستم حرارت مرکزی و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف گاز طبیعی می‌باشد. در بخش فنی امکان سنجی، انواع مختلف مبدل حرارتی صفحه‌ای و امکان استفاده از آنها در سیستم حرارت مرکزی بررسی شده است. بر اساس نتایج، از میان انواع مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، دو نوع مبدل صفحه‌ای لحیم شده و مبدل صفحه‌ای فریم نسبت به سایر انواع آن، در سیستم حرارت مرکزی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزایا و معایب عملکرد آنها در این سیستم‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. در بخش اقتصادی، سرمایه‌گذاری در سیستم‌های حرارت مرکزی موجود و سیستم‌های حرارت مرکزی در دست احداث، از دیدگاه مصرف‌کننده و دیدگاه ملی بطور

مجزا بررسی شده و نتایج ارائه گردیده است. از آنجا که بخش خانگی حدود ۹۴ درصد از استفاده‌کنندگان از سیستم حرارت مرکزی را شامل می‌شود، نتایج تحلیل اقتصادی با توجه به تعرفه‌های مربوط به این بخش ارائه شده است. به منظور ارائه نتایج حاصل از تحلیل اقتصادی، از معیارهای ارزش فعلی خالص (NPV) و دوره بازگشت سرمایه استفاده شده است. بر اساس این نتایج، استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در ساختمان‌های در دست احداث از هر دو دیدگاه مصرف‌کننده و ملی دارای توجیه اقتصادی است. این موضوع در حالی است که جایگزینی این مبدل‌ها در سیستم‌های حرارت مرکزی موجود بجای منبع کویل‌دار و یا منبع دوجداره مقرون به صرفه نیست. آنالیز حساسیت انجام شده بر روی نتایج نشان می‌دهد که دوره بازگشت سرمایه در سیستم‌های حرارت مرکزی موجود با افزایش قیمت گاز مصرفی در بخش خانگی کاهش می‌یابد.

هفتمین همایش ملی انرژی

۱. مقدمه

تأمین بار حرارتی مورد نیاز جهت گرم کردن ساختمان‌ها و همچنین تولید آب گرم بهداشتی بخش عمده‌ای از مصرف گاز در بخش خانگی را به خود اختصاص می‌دهد، بطوری که حدود ۷۰ درصد گاز مصرفی جهت گرمایش محیط و ۲۳ درصد آن نیز جهت تأمین آب گرم بهداشتی استفاده می‌شود. یکی از روش‌های تأمین بار حرارتی مورد نیاز ساختمان استفاده از سیستم حرارت مرکزی می‌باشد. از آنجا که حدود ۸/۳ درصد از واحدهای مسکونی موجود در کشور به این سیستم مجهز هستند [۱]، افزایش بازده آنها منجر به صرفه جویی میزان قابل توجهی گاز طبیعی خواهد شد.

در اغلب سیستم‌های حرارت مرکزی موجود در کشور از منبع دوجداره و یا منبع کویل‌دار به عنوان مبدل حرارتی استفاده می‌شود. در این منابع دمای سطح خارجی بدلیل تماس مستقیم با آب گرم درون منبع، حدوداً با دمای آن برابر است. علاوه بر این سطح انتقال حرارت نیز در این منابع زیاد است. این دو عامل منجر به اتلاف میزان قابل توجهی گرما به محیط اطراف شده و بازده سیستم حرارت مرکزی را کاهش می‌دهد. بازده سیستم حرارت مرکزی با توجه به رابطه (۱) تعریف می‌شود:

$$\eta = \frac{Q_{in} - Q_{loss}}{Q_{in}} \quad (1)$$

در رابطه (۱) Q_{in} و Q_{loss} به ترتیب بیانگر انرژی ورودی و انرژی تلف شده در سیستم حرارت مرکزی می‌باشند.

یکی از راه‌های کاهش میزان تلفات و در نتیجه افزایش بازده سیستم حرارت مرکزی استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای بجای منبع دوجداره و یا منبع کویل‌دار می‌باشد. مبدل حرارتی صفحه‌ای از جمله مبدل‌های حرارتی فشرده می‌باشد. دمای سطح خارجی بدلیل جنس عایق استفاده شده جهت آب‌بندی این مبدل‌ها، اختلاف زیادی با دمای محیط ندارد. در ضمن سطح انتقال حرارت در صورت استفاده از این نوع مبدل حرارتی بجای منبع کویل‌دار با ظرفیت مشابه حدود ۸۰ - ۷۰

درصد کاهش می‌یابد. کاهش سطح انتقال حرارت و همچنین کاهش اختلاف دمای سطح خارجی مبدل حرارتی با محیط منجر به افزایش بازده مبدل حرارتی صفحه‌ای نسبت به منبع کویل‌دار و منبع دوجداره می‌گردد.

با توجه به توضیحات داده شده، استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در سیستم‌های حرارت مرکزی بجای مبدل‌های موجود، منجر به افزایش بازده و کاهش مصرف گاز در این سیستم‌ها خواهد بود. در ادامه امکان استفاده از این نوع مبدل‌های فشرده در سیستم‌های حرارت مرکزی از دیدگاه فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲. امکان‌سنجی استفاده از مبدل صفحه‌ای

استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در سیستم حرارت مرکزی مشکلاتی را نیز به همراه خواهد داشت. به همین دلیل انجام یک مطالعه امکان‌سنجی بر روی طرح جایگزینی این مبدل‌ها بجای منبع کویل‌دار و یا دوجداره در سیستم حرارت مرکزی یک امر لازم به نظر می‌رسد.

۲-۱- امکان‌سنجی فنی استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای

انواع مختلف مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای که در صنعت مورد استفاده قرار گرفته است عبارتند از مبدل صفحه و فریم، مبدل صفحه ای لحیم شده، مبدل صفحه ای مارپیچ، مبدل صفحه ای لاملا و مبدل صفحه-کویل. انواع مبدل‌های صفحه ای لاملا و مارپیچ بیشتر در کاربرد های صنعتی و دبی های زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند. از مبدل حرارتی صفحه-کویل در مخازن جهت گرم و یا سرد کردن سیالات مختلف استفاده می‌شود.

از میان انواع مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، مبدل حرارتی صفحه و فریم و مبدل حرارتی صفحه‌ای لحیم شده دارای قابلیت بالاتری جهت استفاده در سیستم حرارت مرکزی می‌باشند. این مبدل‌ها در ظرفیت‌های پایین نیز تولید شده و نسبت به سایر انواع مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای ارزان‌تر

هفتمین همایش ملی انرژی

کویل‌دار و یا دوجداره استفاده می‌کنند، بدلیل عدم توانایی گرم کردن سریع آب ورودی به سیستم، دمای آب کاهش می‌یابد. در صورت استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای این مشکل برطرف خواهد شد. استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در سیستم حرارت مرکزی مشکلاتی مانند افزایش افت فشار و افزایش قیمت خرید را به همراه دارد.

یکی از نکاتی که باید در امکان‌سنجی فنی استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای به آن توجه شود، اجرای کامل مبحث ۱۴ قوانین ملی ساختمان می‌باشد. بر اساس این مبحث، هر واحد ساختمانی باید حداقل دارای ۱۱۰ لیتر آب گرم ذخیره باشد. به منظور اجرای این مهم، یک منبع ذخیره نیز در کنار مبدل حرارتی صفحه‌ای بکار گرفته می‌شود.

۲-۲- امکان‌سنجی اقتصادی استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای

امکان انجام طرح استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در سیستم حرارت مرکزی از لحاظ فنی در بخش قبل بررسی شد. در این بخش، این طرح از دیدگاه اقتصادی بررسی می‌گردد. به منظور ارائه نتایج تحلیل اقتصادی از معیارهای ارزش فعلی خالص هزینه‌ها (NPV) و دوره بازگشت سرمایه استفاده شده است [۳].

در بررسی اقتصادی طرح جایگزینی، سیستم‌های حرارت مرکزی به دو بخش مجزا تقسیم شده‌اند. این دو بخش شامل سیستم‌های حرارت مرکزی موجود و سیستم‌های حرارت مرکزی در دست احداث می‌باشند. علت اصلی تقسیم‌بندی فوق تفاوت سرمایه‌گذاری در هر بخش است. سرمایه‌گذاری مورد نیاز جهت استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در سیستم‌های حرارت مرکزی در دست احداث برابر اختلاف هزینه خرید و نصب منبع کویل‌دار و مبدل حرارتی صفحه‌ای جایگزین است، زیرا هزینه خرید و نصب منبع کویل‌دار در صورت عدم جایگزینی مبدل صفحه‌ای در هر صورت باید تأمین شود. علاوه بر این بر اساس مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان هر واحد مسکونی باید حداقل دارای ۱۱۰ لیتر آب

هستند. تفاوت اصلی این دو نوع مبدل در نوع آب‌بندی آنها می‌باشد. در مبدل‌های لچیم شده از اتصالات دائمی جهت آب‌بندی استفاده شده ولی در نوع صفحه و فریم از واشرهای آب‌بندی و پیچ استفاده شده است. به همین دلیل اجزای مبدل صفحه و فریم قابلیت جدا شدن از هم را دارا هستند [۲]. در شکل ۱، مبدل‌های حرارتی صفحه و فریم و صفحه‌ای لچیم شده نمایش داده شده‌اند.

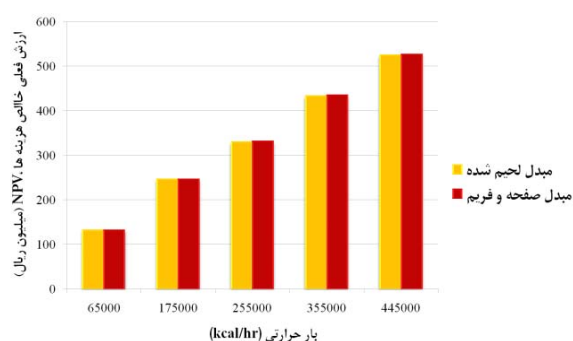


شکل ۱: مبدل‌های صفحه‌ای لچیم شده (راست) و صفحه و فریم (چپ)

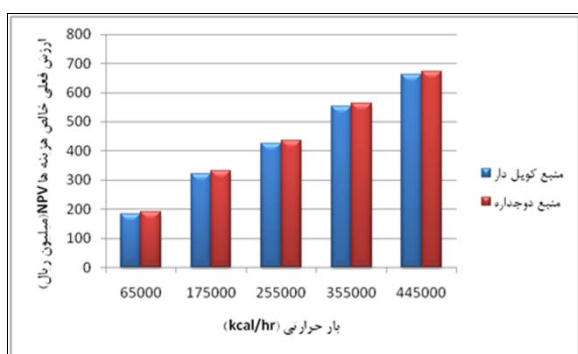
استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در سیستم حرارت مرکزی مزایایی نظیر کاهش حجم و وزن، افزایش عمر و افزایش بازده سیستم را به همراه خواهد داشت. باید توجه داشت که رسوب‌گیری که یکی از عوامل اصلی افت بازده سیستم‌های حرارت مرکزی می‌باشد، در صورت استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای کاهش می‌یابد. علاوه بر این، شستشوی رسوب در این مبدل‌ها آسان‌تر از منبع کویل‌دار است. در صورت استفاده از مبدل حرارتی صفحه و فریم می‌توان صفحات حرارتی را باز کرده و رسوب را بطور کامل شست.

یکی دیگر از مزایای استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در سیستم حرارت مرکزی، کاهش زمان راه‌اندازی سیستم و افزایش سرعت پاسخ‌گویی آن است. در صورت افزایش ناگهانی مصرف در سیستم‌های حرارت مرکزی که از منبع

هفتمین همایش ملی انرژی



شکل ۲: مقایسه مبدل حرارتی صفحه و فریم و لحم شده



شکل ۳: مقایسه منبع کویل‌دار و منبع دوجداره

با توجه به هزینه خرید کمتر مبدل صفحه‌ای لحم شده نسبت به مبدل صفحه و فریم و همچنین بازده بیشتر منبع کویل‌دار نسبت به منبع دوجداره، در تحلیل اقتصادی جایگزینی مبدل صفحه‌ای لحم شده بجای منبع کویل‌دار مطالعه می‌شود.

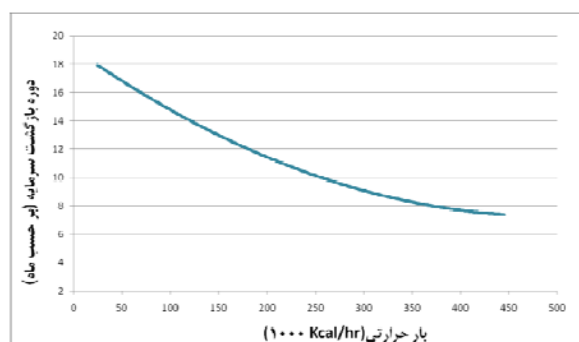
به منظور اطمینان از نتایج حاصل از تحلیل اقتصادی بیشترین بازده حرارتی برای منبع کویل‌دار و کمترین بازده حرارتی برای مبدل حرارتی صفحه‌ای لحم شده مورد استفاده قرار گرفته است. این مقادیر به ترتیب ۸۰ و ۹۰ درصد می‌باشند.

جهت بررسی صحت نتایج بدست آمده، ارزش فعلی خالص هزینه گاز یک ساختمان واقعی با بار حرارتی ۴۰۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت بر اساس قبوض گاز آن محاسبه شده و با مقدار تخمین زده شده مقایسه شده است. ارزش فعلی خالص هزینه این ساختمان در طول ۳۰ سال برابر ۱۱۰ میلیون ریال است که در مدل در نظر گرفته شده ۱۳۰ میلیون ریال تخمین

گرم ذخیره باشد. به همین دلیل هزینه تهیه مخزن آب گرم نیز باید به عنوان هزینه اولیه اجرای طرح جایگزینی در ساختمان‌های در دست احداث در نظر گرفته شود. در صورت جایگزینی مبدل حرارتی صفحه‌ای بجای یک منبع کویل‌دار در سیستم‌های حرارت مرکزی موجود، قیمت خرید مبدل حرارتی صفحه‌ای بیانگر میزان سرمایه‌گذاری مورد نیاز می‌باشد. در ضمن در این حالت از مخزن موجود نیز برای ذخیره آب گرم استفاده می‌شود. به همین دلیل نیازی به در نظر گرفتن هزینه تهیه مخزن ذخیره آب گرم نیست. در هر بخش از بررسی اقتصادی، جایگزینی مبدل حرارتی صفحه‌ای از دو دیدگاه مصرف‌کننده و ملی مورد مطالعه قرار گرفته است. درآمد حاصل از انجام طرح از دیدگاه مصرف‌کننده برابر کاهش هزینه گاز مصرفی و از دیدگاه ملی برابر درآمد حاصل از فروش میزان گاز صرفه‌جویی شده به قیمت منطقه‌ای به کشورهای دیگر می‌باشد. قیمت منطقه‌ای مورد استفاده در تحلیل اقتصادی برابر ۳۲ سنت در نظر گرفته شده است. به منظور بررسی تأثیر تغییر قیمت منطقه‌ای گاز، آنالیز حساسیت نیز بر روی این پارامتر صورت گرفته است. همچنین در مدل اقتصادی نرخ تنزیل، نیز به منظور محاسبه هزینه‌ها و درآمدها در سال‌های آتی در نظر گرفته شده است.

در اکثر سیستم‌های حرارت مرکزی موجود در کشور از منبع کویل‌دار و یا منبع دوجداره استفاده می‌شود. همانگونه که ذکر شد، از هر یک از دو نوع مبدل صفحه و فریم و صفحه‌ای لحم شده می‌توان بجای این منابع استفاده کرد. با توجه به شکل ۲، تفاوت ارزش فعلی خالص هزینه‌ها در صورت استفاده از مبدل صفحه و فریم با مبدل صفحه‌ای لحم شده در طول ۳۰ سال قابل توجه نیست. به همین صورت، تفاوت ارزش فعلی خالص هزینه‌های استفاده از منبع کویل‌دار و یا منبع دوجداره نیز ناچیز است. این موضوع نیز در شکل ۳ نمایش داده شده است. با توجه به شکل‌های ۲ و ۳ می‌توان نتیجه گرفت که از لحاظ اقتصادی تفاوت بین هزینه استفاده از مبدل صفحه و فریم با مبدل صفحه‌ای لحم شده و همچنین منبع کویل‌دار با منبع دوجداره قابل نظر است.

هفتمین همایش ملی انرژی



شکل ۴: دوره بازگشت سرمایه در بارهای حرارتی مختلف در ساختمان-های در دست احداث

همانگونه که از شکل ۴ مشخص است طول دوره بازگشت سرمایه برای بارهای حرارتی ۵۰۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰۰ کیلو کالری در بازه ۱۸ تا ۸ ماه تغییر می‌کند. این شکل نشان می‌دهد که انجام طرح جایگزینی مبدل حرارتی صفحه‌ای در ساختمان-های در دست احداثی که مصرف گاز بالایی دارند، صرفه اقتصادی بیشتری دارد.

انجام طرح جایگزینی در ساختمان‌های در دست احداث از دیدگاه ملی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در این بررسی در آمد حاصل از فروش میزان گاز صرفه جویی شده به خارج از کشور برابر سود حاصل از سرمایه گذاری می‌باشد.

میزان صرفه جویی سالانه گاز در صورت اجرای طرح جایگزینی در ساختمانی که مصرف سالانه گاز آن C متر مکعب باشد با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$SAVE = \frac{\eta_{PH} - \eta_{Coil}}{\eta_{PH}} \times C = \frac{0.1}{0.9} = 0.11 \quad (3)$$

در رابطه ۳، η_{PH} و η_{Coil} به ترتیب بیانگر بازده مبدل صفحه‌ای و بازده منبع کویل‌دار هستند. از آنجا که هر واحد مجهز به سیستم حرارت مرکزی در کشور حدود ۲۴۷۵ متر مکعب گاز طبیعی در سال مصرف می‌کند [۱] [۵]، میانگین صرفه جویی گاز به ازای اجرای طرح در هر واحد برابر ۲۷۵ متر مکعب است. باید توجه داشت که هزینه اجرای طرح به ازای هر واحد نیز برابر هزینه مربوط به واحدی با مساحت ۱۶۵ متر مربع می‌باشد. این مساحت برابر میانگین

زده می‌شود. این نتایج وجود خطایی حدود ۱۸ درصد را نشان می‌دهد.

۲-۱-۲ بررسی اقتصادی اجرای طرح در سیستم‌های حرارت مرکزی در دست احداث

به منظور بررسی اقتصادی اجرای طرح در سیستم‌های حرارت مرکزی در دست احداث، ابتدا باید میزان اتلاف حرارت از مخزن ذخیره آب گرم محاسبه شود. به منظور محاسبه میزان انتقال حرارت از سطوح مخزن ذخیره از رابطه ۲ استفاده می‌شود [4]. در این بررسی به ازای هر ۴ واحد یک مخزن ۵۰۰ لیتری در نظر گرفته شده است.

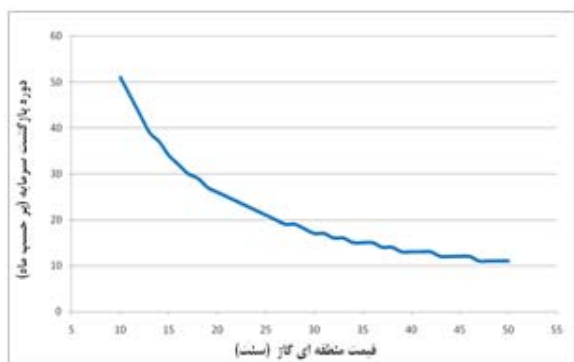
$$\overline{Nu}_D = C Ra_D^n \quad (2)$$

در رابطه فوق Ra_D بیانگر عدد رایلی می‌باشد. در ضمن ضرایب C و n با توجه به مقدار عدد رایلی در مرجع [4] ارائه شده اند. با استفاده از رابطه ۲ میزان اتلاف حرارت از مخزن ذخیره آب گرم به ازای هر واحد برابر ۱۰۰ کیلو کالری بر ساعت بدست می‌آید. سپس میزان مصرف گاز بر حسب میزان بار حرارتی ساختمان، بازده سیستم حرارت مرکزی و میزان اتلاف گرما از طریق مخزن ذخیره آب گرم (در صورت استفاده از مبدل صفحه‌ای) محاسبه می‌گردد. اختلاف مصرف گاز در سیستم‌های حرارت مرکزی مجهز به منبع کویل‌دار و مبدل صفحه‌ای بیانگر میزان صرفه جویی مصرف گاز می‌باشد. هزینه معادل گاز صرفه جویی شده بدلیل جایگزینی مبدل حرارتی صفحه‌ای بیانگر میزان سود حاصل از سرمایه‌گذاری انجام شده جهت جایگزینی می‌باشد.

بر اساس نتایج بدست آمده، دوره بازگشت سرمایه گذاری انجام شده در ساختمان‌هایی با بارهای حرارتی مختلف، متفاوت است. این نتایج که در شکل ۴ نمایش داده شده است نشان می‌دهد دوره بازگشت سرمایه با افزایش بار حرارتی ساختمان که بیانگر میزان مصرف آن نیز می‌باشد، کاهش می‌یابد.

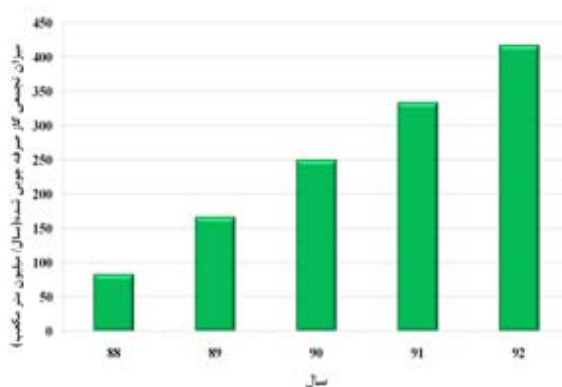
هفتمین همایش ملی انرژی

همانگونه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، دوره بازگشت سرمایه با افزایش قیمت منطقه‌ای گاز کاهش می‌یابد. این موضوع به این معناست که صرفه اقتصادی حمایت ملی از اجرای طرح جایگزینی در سیستم‌های حرارت مرکزی موجود در صورت افزایش قیمت فروش گاز طبیعی به سایر کشورها از لحاظ اقتصادی افزایش می‌یابد. نکته قابل توجه این است که در صورت کاهش این قیمت، علاوه بر افزایش دوره بازگشت سرمایه، نرخ افزایش آن نیز زیاد می‌شود.



شکل ۷: آنالیز حساسیت دوره بازگشت سرمایه از دیدگاه ملی در سیستم‌های موجود روی قیمت منطقه‌ای گاز

میزان تجمعی گاز صرفه جویی شده در هر سال در صورت اجرای طرح جایگزینی در سیستم‌های حرارت مرکزی موجود نیز در شکل ۸ نمایش داده شده است.



شکل ۸: میزان صرفه جویی تجمعی گاز در سیستم‌های موجود

با توجه به میزان قابل توجه گاز صرفه جویی شده در صورت اجرای طرح جایگزینی و دوره بازگشت سرمایه اجرای آن از دیدگاه ملی، سرمایه‌گذاری در این بخش از لحاظ اقتصادی

عبارت دیگر استفاده از مبدل حرارتی صفحه‌ای در ساختمان‌هایی که مصرف سالانه گاز آنها زیاد است از لحاظ اقتصادی بصره‌تر می‌باشد. البته باید به این نکته نیز توجه داشت که در ساختمانی با بار حرارتی ۴۵۰۰۰۰ کیلو کالری بر ساعت (دارای ۳۰ واحد مسکونی) دوره بازگشت سرمایه حدود ۶۵ ماه است. این میزان دوره بازگشت سرمایه بیانگر عدم صرفه اقتصادی مناسب جهت ترغیب مصرف‌کننده به اجرای طرح جایگزینی مبدل حرارتی صفحه‌ای بجای مبدل موجود در سیستم حرارت مرکزی می‌باشد. به همین دلیل حمایت‌های دولتی جهت افزایش تمایل مصرف‌کنندگان به اجرای طرح لازم به نظر می‌رسد.

از آنجا که در صورت سرمایه‌گذاری ملی امکان اجرای طرح جایگزینی در تمام واحدها در سال اول سرمایه‌گذاری وجود ندارد، باید رویه خاصی جهت اجرای آن در نظر گرفته شود. در این مقاله فرض شده که در هر سال تنها ۲۰٪ از واحدهای دارای سیستم حرارت مرکزی به مبدل حرارتی صفحه‌ای مجهز می‌شوند تا پس از ۵ سال تمام واحدهای مذکور در سیستم حرارت مرکزی به مبدل صفحه‌ای مجهز شده باشند. البته سهم سرمایه‌گذاری دولت در این تحلیل اقتصادی ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده است که می‌توان آن را کاهش داده و مقداری از بار سرمایه‌گذاری آن را به مصرف‌کننده انتقال داد.

همانند تحلیل انجام شده در مورد سیستم‌های حرارت مرکزی در دست‌آورد، هزینه‌ها و درآمدها در این تحلیل نیز برای ساختمانی با مساحت میانگین واحدهای مسکونی کشور محاسبه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده دوره بازگشت سرمایه در هر سال اجرای طرح، برابر ۱۶ ماه به دست می‌آید.

این مقدار دوره بازگشت سرمایه نیز با توجه به قیمت منطقه‌ای ۳۲ سنت به ازای هر متر مکعب گاز محاسبه شده است. به منظور بررسی تأثیر تغییر این قیمت بر طول دوره بازگشت سرمایه آنالیز حساسیت بر روی این پارامتر انجام شده که نتایج آن در شکل ۷ نمایش داده شده است.

هفتمین همایش ملی انرژی

[۲] Incropera F. P., (2006) "Fundamentals of Heat and Mass Transfer" John Wiley & Sons, 997p

[۵] موسسه مطالعات بین المللی انرژی، (۱۳۸۷). "ترازنامه هیدروکربوری کشور در سال ۱۳۸۶" موسسه مطالعات بین المللی انرژی، ۴۴۶ صفحه

مقرون به صرفه به نظر می‌رسد.

۲-۳- لزوم اجرای مبحث ۱۴ قوانین ملی ساختمان

همانگونه که اشاره شد، بر اساس مبحث ۱۴ قوانین ملی ساختمان هر واحد مسکونی باید دارای مقدار ۱۱۰ لیتر آب گرم ذخیره باشد. این امر منجر به لزوم استفاده از یک منبع ذخیره آب شده و تلفات حرارتی را به سیستم حرارت مرکزی تحمیل می‌کند. از آنجا که سرعت پاسخ‌گویی مبدل صفحه‌ای نسبت به تغییرات دما بسیار زیاد است، در صورت استفاده از آن دیگر نیازی به ذخیره آب گرم مطابق مبحث ۱۴ ساختمان نخواهد بود و در واقع مزیت اصلی این نوع مبدل در جهت کاهش مصرف انرژی، در صورت حذف مخزن آب، نمایان تر خواهد شد و صرفه اقتصادی اجرای طرح افزایش خواهد یافت.

۳. نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام شده انجام طرح جایگزینی مبدل صفحه بجای منبع کوپل‌دار از دیدگاه مصرف‌کننده، تنها در سیستم‌های حرارت مرکزی در دست احداث توجیه اقتصادی دارد. از دیدگاه ملی نیز سرمایه‌گذاری انجام شده در اجرای طرح در سیستم‌های در دست احداث و موجود نیز به ترتیب دارای دوره بازگشت سرمایه ۹ و ۱۶ ماه می‌باشند.

مراجع

[۱] مرکز آمار ایران. (۱۳۸۷). "سالنامه آماری کشور در سال ۱۳۸۵" مرکز آمار ایران. ۸۲۶ صفحه

[۲] Wang L., Sunden B., and Manglik R. M. (2007) "Plate Heat Exchangers: Design, Applications and Performance" Southampton, Boston, WITpress, 270p

[۳] اسکونژاد، محمد مهدی. (۱۳۸۷). "اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی." دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۴۶۴ صفحه.