

بررسی انتشار آلودگی و مصرف سوخت در سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما برای منازل مسکونی در آب و هوای معتدل ایران

نام و نام خانوادگی حسن قاسم زاده^۱، مهدی معرفت^۲، عزیز عظیمی^۳

دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی

[*ghasemzadeh_hasan@yahoo.com](mailto:ghasemzadeh_hasan@yahoo.com)

چکیده

در سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما با مصرف سوخت توسط محرک مورد نظر برق مورد نیاز تولید می‌شود و با بازیافت گرمای هدر رفته، گرمای مورد نیاز و همچنین با مصرف این گرما توسط چیلر جذبی، سرمای مورد نیاز تامین می‌شود. در این پژوهش، سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما نسبت به سیستم رایج برای منازل مسکونی در آب و هوای معتدل ایران، با معرفی چند معیار برای ارزیابی از جمله کاهش مصرف سوخت و کاهش انتشار آلودگی مقایسه شده است. برای طراحی سیستم تولید همزمان نیز استراتژی‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته که این استراتژی‌ها عبارتند از: ۱- طراحی براساس ماکزیمم برق مورد نظر، ۲- طراحی براساس ماکزیمم گرمای مورد نیاز، ۳- طراحی براساس بزرگترین مستطیل برق مورد نظر، ۴- طراحی براساس بزرگترین مستطیل گرمای مورد نیاز. با توجه به بررسی انجام شده برای ساختمان مسکونی پنج طبقه به این نتیجه رسیده شده که طراحی سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما براساس بزرگترین مستطیل برق و گرمای مورد نیاز در آب و هوای معتدل برای ماههای سرد سال مناسب می‌باشد ولی برای ماه‌های گرم سال به دلیل نیاز به بویلر کمکی برای تامین گرمای درخواستی بسیار زیاد چیلر جذبی برای تامین سرما مناسب نمی‌باشد و طراحی براساس ماکزیمم برق جز دو ماه از ماه‌های سرد سال در بقیه ماههای سال کارایی ندارد و طراحی براساس ماکزیمم گرما نیز در تمام ماه‌های سال نامناسب می‌باشد، در نهایت با توجه به مقایسه سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما توسط چیلر جذبی نسبت به سیستم رایج مزیت نسبی قابل توجهی ندارد.

واژه‌های کلیدی: تولید همزمان برق، گرما و سرما- مصرف سوخت- انتشار آلودگی- چیلر جذبی

۱- مقدمه

در طول سال‌های گذشته قیمت انرژی‌های فسیلی به طور قابل توجهی افزایش یافته است، مثلاً قیمت نفت خام از تقریباً ۲۰ دلار آمریکا در سال ۱۹۹۵ به مقداری در حدود ۸۰ دلار در حال حاضر (۲۰۱۱) رسیده است. قیمت بقیه منابع فسیلی هم به طریق مشابه افزایش یافته است. افزایش قیمت‌های انرژی از یک طرف کمیابی این منابع را آشکار می‌سازد و نشان می‌دهد که نیاز به تغییر در عادات مصرف انرژی خود داریم و از طرف دیگر قیمت‌های بالا سبب توسعه فناوری‌های جدیدی برای تولید انرژی می‌شوند، یکی از این فناوری‌های نوین تولیدات همزمان برق، گرما و سرما (Combined cooling, heating and power=CCHP) می‌باشند.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، تربیت مدرس تهران

^۲ دانشیار، تربیت مدرس تهران

^۳ استادیار، شهید جمران اهواز

FCCI2012-6007

سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما سیستم‌هایی می‌باشند که در آن یک محرک (prime mover) اولیه با مصرف سوخت و انتقال نیروی مکانیکی به یک ژنراتور قادر به تولید برق می‌شود که فرق این سیستم با سیستم‌های رایج تولید برق این است که در این سیستم‌ها با بازیافت گرمای هدر رفته از محرک مورد نظر می‌توان گرمای مورد نیاز برای مصارف گرمایشی را تامین کرد. در تولید برق به روش رایج درصدی از برق تولیدی در زمان توزیع و انتقال برق به مصرف کننده هدر می‌رود و همچنین آلودگی زیاد روش رایج نسبت به روش تولید همزمان باعث شده که سیستم تولید همزمان برق و گرما در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از کشورها قرار گرفته و تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است [۱-۲].

از جمله این تحقیقات می‌توان به آنالیز و بهینه سازی سیستم تولید همزمان براساس انرژی، اقتصادی و محیطی توسط ماگو و چمرا در سال ۲۰۰۹ اشاره کرد، و همچنین در همین سال فومو، ماگو و چمرا به آنالیز سیستم تولید همزمان بر اساس مصرف سوخت اولیه پرداختند [۱۰]. در سال ۲۰۱۰ هونگبو و گائو به ارزیابی محیطی و اقتصادی سیستم تولید همزمان برق و گرما در استراتژی‌های مختلف برای ساختمان‌های ژاپن پرداختند [۷]. در سال ۲۰۰۹، فومو و چمرا به آنالیز عملکرد سیستم تولید همزمان برق و گرما براساس استراتژی بار گرمایی و بار الکتریکی پرداختند [۳]. در سال ۲۰۰۳، کاردونا و پیانچزا به بررسی روشی جدید به نام بزرگترین مستطیل (Maximum rectangle) برای طراحی تولید همزمان در آب و هوای مدیترانه ای پرداخت [۶]. در سال ۲۰۰۴ جلالزاده به مقایسه سیستم تولید همزمان براساس استراتژی گرمایی و الکتریکی پرداخته است [۹]. در سال ۲۰۰۵، یوگورسال و نایت به بررسی تکنولوژی‌های موجود برای طراحی سیستم تولید همزمان در کاربردهای خانگی پرداخته است [۴].

در این پژوهش با توجه به استراتژی‌های طراحی و معیارهای کاهش مصرف سوخت (Primary energy saving=PES) و کاهش انتشار آلودگی (Carbon dioxide emission reduction=CDER) به بررسی سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما نسبت به سیستم رایج پرداخته شده و استراتژی مناسب برای طراحی سیستم تولید همزمان انتخاب می‌شود و در ادامه در بخش دوم به محاسبه انرژی مورد نیاز، در بخش سوم به ارائه روابط ریاضی بین اجزای سیستم تولید همزمان و سیستم رایج، در بخش چهارم به معرفی معیارهای ارزیابی مصرف سوخت و انتشار آلودگی، در بخش پنجم به معرفی استراتژی‌های طراحی و در نهایت در بخش ششم به بیان نتایج پرداخته شده است.

۲- محاسبه انرژی‌های مورد نیاز منزل مسکونی مورد بررسی

ساختمانی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است واقع در شهر تهران و دارای ۵ طبقه که هر طبقه شامل یک واحد می‌باشد و مساحت هر طبقه نیز ۹۰ متر مربع می‌باشد و همچنین تعداد اعضای ساکن در هر واحد ۴ نفر می‌باشند. برای محاسبه انرژی الکتریکی مورد نیاز، برق مصرفی توسط تجهیزات الکتریکی و لامپ‌ها را با توجه به زمان استفاده تجهیزات برای یک طبقه محاسبه کرده و با توجه به ضریب همزمانی برای پنج طبقه محاسبه می‌شود و برای محاسبه انرژی گرمایی و سرمایی مورد نیاز از نرم افزارهایی که برای این کار وجود دارد استفاده شده است. برای محاسبه انرژی گرمایی مورد نیاز برای تامین آب گرم نیز به صورت زیر انجام می‌شود [۱۶]:

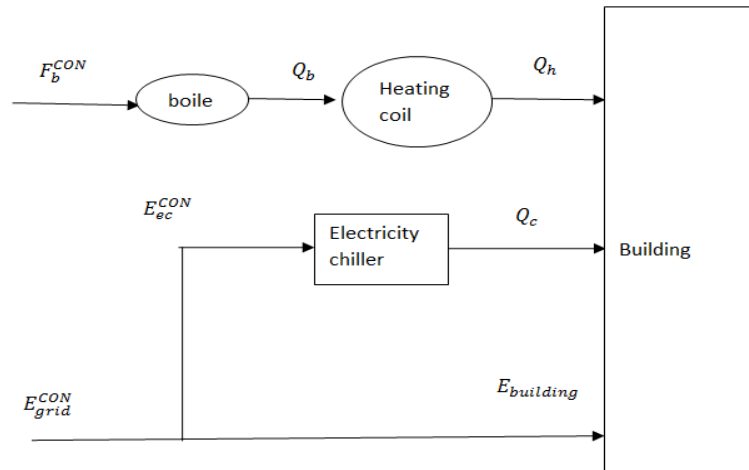
میانگین آب گرم مصرفی برای استحمام برای ۴ نفر، ۳۵۸/۵ لیتر بر روز و دمای مورد نیاز نیز ۴۱/۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است و همچنین برای آب گرم مصرفی برای شستن ظرف‌ها نیز ۳۰ لیتر بر روز با دمای ۵۲ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است. و با توجه به فرمول زیر می‌توان گرمای مورد نیاز را محاسبه کرد:

$$Q = \rho_w C_w [V_1(T_1 - T_0) + V_2(T_2 - T_0)] \quad (1)$$

که ρ_w و C_w به ترتیب دانسیته آب و گرمای ویژه می‌باشند و همچنین T_1 و V_1 به ترتیب حجم آب و دمای آب مصرفی برای استحمام و T_2 و V_2 به ترتیب حجم آب و دمای آب مصرفی برای شست و شوی ظرف‌ها می‌باشد و T_0 نیز دمای محیط می‌باشد. همچنین فرض می‌کنیم که مصرف آب گرم به صورت یکنواخت بین ساعت ۵ صبح تا ۱۱ شب صورت می‌گیرد.

۳- روابط و معادلات حاکم بر سیستم ها

۳-۱- سیستم رایج [۸،۵]



شکل ۱- شماتیکی از سیستم رایج

در این سیستم همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است گرمای مورد نظر از بویلر و سرمای مورد نظر نیز از چیلر الکتریکی تامین می‌شود و برق مورد نیاز نیز از شبکه خریداری می‌شود. برق مورد نیاز برای تامین سرمای مورد نیاز برابر است با:

$$E_c = \frac{Q_c}{COP_{ec}} \quad (2)$$

که در آن COP_{ec} ضریب عملکرد چیلر الکتریکی و Q_{ec} سرمای مورد نیاز می‌باشد. برق مورد نیاز در سیستم رایج برابر است با:

$$E_{total} = E_{grid} = E_c + E_{building} \quad (3)$$

مقدار سوخت مصرف شده برای تامین برق مورد نیاز برابر است:

$$F_e^{CON} = \frac{E_t}{\eta_e^{CON} \eta_{dist}} \quad (4)$$

که η_{dist}^{CON} و η_e^{CON} به ترتیب راندمان نیروگاه برق و راندمان توزیع می‌باشند. مقدار سوخت مصرفی برای تامین گرمای مورد نیاز برابر است با:

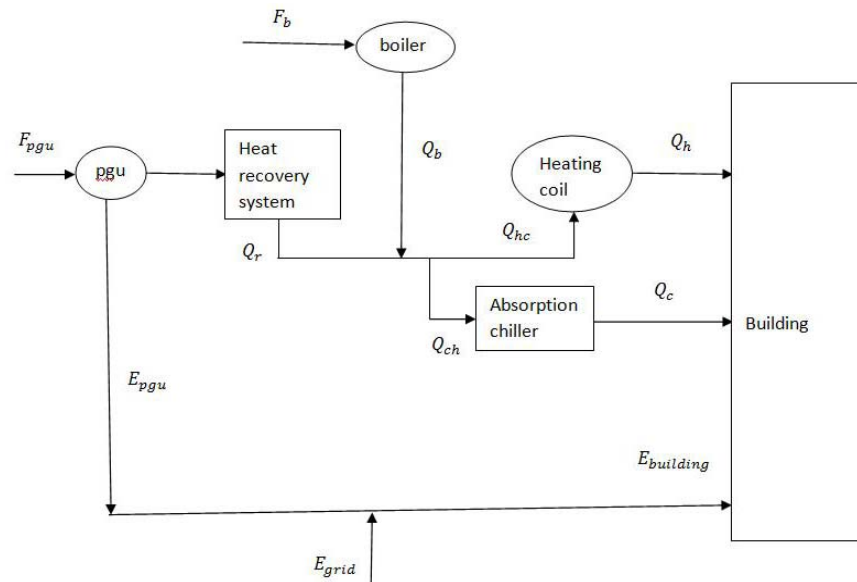
$$F_b^{CON} = \frac{Q_h}{\eta_{hc} \eta_b} \quad (5)$$

که Q_h گرمای مورد نیاز، η_b و η_{hc} به ترتیب راندمان بویلر و کوئل گرمایشی می‌باشند. و مجموع سوخت مصرفی در روش رایج برابر است با:

$$F^{CON} = F_b^{CON} + F_e^{CON} \quad (6)$$

۲-۳- سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما [۸،۵]

در این حالت سرمای مورد نیاز فقط از طریق چیلر جذبی تامین می‌شود.



شکل ۲- شماتیکی از سیستم تولید همزمان برق و گرما و سرما

در این روش محرک اولیه با مصرف گاز طبیعی به عنوان سوخت به کمک ژنراتور به تولید برق می‌پردازد و گرمای بازیافت شده از محرک اولیه برای تامین نیاز گرمایشی در زمستان و همچنین در تابستان نیز گرمای بازیافت شده توسط چیلر جذبی مصرف و به سرمای مورد نیاز می‌پردازد. در این روش برق مورد نیاز برابر است با:

$$E_{total} = E_{grid} + E_{pgu} \quad (7)$$

که E_{pgu} برق تولیدی توسط محرک اولیه می‌باشد و E_{grid} مقدار برق خریداری شده از شبکه در صورت نیاز می‌باشد و سوخت مصرف شده توسط محرک برابر است با:

$$F_{pgu} = \frac{E_{pgu}}{\eta_e} \quad (8)$$

که η_e راندمان الکتریکی محرک مورد نظر می‌باشد. گرمای بازیافت شده از محرک مورد نظر برابر است با:

$$Q_r = F_{pgu} (\eta_r (1 - \eta_e)) \quad (9)$$

که η_r راندمان سیستم بازیافت گرما می‌باشد. مقدار گرمای لازم برای تامین سرمای مورد نیاز برابر است:

$$Q_{ch} = \frac{Q_c}{COP_{ac}} \quad (10)$$

مقدار گرمای لازم برای تامین گرمای مورد نیاز برابر است با:

$$Q_{hc} = \frac{Q_h}{\eta_h} \quad (11)$$

که COP_{ac} برابر ضریب عملکرد چیلر جذبی می‌باشد. مقدار سوختی که توسط بویلر برای تامین گرمای مورد نیاز مصرف می‌شود برابر است با:

$$F_b = \frac{Q_{ch} + Q_{hc} - Q_r}{\eta_b} \quad (12)$$

و مجموع مقدار سوخت مصرفی در این روش برابر است با:

$$F^{CCHP} = F_{pgu} + F_b \quad (13)$$

۴- معیارهای ارزیابی

۴-۱- صرفه جویی در مصرف سوخت

براساس این معیار مقدار صرفه جویی که در مصرف سوخت برای تامین انرژی مورد نیاز سیستم تولید همزمان نسبت به سیستم رایج می‌شود را محاسبه می‌کنیم و با مقایسه مصرف سوخت در دو حالت می‌توان به ارزیابی سیستم تولید همزمان نسبت به تولید رایج پرداخت.

$$PES = \frac{F^{CON} - F^{CCHP}}{F^{CON}} \quad (14)$$

۴-۲- کاهش انتشار آلودگی

براساس این معیار و با مقایسه مقدار انتشار آلودگی در حالت سیستم تولید همزمان و سیستم رایج می‌توان به ارزیابی سیستم تولید همزمان نسبت به رایج پرداخت.

$$CDER^{CON} = \mu_f F_b + \mu_e E_{total} \quad (15)$$

$$CDER^{CCHP} = \mu_f (F_b + F_{pgu}) + \mu_e E_{total} \quad (16)$$

$$CDER = \frac{CDER^{CON} - CDER^{CCHP}}{CDER^{CON}} \quad (17)$$

که μ_f و μ_e به ترتیب ضریب تبدیل انتشار آلودگی برای گاز طبیعی و برق شبکه می‌باشد.

۵- استراتژی‌های طراحی

طراحی براساس ماکزیمم گرمای مورد نیاز (Maximum thermal demand management=MTDM): در این روش محرک طوری انتخاب می‌شود که ماکزیمم گرمای مورد نیاز را تامین کند و برق تولیدی اگر کمتر از برق مورد نیاز باشد می‌توان از شبکه خریداری کرد و اگر بیشتر از برق مورد نیاز باشد در صورت امکان به شبکه فروخت و یا در باتری ذخیره کرد [۹].

طراحی براساس ماکزیمم برق مورد نیاز (Maximum electricity demand management=MEDM): در این روش محرک اولیه طوری انتخاب می‌شود که ماکزیمم برق مورد نیاز را تامین کند و اگر گرمای بازیافت شده از محرک اولیه کمتر از گرمای مورد نیاز باشد می‌توان با بویلر کمکی کمبود گرما را تامین کرد و اگر بیشتر از گرمای مورد نیاز باشد در صورت امکان می‌توان برای مصارف دیگر استفاده کرد [۹].

طراحی براساس بزرگترین مستطیل گرمای مورد نیاز (Thermal maximum rectangle management=TMRM): در این روش ابتدا نمودار تعداد ساعتها - گرمای مورد نیاز را رسم می‌کنیم و سپس بزرگترین مستطیل ممکن را زیر نمودار رسم می‌کنیم و نقطه‌ای که مستطیل رسم شده محور عمودی (گرما) را قطع می‌کند در حقیقت مقدار گرمای بازیافت شده از محرک را مشخص می‌کند یعنی محرک مورد نظر طوری انتخاب شود که گرمای بازیافت شده به مقدار Y باشد و برق تولیدی اگر کمتر

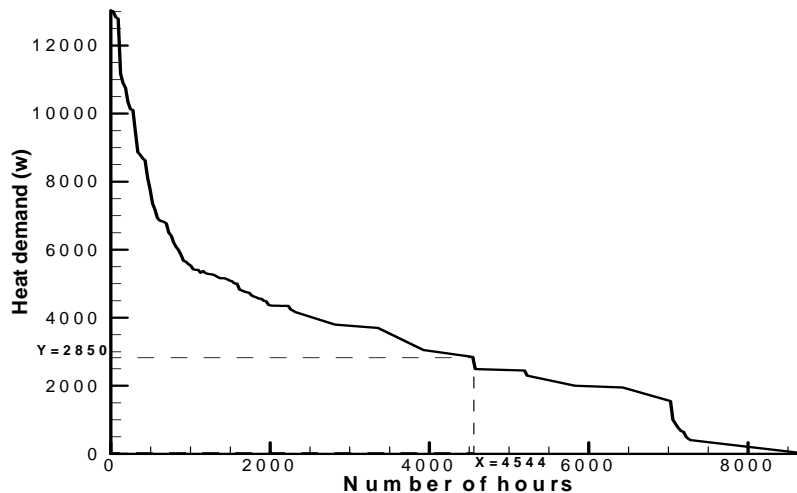
FCCI2012-6007

از مقدار مورد نیاز باشد از شبکه خریداری و همچنین گرمای بازیافت شده کمتر از مقدار مورد نیاز باشد توسط بویلر تامین و اگر از مقدار مورد نظر بیشتر باشد در صورت امکان برای مصارف دیگر به کار می‌رود [۶].

طراحی براساس بزرگترین مستطیل برق مورد نیاز (Electricity maximum rectangle management=EMRM): در این روش ابتدا نمودار تعداد ساعتها - برق مورد نیاز را رسم می‌کنیم و سپس بزرگترین مستطیل ممکن را رسم و نقطه‌ای که مستطیل رسم شده محور عمودی (برق) را قطع می‌کند در حقیقت ظرفیت برق تولیدی توسط محرک را مشخص می‌کند [۶].

۶- نتایج

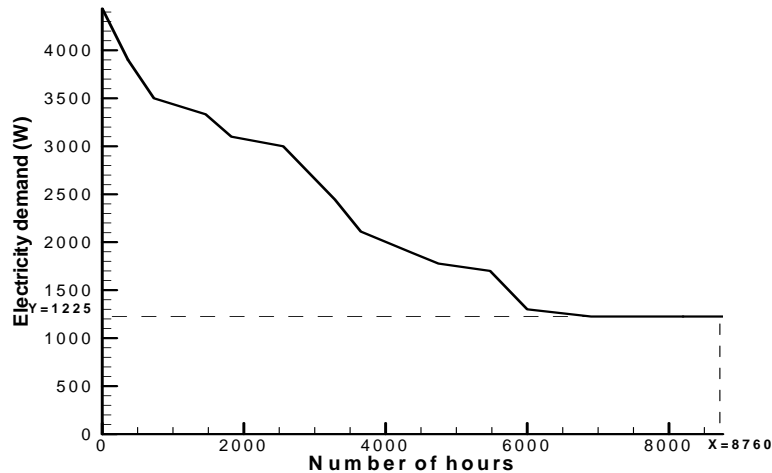
برای مشخص کردن ظرفیت محرک برای طراحی سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما به روش بزرگترین مستطیل لازم است نمودارهای گرمای مورد نیاز- تعداد ساعتها را رسم می‌کنیم. برای رسم نمودار گرما- تعداد ساعتها ابتدا مقدار گرمای مورد نیاز برای سیستم گرمایشی و آب گرم مصرفی را در تمام ساعت‌های سال محاسبه کرده و سپس نمودار گرما- تعداد ساعتها را طوری که گرمای مورد نیاز از ماکزیمم به مینیمم مرتب کرده و همچنین تعداد ساعت‌هایی که این مقدار گرما مورد نیاز می‌باشد را مشخص می‌کنیم و سپس نمودار مقدار گرما- تعداد ساعتها را رسم می‌کنیم و براساس نمودار رسم شده بزرگترین مستطیل ممکن زیر نمودار را رسم می‌کنیم و نقطه‌ای که مستطیل رسم شده محور عمودی را قطع می‌کند را ظرفیت گرمای بازیافت شده از محرک در نظر می‌گیریم، یعنی محرک طوری انتخاب شود که این مقدار گرما را بتوان از آن بازیافت نمود. طبق نمودار ۱، برای ساختمان مسکونی مورد بررسی، با توجه به محاسبه گرمای مورد نیاز و رسم نمودار گرما-تعداد ساعتها و بزرگترین مستطیل ممکن زیر نمودار مشخص شده است که محرک باید طوری انتخاب شود که مقدار ۲۸۵۰ وات گرما را بتوان از محرک بازیافت نمود.



نمودار ۱- منحنی تعداد ساعتها- گرمای مورد نیاز

برای رسم نمودار برق مورد نیاز- تعداد ساعتها، مقدار برق مصرفی توسط تجهیزات روشنایی و الکتریکی بدون در نظر گرفتن برق مصرفی توسط تجهیزات سرمایشی را در تمام ساعت‌های سال محاسبه می‌کنیم و مانند روش قبل برق مورد نیاز را از ماکزیمم به مینیمم مرتب کرده و همچنین تعداد ساعت‌هایی که این مقدار برق مورد نیاز می‌باشد را مشخص می‌کنیم و سپس نمودار برق مورد نیاز- تعداد ساعتها را رسم کرده و براساس نمودار رسم شده بزرگترین مستطیل ممکن زیر نمودار را رسم می‌کنیم و نقطه‌ای که مستطیل رسم شده محور عمودی (برق) را قطع کرده، مقدار برق تولیدی توسط محرک در نظر می‌گیریم یعنی محرک باید طوری انتخاب شود که این مقدار برق را تولید کند. طبق نمودار ۲ برای ساختمان مسکونی مورد بررسی، با

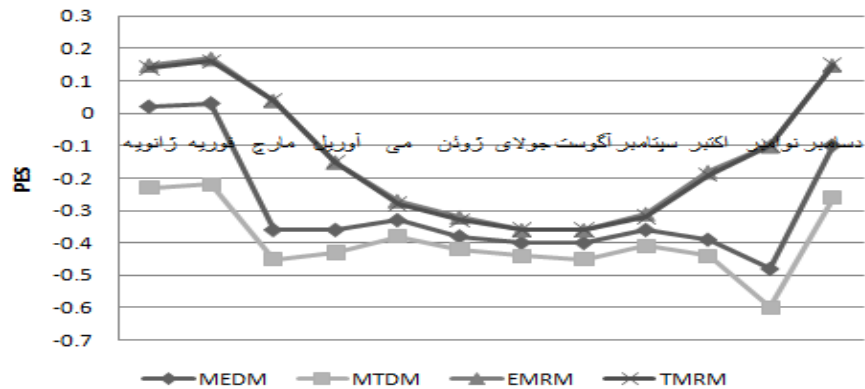
توجه به محاسبه برق مورد نیاز و رسم نمودار برق - تعداد ساعتها و رسم بزرگترین مستطیل ممکن زیر نمودار مشخص شده که محرک باید طوری انتخاب شود که مقدار ۱۲۲۵ وات برق تولید نماید.



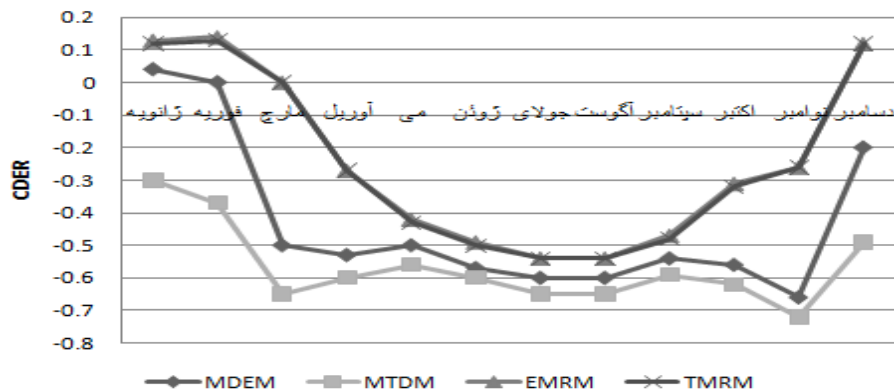
نمودار ۲- منحنی تعداد ساعتها - برق مورد نیاز

جدول ۱- مشخصات سیستمها [۱۱-۱۵]

مقدار	نشانه	متغیر
Conventional system		
۰/۳۲	η_e^{CON}	efficiency
۳	COP_{ec}	Electric chiller COP
۰/۸	η_{hc}	Heating coil efficiency
۰/۸	η_b	Boiler efficiency
۰/۹۲	η_{dist}	Grid distribution efficiency
CCHP system		
۰/۲۶	η_e	pgu efficiency
۰/۸	η_r	Waste heat recovery system efficiency
۰/۷	COP_{ac}	Absorption chiller COP
Co2 emission conversion factor		
۵۴۵	μ_e	electricity from grid(gr/kwh)
۱۸۵	μ_f	Natural gas(gr/kwh)



نمودار ۳- صرفه جویی در مصرف انرژی در ماه‌های سال بر اساس استراتژی‌های مختلف



نمودار ۴- کاهش انتشار آلودگی در ماه‌های سال بر اساس استراتژی‌های مختلف

با توجه به نمودار ۳ که نمودار صرفه جویی در مصرف سوخت و نمودار ۴ که مقدار کاهش انتشار آلودگی در سیستم تولید هم زمان نسبت به سیستم رایج در ماه‌های مختلف سال در استراتژی‌های مختلف را نشان می‌دهد. استراتژی‌های بزرگترین مستطیل برق و گرمای مورد نیاز (EMRM, TMRM) در چهار ماه سرد سال، دسامبر، ژانویه، فوریه و مارچ که معادل ماه‌های آذر، بهمن و اسفند می‌باشد، مقدار مصرف سوخت در سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما نسبت به سیستم رایج کمتر شده است و همچنین با توجه به کاهش مصرف سوخت مقدار انتشار آلودگی نیز کاهش می‌یابد و در حقیقت نشانه کارایی سیستم تولید همزمان نسبت به سیستم رایج را نشان می‌دهد. به دلیل اینکه طراحی به روش بزرگترین مستطیل برق و گرما در حقیقت مقداری از برق و گرما و برق مورد نیاز را تامین می‌کند و در بیشتر ساعات فصل سرما تولید اضافه‌ای در این روش وجود ندارد و در اکثر ساعات درصدی از گرما و برق مورد نیاز توسط این روش تامین می‌شود در نتیجه مقداری از مصرف سوخت برای تامین گرمایش و برق مورد نیاز و همچنین انتشار آلودگی جلوگیری به عمل می‌آید. در ماه نوامبر که معادل آبان می‌باشد، در آب و هوای معتدل، نیاز بار گرمایشی و سرمایشی آن تقریباً پایین می‌باشد و عملاً اکثر گرمای تولید شده به هدر می‌رود و با توجه به اینکه تولید این مقدار گرمای اضافه با مصرف سوخت همراه می‌باشد در نتیجه مصرف سوخت در این ماه در سیستم تولید همزمان نسبت به سیستم رایج بیشتر می‌باشد و با توجه به افزایش مصرف سوخت، انتشار آلودگی نیز افزایش می‌یابد ولی در ماه‌های دیگر سال به دلیل نیاز بار سرمایشی و با توجه به اینکه بار سرمایشی مورد نیاز در سیستم تولید همزمان فقط توسط چیلر جذبی انجام می‌شود و چیلر جذبی نیز دارای ضریب عملکرد بسیار پایینی دارا می‌باشد و این ضریب عملکرد باعث

FCCI2012-6007

می‌شود که برای تولید سرمای مورد نیاز به گرمای زیادی نیاز داشته باشیم. و با توجه به اینکه گرمای مورد نیاز چیلر جذبی از مقدار گرمای بازیافت شده بیشتر می‌باشد و مجبور به استفاده از بویلر کمکی برای تامین گرمای مورد نیاز می‌باشیم و به همین دلیل مصرف سوخت در سیستم تولید همزمان نسبت به سیستم رایج و همچنین انتشار آلودگی بیشتر می‌باشد. چون در روش رایج سرما توسط چیلر الکتریکی با ضریب عملکرد بالا بدست می‌آید و نیازی به تولید گرما توسط بویلر نمی‌باشد. همانطور که در نمودارها مشخص است هر چه مقدار سرمای مورد نیاز در ماه‌های سال بیشتر باشد مقدار مصرف سوخت نسبت به سیستم رایج و همچنین انتشار آلودگی بیشتر می‌شود.

در روش ماکزیمم برق مورد نیاز محرک طوری انتخاب می‌شود که بیشترین مقدار برق مورد نیاز را تامین کند و با توجه به نمودار ۳ در دو ماه از ماه‌های سرد سال، ژانویه و فوریه که معادل دی و بهمن می‌باشد مصرف سوخت در سیستم تولید همزمان نسبت به سیستم رایج کمتر می‌شود ولی آنچنان اختلاف بارزی ندارند و تقریباً به سمت صفر میل می‌کنند و همانطور که از نمودار مشخص می‌باشد مقدار صرفه جویی در مصرف سوخت در استراتژی ماکزیمم بار الکتریکی نسبت به بزرگترین مستطیل کمتر می‌باشد به خاطر اینکه گرمای تولید شده در روش ماکزیمم بار الکتریکی در بعضی از ساعات ماه‌های سرد سال بیشتر از مقدار گرمای مورد نیاز می‌باشد و این باعث کاهش صرفه‌جویی مصرف سوخت نسبت به بزرگترین مستطیلی که در اکثر ساعات ماه سرد سال تولید اضافه ندارد، می‌شود و این کاهش صرفه‌جویی مصرف سوخت باعث افزایش انتشار آلودگی نسبت به بزرگترین مستطیل می‌شود. در بقیه ماه‌های سرد سال، نوامبر، دسامبر، مارچ که معادل آبان، آذر و اسفند می‌باشد چون گرمای مورد نیاز نسبت به ماه‌های دی و بهمن کمتر می‌باشد و در حقیقت گرمای بازیافت شده بسیار بیشتر از گرمای مورد نیاز می‌باشد و این یعنی تولید گرمای بدون مصرف که در حقیقت با مصرف سوخت بدست آمده است و در نتیجه باعث افزایش مصرف سوخت و افزایش انتشار آلودگی نسبت به سیستم رایج می‌شود. در ماه‌های گرم سال نیز به دلیل نیاز به بویلر کمکی و تامین گرما برای چیلر جذبی تا سرمای مورد نیاز را تامین کند چیلر جذبی به دلیل ضریب عملکرد پایین نسبت به چیلر الکتریکی که برای تامین سرما در سیستم رایج به کار می‌رود باعث افزایش مصرف سوخت و افزایش انتشار آلودگی در سیستم تولید همزمان نسبت به سیستم رایج می‌شود.

در روش ماکزیمم گرمای مورد نیاز نیز سیستم براساس بیشترین گرمای مورد نیاز طراحی می‌شود طوری که حتی در اکثر ساعات‌های سرد سال نیز به این مقدار گرما نیاز نمی‌باشد و در حقیقت تولید اضافه گرما که هیچ مصرفی ندارد و این گرمای تولیدی با مصرف سوخت همراه می‌باشد در نتیجه مقدار مصرف سوخت در ماه‌های سرد سال در سیستم تولید همزمان نسبت به سیستم رایج افزایش می‌یابد و در ماه‌های گرم سال نیز به همان دلایلی که در استراتژی‌های قبلی اشاره شده است مصرف سوخت در سیستم تولید همزمان افزایش می‌یابد و با توجه افزایش مصرف سوخت در تمام ماه‌های سال نسبت به سیستم رایج، انتشار آلودگی نیز افزایش می‌یابد.

با توجه به بررسی انجام شده دو استراتژی ماکزیمم بار الکتریکی و گرمایی برای طراحی سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما برای منازل مسکونی کوچک به هیچ وجه پیشنهاد نمی‌شود و در روش بزرگترین مستطیل برق و گرما نیز فقط در چهار ماه سرد سال نسبت به سیستم رایج کارایی بارزی دارد ولی در بقیه ماه‌های سال به هیچ وجه مناسب نمی‌باشد و در کل سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما طوری که سیستم سرمایشی فقط چیلر جذبی باشد برای منازل مسکونی کوچک باعث افزایش مصرف سوخت می‌شود و به هیچ وجه مناسب نمی‌باشد.

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به انرژی مورد نیاز منزل مسکونی مورد بررسی شده و استراتژی‌های طراحی سیستم تولید همزمان برق و گرما و سرما، به طراحی سیستم تولید همزمان برای منزل مسکونی مورد بررسی پرداختیم و همچنین برای مقایسه سیستم تولید همزمان برق و گرما و سرما نسبت به سیستم رایج، معیار کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار آلودگی را در نظر گرفتیم که با



FCCI2012-6007

توجه به بررسی انجام شده به این نتیجه رسیده شده که طراحی سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما براساس بزرگترین مستطیل برق و گرمای مورد نیاز در آب و هوای معتدل برای ماههای سرد سال مناسب می‌باشد ولی برای ماههای گرم سال به دلیل نیاز به بویلر کمکی برای تامین گرمای درخواستی بسیار زیاد چیلر جذبی برای تامین سرما مناسب نمی‌باشد و طراحی براساس ماکزیمم برق جز دو ماه از ماههای سرد سال در بقیه ماههای سال کارائی ندارد و طراحی براساس ماکزیمم گرما نیز در تمام ماههای سال نامناسب می‌باشد، درنهایت با توجه به مقایسه سیستم تولید همزمان برق، گرما و سرما توسط چیلر جذبی نسبت به سیستم رایج مزیت نسبی قابل توجهی ندارد.

مراجع

- 1- ASHRAE handbook - heating, ventilating and air-conditioning systems and equipment (I-P edition). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, ISBN 978-1-933742-33-5; 2008.
- 2- Orlando JA. Cogeneration design guide. USA: ASHRAE Inc; 1996.
- 3- Mago PJ, Fumo N, Chamra LM. Performance analysis of CCHP and CHP systems operating following the thermal and electric load. Int J Energy Res 2009;33:852-64.
- 4- Knight IN, Ugursal IST, Beausoleil-Morrison IN. Residential cogeneration systems: a review of the current technologies. A report of subtask A of FC þ COGEN-SIM. the simulation of building-integrated fuel cell and other cogeneration systems, Annex 42 of the International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme; 2005, ISBN No. 0-662-40482-3.
- 5- Mago PJ, Chamra LM. Analysis and optimization of CCHP systems based on energy, economical, and environmental considerations. Energy Build 2009;41:1099-106
- 6- Cardona E, Piacentino A. A methodology for sizing a trigeneration plant in mediterranean areas. Appl Therm Eng 2003;23:1665-80.
- 7- Hongbo RN, Weijun GO. Economic and environmental evaluation of Micro CHP systems with different operating modes for residential buildings in Japan. Energy and Buildings 2010;42(6):853-61.
- 8- P.J. Mago, L.M. Chamra. Analysis and optimization of CCHP systems based on energy, economical, and environmental considerations. Energy and Buildings 41 (2009) 1099-1106
- 9- Jalalzadeh-Azar A. A comparison of electrical- and thermal-load following CHP systems. ASHRAE Transactions 2004; 110(Part 2):85-94.
- 10- Fumo N, Mago PJ, Chamra LM. Analysis of cooling, heating, and power systems based on site energy consumption. Appl Energy 2009;86:928-32.
- 11- Saibu Gas Co., Ltd; September 2010. Available from: <http://www.saibugas.co.jp>.
- 12- Fatemeh Teymouri Hamzehkolaei, Sourena Sattari. Technical and economic feasibility study of using Micro CHP in the different climate zones of Iran. Energy 2011;36 :4790-4798.
- 13- Pro Eco Poly Net Fact Sheet Market analysis micro CHP; June 2010. Available from: <http://www.berliner-e-agentur.de>.
- 14- Electric Power Ministry of Iran, Tavanir Parent Specialized Company; October 2010. Available from: <http://www.tavanir.org.ir>.
- 15- Central Research Institute of Electric Power Industry; July 2010. Available from: <http://criepi.denken.or.jp/jp/index.html>.
- 16- Ehyaei MA, Bahadori MN. Selection of micro turbines to meet electrical and thermal energy needs of residential buildings in Iran. Energy and Buildings 2007;39(12):1227-34.