

۴ الی ۶ اردیبهشت ۱۳۹۷

بیست و ششمین  
همایش سالانه بین المللی  
انجمن مهندسان مکانیک ایران  
26<sup>th</sup> Annual International  
Conference of  
Iranian Society of  
Mechanical Engineers  
ISME 2018



انجمن مهندسان مکانیک ایران

دانشگاه سمنان

## گواهی ارائه مقاله

بدینوسیله گواهی می شود که مقاله با عنوان

بررسی تأثیر شرایط محیطی بر بازده انرژی

سیستم های تولید همزمان

توسط نویسندگان

سینا احمدی، محمد مصطفی غفوریان، حمید نیازمند

در بیست و ششمین همایش سالانه بین المللی انجمن مهندسان مکانیک ایران

که در دانشگاه سمنان برگزار گردید، ارائه شده است.

دکتر سیف آ. محمدالدین  
دبیر همایش



دبیرخانه همایش:

سمنان، روبروی پارک سوکان، پردیس شماره یک  
دانشکده مهندسی مکانیک تلفن: ۰۲۳-۳۳ ۶۵ ۴۳ ۳۹  
کدپستی: ۳۵۱۳۱-۱۹۱۱۱ فکس: ۰۲۳-۳۱ ۵۳ ۳۴ ۱۱  
ارسال مقالات از طریق وب سایت:

<http://isme2018.semnan.ac.ir>  
Email: [isme2018@semnan.ac.ir](mailto:isme2018@semnan.ac.ir)

26<sup>th</sup> Annual International  
Conference of  
Iranian Society of  
Mechanical Engineers  
ISME 2018



## بررسی تاثیر شرایط محیطی بر بازده انرژی سیستم‌های تولید همزمان

سینا احمدی<sup>۱</sup>، محمد مصطفی غفوریان<sup>۲</sup>، حمید نیازمند<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مکانیک، sina.ahmadi.asa@mail.um.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مکانیک، m.m.ghafoorian@mail.um.ac.ir

<sup>۳</sup> استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مکانیک، niazmand@mail.um.ac.ir

### چکیده

در این مقاله به بررسی تاثیر شرایط محیطی در بازده انرژی به منظور طراحی سیستم های CCHP پرداخته می شود. با توجه به تامین انرژی مورد نیاز یک هتل در شهر کرمان که توسط یک سیستم تولید همزمان برق حرارت و برودت تامین می شود، به بررسی اثر تغییرات دما و فشار محیطی بر پارامترهای انرژی سیستم مورد نظر پرداخته خواهد شد. در واقع مشخص می گردد که اگر دما و فشار محیط در آنالیز انرژی برای طراحی سیستم تولید همزمان، در کل ماههای مختلف سال، ثابت فرض شود نتایج چقدر می تواند تغییر داشته باشند. برای این منظور آنالیز انرژی و انرژی به عنوان معیارهای طراحی برای سیستم مورد نظر انجام شد و شرایط محیطی به عنوان یکی از پارامترهای تاثیر گذار بر بازدهی انرژی در سه حالت (میانگین ماهانه، میانگین سالانه و استاندارد محیط) بررسی شد که اختلاف بیشینه بین حالات اول و دوم ۷/۱۹٪ و بین حالات اول و سوم ۸/۷٪ بدست آمد.

### واژه های کلیدی

سیستم‌های تولید همزمان، آنالیز انرژی، شرایط محیطی

### مقدمه

با توجه افزایش قیمت انرژی، مصرف سوخت و اهمیت یافتن سیستم‌های انرژی و بهینه سازی آنها، سیستم‌های تولید همزمان به عنوان یکی از روش‌های تامین انرژی سرمایه‌گذاری و گرمایش و الکتریسیته ساختمان‌ها اهمیت یافته است و بهینه‌سازی آنها نیز به طبع مورد توجه قرار گرفته است. بهینه‌سازی انرژی به عنوان یکی از معیارهای بهینه‌سازی نشان دهنده برگشت‌ناپذیری اجزای سیستم می‌باشد که در آنالیزهای سیستم‌های انرژی بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است.

در سیستم‌های تولید همزمان، انرژی برق به صورت محلی تولید می‌شود و از حرارت اضافی گازهای خروجی و آب خنک کننده مولد جهت گرمایش و یا توسط چیلر جذبی جهت سرمایه‌گذاری به کار گرفته می‌شود که نسبت به روش سنتی (تولید متمرکز برق در نیروگاه‌ها) از بازدهی بیشتر و تولید آلاینده کمتر برخوردار می‌باشد. با توجه به اهمیت روز افزون انرژی در جهان، این سیستم‌ها نیز مورد توجه ویژه

قرار گرفته اند [۱] و مطالعات بهینه سازی سیستم‌های انرژی در سال‌های اخیر اهمیت بسزایی یافته است.

سهیلی و همکاران [۲] در سال ۲۰۱۵ به طراحی و بهینه سازی تک هدفه اقتصادی ظرفیت سیستم‌های تولید همزمان در ترکیب با سلول‌ها خورشیدی با توجه به سیاست‌های موجود در ایران برای کاربرد مسکونی پرداخته است. ژانگ و همکاران [۳] در سال ۲۰۱۵ به بهینه‌سازی تک هدفه انرژی محل قرارگیری واحد ذخیره انرژی در سیستم‌های تولید همزمان نموده است. لی آ و همکاران [۴] در سال ۲۰۱۶ به مقایسه نرخ انرژی ذخیره شده در اثر شرایط آب و هوایی برای یک سیستم تولید همزمان به صورت تجربی و تئوری پرداخته است. ژانگ و همکاران [۵] در سال ۲۰۱۶ به بهینه‌سازی انرژی و اقتصادی سیستم تولید همزمان با در نظر گرفتن فروش الکتریسیته مازاد و شرایط آب و هوایی پرداخته. آنها همچنین ۴ نوع سیاست متفاوت تعرفه را نیز برای سیستم تحلیل کردند. وانگ و همکاران [۶] در سال ۲۰۱۶ به تحلیل چند هدفه انرژی، انرژی و اقتصادی سیستم تولید همزمان در ترکیب با سلول‌های خورشیدی و متمرکز کننده‌های خورشیدی در معرض بارهای دینامیکی پرداختند.

همانطور که از مطالعه روش‌های طراحی سیستم‌های تولید همزمان مشاهده می‌شود آنالیز انرژی به عنوان یک معیار مهم (تابع هدف مستقل) در طراحی‌های اخیر مورد توجه ویژه محققان بوده است [۷]. اما در اکثر پژوهش‌ها به اثر شرایط محیطی بر بازده انرژی پرداخته نشده است به طوری که شرایط محیطی شامل دما و فشار برای محاسبه انرژی در کل سال ثابت فرض شده است. در مطالعه حاضر به بررسی اثر تغییر دما و فشار محیطی بر بازده انرژی در تحلیل سیستم‌های تولید همزمان سرمایه‌گذاری، گرمایش و برق پرداخته می‌شود.

### مشخصات کلی سیستم تولید همزمان ساختمان هتل

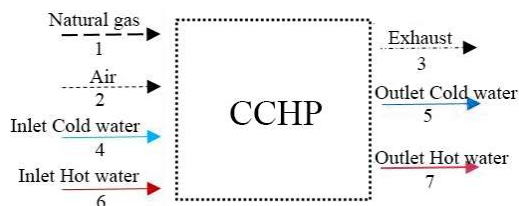
سیستم مورد مطالعه در این پژوهش یک ساختمان هتل در شهر کرمان در جنوب ایران است. این هتل دارای ۱۲۰ اتاق است که مساحت هر اتاق حدود ۹۰ متر مربع می‌باشد. بارهای گرمایشی (Haem) سرمایه‌گذاری (Caem) و الکتریکی (Eaem) در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین دما و فشار میانگین ماهانه محیط شهر کرمان در ۱۰ سال اخیر در شکل ۲ رسم شده است.



جدول ۱: مشخصات تجهیزات سیستم تولید همزمان

مقدار پارامتر	پارامتر سیستم
۵۶۰۰	ظرفیت سرمایشی چیلر تراکمی (kW)
۳/۷۵	ضریب عملکرد چیلر تراکمی (COP)
۱۸۰۰	ظرفیت سرمایشی چیلر جذبی (kW)
۰/۸۰۸	ضریب عملکرد چیلر جذبی (COP)
۳۶۵۰	ظرفیت نامی موتور گاز سوز (kW)
۲۹/۳	بازدهی الکتریکی موتور (%)

به منظور تحلیل انرژی و انرژی و اگزرژی سیستم تولید همزمان، اگر سیستم به عنوان یک حجم کنترل در نظر گرفته شود، جریان‌های ورودی و خروجی مطابق شکل ۴ خواهد بود. پارامترهای ترمودینامیکی سیستم که شامل دما و فشار برای جریان‌های ورودی و خروجی به سیستم می‌باشد در جدول ۲ نشان داده شده است.



شکل ۴: شماتیک جریان‌های ورودی و خروجی به سیستم تولید همزمان

جدول ۲: مشخصات ترمودینامیکی جریان‌های ورودی و خروجی

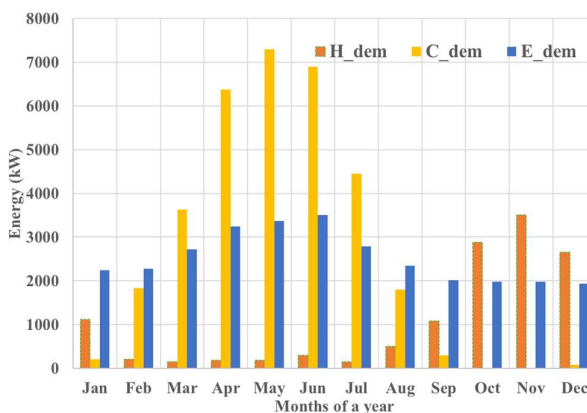
شماره	سیال	دما (k)	فشار (kpa)
۱	گاز طبیعی	دمای محیط	فشار محیط
۲	هوا	دمای محیط	فشار محیط
۳	گازهای احتراق	۴۲۱/۹۵	۱۰۱/۳
۴	آب	۲۸۶/۱۵	۳۸۰
۵	آب	۲۸۰/۱۵	۴۸۰
۶	آب	۲۹۸/۱۵	۳۸۰
۷	آب	۳۵۹/۱۵	۴۸۰

### طراحی سیستم‌های تولید همزمان

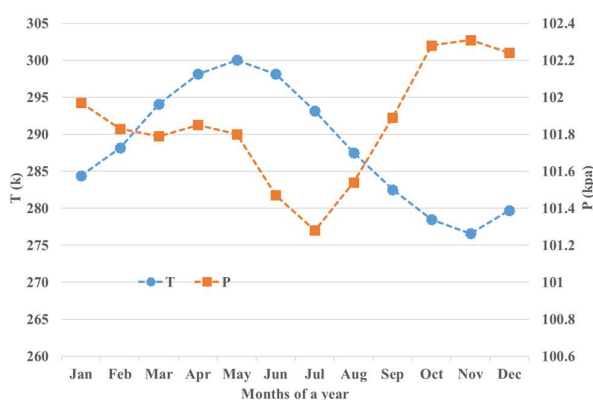
با توجه به تغییرات ماهانه، کل انرژی الکتریکی ساختمان یا قسمتی از آن توسط موتور گازسوز ( $E_{PM}$ ) تولید می‌شود و کمبود انرژی الکتریکی از شبکه برق خریداری می‌شود ( $E_b$ ) و ازدیاد آن به شبکه فروخته خواهد شد ( $E_s$ ) که در معادله ۱ نشان داده شده است.

$$E_s = E_{PM} - E_{dem.t} \cdot E_b = 0 \quad \text{if } E_{PM} \geq E_{dem.t} \quad (1)$$

$$E_s = E_{dem.t} - E_{PM} \cdot E_b = 0 \quad \text{if } E_{dem.t} \geq E_{PM}$$

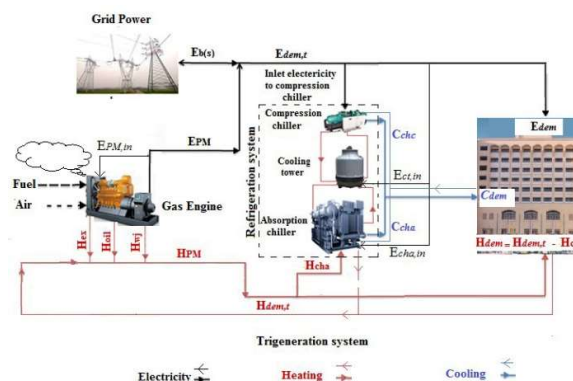


شکل ۱: تغییرات ماهانه بارهای سرمایش، گرمایش و الکتریسیته مورد نیاز ساختمان در طول یک سال



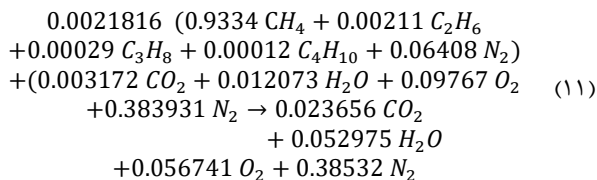
شکل ۲: تغییرات ماهانه دما و فشار محیط برای شهر کرمان [۸]

با طراحی و نصب سیستم تولید همزمان انرژی مورد نیاز ساختمان می‌تواند توسط این سیستم تولید همزمان به جای سیستم سنتی تامین شود که سیستم تولید همزمان بهینه از نظر انرژی، اگزرژی، اقتصادی و زیست محیطی برای این هتل شامل موتور گازسوز به عنوان محرک اولیه، چیلر جذبی آب/الیتیم بر ما ید و چیلر تراکمی می‌باشد که در شکل ۳ شماتیک سیستم و در جدول ۱ مشخصات تجهیزات نشان داده شده است [۹، ۱۱].



شکل ۳: شماتیک ساختمان هتل با سیستم تولید همزمان متصل به شبکه سراسری برق

از انجایی که سوخت مصرفی برای محرک اولیه گاز طبیعی است، ترکیبات موجود در این گاز در جدول ۳ بر حسب درصد جرم و حجم ترکیبات شرکت کننده در معادله احتراق، که به صورت زیر می‌باشد، داده شده است. همچنین ظرفیت حرارتی پایین گاز طبیعی با توجه به درصد جرمی ترکیبات و ظرفیت‌های حرارتی پایین آنها قابل محاسبه می‌باشد.



جدول ۳: ترکیب شیمیایی گاز طبیعی

ردیف	جرم (%)	حجم (%)	LHV (kJ/kg)
$N_2$	۱۰/۶۴۹	۶/۴۰۷۶	-----
$C_4H_{10}$	۰/۰۴۳	۰/۰۱۲۴	۴۴۷۷۵
$C_3H_8$	۰/۱۰۰	۰/۰۲۹۰	۴۶۳۹۰
$C_2H_6$	۰/۳۷۶	۰/۲۱۰۹	۴۷۵۲۵
$CH_4$	۸۸/۸۳۲	۹۳/۳۴۰۱	۵۰۰۰۰

انرژی کلی واحد جرم سوخت برابر است با مجموع انرژی فیزیکی و شیمیایی که در معادله ۱۲ نشان داده شده است.

$$ex_{TF} = (ex_{ch} + ex_{ph})_F \quad (12)$$

در نهایت بازدهی انرژی سیستم طبق قانون اول ترمودینامیک نسبت انرژی مفید سرمایه‌ش، گرمایش و الکتریسیته به مجموع کل انرژی سوخت ورودی و برق خریداری شده می‌باشد. معادله بازدهی انرژی به صورت زیر می‌باشد.

$$\eta = \frac{E_H + E_C + E_e + E_s}{E_F + E_b} \quad (13)$$

به صورت مشابه بازدهی انرژی طبق قانون دوم ترمودینامیک نسبت انرژی مفید سرمایه‌ش، گرمایش و الکتریسیته به مجموع کل انرژی سوخت ورودی و برق خریداری شده می‌باشد. معادله بازدهی انرژی

$$\psi = \frac{Ex_H + Ex_C + Ex_e + Ex_s}{Ex_F + Ex_b} \quad (14)$$

### بحث و نتایج

با توجه به مشخصات ترمودینامیک، ضریب عملکرد و ظرفیت تجهیزات تحیل انرژی و انرژی سیستم انجام شد که بارهای سرمایه‌ش، گرمایش و الکتریسیته به صورت ماهانه برای هتل مورد نظر بدست آمد که پارامترهای انرژی در شکل ۵ تا ۷ و پارامترهای انرژی در شکل ۸ نشان داده شده است.

در معادله بالا ( $E_{dem.t}$ ) شامل مجموع انرژی الکتریکی مورد نیاز ساختمان و انرژی مورد نیاز چیلر الکتریکی می‌باشد. همچنین انرژی گرمایشی ساختمان ( $H_{dem}$ ) توسط بازیافت حرارتی و انرژی سرمایه‌ش ساختمان ( $C_{dem}$ ) توسط مجموع سرمایه‌ش تولیدی چیلر الکتریکی ( $C_{chc}$ ) و چیلر جذبی ( $C_{cha}$ ) تامین می‌شود.

طراحی‌های دقیق و بهینه سازی سیستم‌های تولید همزمان اکثراً توسط چهار آنالیز انرژی، انرژی، اقتصادی و زیست محیطی یا ترکیب آنها انجام می‌شود. پژوهشگران معمولاً آنالیز انرژی را به صورت جداگانه و به عنوان تابع هدفی جدا مورد بررسی قرار می‌دهند که این نشان دهنده اهمیت آنالیز انرژی در سیستم‌های تولید همزمان است. انرژی به چهار جزء مکانیکی، شیمیایی، جنبشی و پتانسیل تقسیم می‌شود که در این مطالعه از انرژی جنبشی و پتانسیل صرف نظر خواهد شد. انرژی فیزیکی به صورت حداکثر کار مفیدی که می‌توان به صورت تئوری بدست آورد، تعریف می‌شود و انرژی شیمیایی مربوط به ساختار مواد است و بخش مهمی در فرایندهای احتراقی است. [۱۲] معادله تعادل انرژی و معادلات انرژی ویژه جنبشی، پتانسیل، فیزیکی و شیمیایی به ترتیب در معادلات ۲ تا ۶ نشان داده شده اند.

$$\sum \dot{E}x_H + \sum (\dot{m}_i \times ex_i)_{inlet} = \sum (\dot{m}_j \times ex_j)_{outlet} + \dot{E}x_W + \dot{E}x_D \quad (2)$$

$$ex_{kn} = \frac{V^2}{2} \quad (3)$$

$$ex_{pt} = gZ \quad (4)$$

$$ex_{ph} = (h_T - h_o) - T_o(s_T - s_o) \quad (5)$$

$$ex_{ch} = v^* \times LHV \quad (6)$$

معادله بالا بر حسب نرخ جریان انرژی ورودی و خروجی به حجم کنترل، نرخ تخریب انرژی ( $\dot{E}x_D$ )، نرخ انرژی کار ( $\dot{E}x_W$ ) و حرارت ( $\dot{E}x_H$ ) تعریف می‌شود. معادله انرژی کار و حرارت به صورت زیر می‌باشد.

$$\dot{E}x_H = (1 - \frac{T_o}{T}) \times H \quad (7)$$

$$\dot{E}x_W = W \quad (8)$$

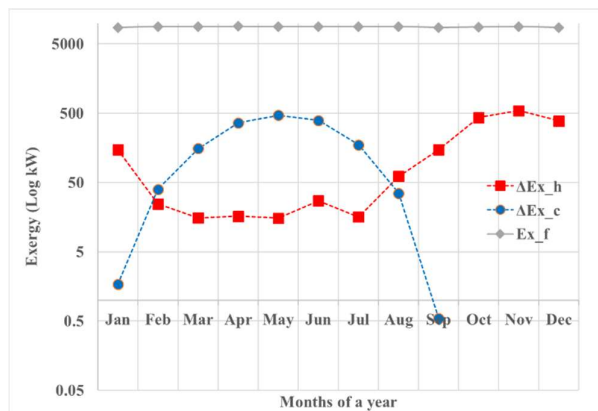
معادله نرخ انرژی ویژه سوخت در معادله ۹ بیان شده است که پارامترهای  $g, Z, V, s, h, LHV$  و  $v^*$  به ترتیب بیان کننده آنتالپی، آنتروپی، سرعت، ارتفاع، جاذبه، ارزش پایین حرارتی و ضریب انرژی شیمیایی سوخت می‌باشد.

$$ex = \left[ (h - h_o) + T_o(s - s_o) + \left( \frac{V^2 - V_o^2}{2} \right) + g(Z - Z_o) + v^*(LHV) \right] \quad (9)$$

ضریب انرژی شیمیایی سوخت برای سوخت‌های گازی با ترکیب  $C_xH_x$  به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$v^* = 1.033 + 0.0169 \times \frac{y}{x} - \frac{0.0698}{x} \quad (10)$$

به طور مشابه پارامترهای  $C_{cha}$ ,  $C_{dem}$  و  $C_{chc}$  به ترتیب نشان دهنده انرژی سرمایشی مورد تقاضا هتل، تولیدی چیلر جذبی و تولیدی چیلر تراکمی می باشد.



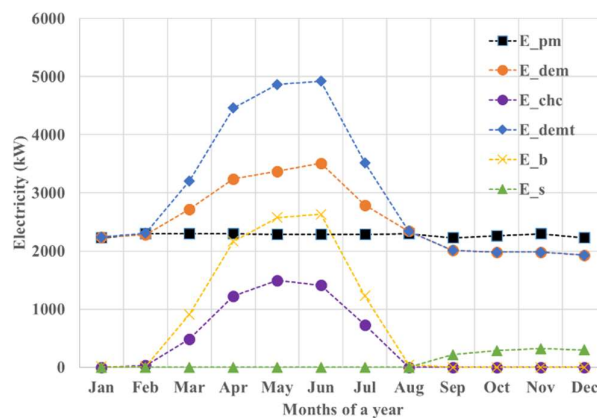
شکل ۸: انرژی سوخت، اختلاف آب گرم و اختلاف آب سرد در طول سال

در شکل ۸ پارامترهای انرژی شامل  $\Delta Ex_c$  و  $\Delta Ex_h$  و  $Ex_f$  به ترتیب انرژی سوخت مصرفی، اختلاف انرژی آب گرم و اختلاف انرژی آب سرد برای یک سال رسم شده است. مجموع بارهای سرمایشی، گرمایشی، الکتریسیته مورد نیاز هتل، مصرفی تجهیزات و همچنین الکتریسیته فروخته شده و خریداری شده برای یک سال در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: مجموع انرژی / انرژی سالانه پارامترهای سیستم

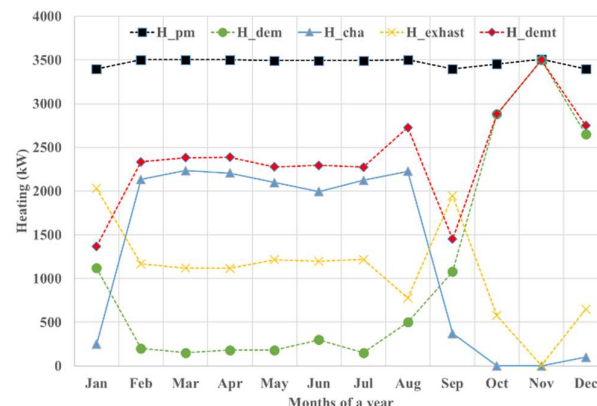
پارامتر	مجموع سالانه (kW)	پارامتر	مجموع سالانه (kW)
$E_{pm}$	۲۷۲۹۹/۲	$H_{pm}$	۴۱۶۴۷/۲
$E_{dem}$	۳۰۳۹۰	$H_{dem}$	۱۲۸۹۲
$E_{chc}$	۵۳۷۲/۱	$H_{cha}$	۱۵۷۳۵/۶
$E_{demt}$	۳۵۷۶۲/۱	$H_{exhaust}$	۱۳۰۱۹/۷
$E_b$	۹۵۸۱/۹	$H_{demt}$	۲۸۶۲۷/۶
$E_s$	۱۱۱۸/۵۸۷	$Ex_f$	۱۰۶۱۱۳/۶
$C_{dem}$	۳۲۸۶۰	$Ex_h$	۱۸۴۴/۲۵
$C_{chc}$	۱۲۷۱۴/۳	$Ex_c$	۱۶۳۳/۱۱
$C_{cha}$	۲۰۱۴۵/۷		

با توجه به نمودار انرژی الکتریکی و سرمایشی می توان مشاهده کرد که در ماه های گرم سال به دلیل افزایش مصرف بار سرمایشی و ناکافی بودن سرمایش چیلر جذبی و برق تولیدی موتور، نیاز به خرید برق برای چیلر تراکمی است و برعکس در ماه های سرد سال برق به شبکه فروخته شده است که به طور کلی در یک سال با توجه به جدول ۴ برق خریداری شده حدود ۸/۵ برابر بیشتر از فروخته شده می باشد. همچنین از نمودار انرژی گرمایشی میتوان دریافت که حرارت



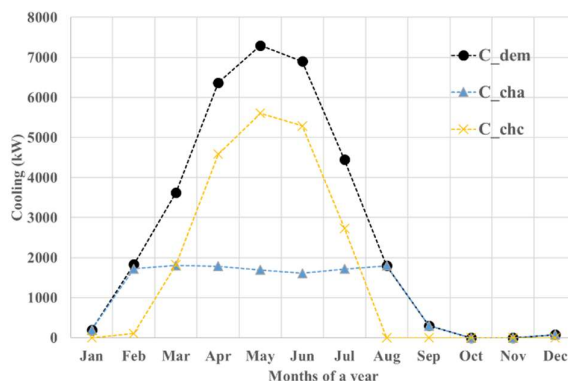
شکل ۵: بارهای الکتریسیته سیستم در یکسال به صورت ماهانه

در شکل بالا پارامترهای  $E_{pm}$ ,  $E_{dem}$ ,  $E_{chc}$ ,  $E_{demt}$ ,  $E_b$  و  $E_s$  به ترتیب نشان دهنده انرژی الکتریکی تولیدی موتور، تقاضا هتل، مصرفی چیلر تراکمی، مجموع تقاضا هتل و چیلر تراکمی، خریداری و فروخته شده، می باشد.



شکل ۶: بارهای گرمایشی سیستم در یکسال به صورت ماهانه

همچنین پارامترهای  $H_{pm}$ ,  $H_{dem}$ ,  $H_{cha}$ ,  $H_{exhaust}$  و  $H_{demt}$  به ترتیب نشان دهنده انرژی گرمایشی قابل بازیافت از موتور، تقاضا هتل، مصرفی چیلر جذبی، آگزوز و مجموع مصرفی چیلر جذبی و تقاضا هتل می باشد.

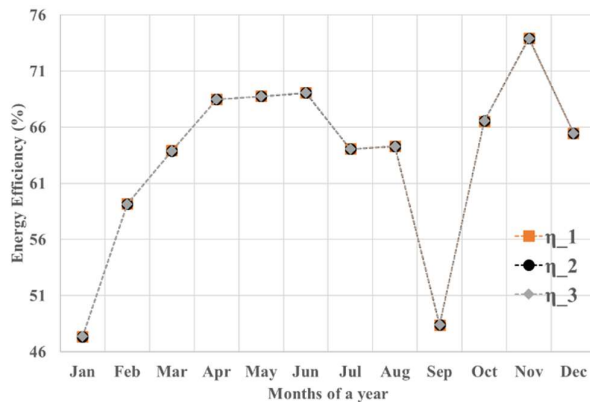


شکل ۷: بارهای سرمایشی سیستم در یکسال به صورت ماهانه

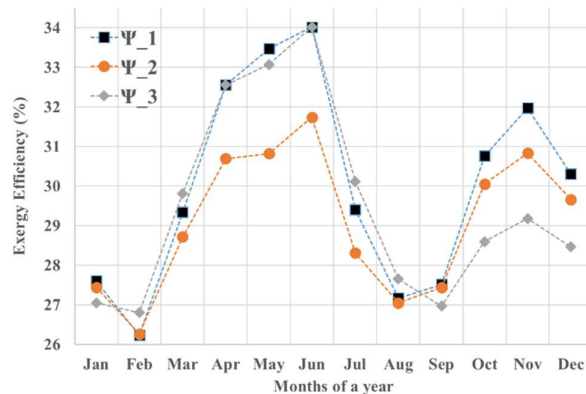
بازیافتی موتور در کل سال بیشتر از تقاضا می باشد در حالی که اتلافات اگزوز در کل سال قابل ملاحظه می باشد مخصوصا در ماه نهم که تقاضا کاهش یافته است. طبق نمودار اگزوزی مشاهده می شود که اگزوزی تولیدی موتور بسیار بیشتر از اگزوزی مصرفی جهت گرمایش و سرمایش می باشد

طبق قانون اول ترمودینامیک بازدهی انرژی ماهانه سیستم در طول یک سال در شکل ۹ و به طور مشابه طبق قانون دوم ترمودینامیکی بازدهی اگزوزی ماهانه سیستم در طول یک سال در شکل ۱۰ رسم شده اند. در نمودارهای بازدهی سه حالت در نظر گرفته شده است که به صورت زیر می باشد.

۱. دما و فشار محیط شهر کرمان به صورت میانگین ماهانه ۱۰ سال اخیر در نظر گرفته شده است که در نتیجه در ماهای مختلف متفاوت می باشد.
۲. دما و فشار محیط شهر کرمان به صورت میانگین سالانه ۱۰ سال اخیر در نظر گرفته شده است که در نتیجه در طول کل سال ثابت فرض شده است.
۳. دما و فشار محیط شهر کرمان ثابت و دما و فشار محیط استاندارد در نظر گرفته شده است.  $(T=25\text{ C}$  و  $kpa$   $P=101325$ )



شکل ۹: بازدهی انرژی ماهانه سیستم تولید همزمان در یکسال



شکل ۱۰: بازدهی اگزوزی ماهانه سیستم تولید همزمان در یکسال

همان طور که مشاهده می شود بازدهی انرژی با افزایش تقاضا گرمایشی و سرمایشی افزایش یافته و در ماه نهم به دلیل کاهش شدید تقاضا و افزایش حرارت هدر رفت موتور کاهش داشته است همچنین بازدهی انرژی در سه حالت تغییر خاصی نکرده است و تقریبا ثابت مانده است که این به علت آن است که تغییرات محیطی فقط در دمای سوخت ورودی اثر گذاشته است که اختلاف انرژی آن نسبت به انرژی سوخت ناچیز می باشد و از آنجا که بازدهی انرژی برابر با نسبت تقاضا به انرژی ورودی به سیستم می باشد و با ثابت بودن تقاضا دما فقط در انرژی ورودی و به میزان ناچیز اثر می گذارد که در نتیجه تغییرات بازدهی انرژی اندک می باشد. نمودار بازدهی اگزوزی نیز همانند بازدهی انرژی با افزایش تقاضا، افزایش و با کاهش تقاضا، کاهش یافته است اما بازدهی اگزوزی در سه حالت شرایط محیطی تغییر کرده است. با توجه به آن که حالت یک به علت تغییر دما در هر ماه به عنوان مرجع با حالت دوم بین ۰/۱۳٪ تا ۰/۷۹٪ و به طور میانگین سالانه ۳/۱۴٪ اختلاف دارد همچنین حالت مرجع با حالت سوم نیز تا ۸/۷٪ و به طور میانگین سالانه ۱/۷٪ اختلاف دارد. نتایج بازده میانگین سالانه انرژی و اگزوزی در سه حالت در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵: بازده انرژی و اگزوزی میانگین سالانه در سه حالت

بازدهی	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳
انرژی (η)	۶۳/۲۸۲۱	۶۳/۲۸۳۵	۶۳/۲۸۵۶
اگزوزی (Ψ)	۳۰/۰۲۷۹	۲۹/۰۸۵	۲۹/۵۲۴۴

### نتیجه گیری و جمع بندی

در این پژوهش، به بررسی دیدگاه اگزوزی سیستم تولید همزمانی برای یک هتل با ۱۲۰ اتاق در شهر کرمان (ایران) پرداخته شد. با توجه به انرژی مورد نیاز ماهانه ساختمان و مشخصات سیستم تولید همزمان موجود، ابتدا آنالیز ترمودینامیکی برای این سیستم انجام گردید و پس از ترسیم نمودارهای انرژی و اگزوزی سیستم، محاسبه بازده قانون اول (بازده انرژی) و قانون دوم (بازده اگزوزی) با توجه به تغییرات دما و فشار ماهانه محیط انجام شد.

نتایج نشان داد که بازدهی انرژی حساسیت بسیار کمی به شرایط محیطی دارد و تقریبا با تغییر شرایط محیطی ثابت مانده است که دلیل آن اثر گذاری شرایط محیطی فقط بر دما و فشار سوخت ورودی به سیستم می باشد. اما با توجه به بازده اگزوزی سیستم بین حالت ۱ و ۲ بیشترین اختلاف در ماه پنجم به مقدار ۰/۷۹٪ است و میانگین اختلاف سالانه بین این دو حالت ۳/۱۴٪ می باشد همچنین بین حالت ۱ و ۳ بیشترین اختلاف در ماه یازدهم به مقدار ۸/۷٪ و میانگین اختلاف سالانه ۱/۶۸٪ می باشد. با توجه به تغییرات شرایط محیطی شهر کرمان  $(\Delta T_{max} = 23/4$  و  $\Delta P_{max} = 1/3$ ) و نتایج بازده اگزوزی سیستم تولید همزمان می توان اهمیت اعمال شرایط محیطی در بررسی های اگزوزی را درک کرد که در صورت عدم اعمال آن نتایج بهینه سازیهای

چند هدفه انرژی، انرژی، اقتصاد و زیست محیطی متفاوت خواهد بود، هر چند روند تغییرات برای بازده انرژی ثابت است.

- Energy Conversion and Management, Volume 89, 2015, Pages 289-297, ISSN 0196-8904.
- [2] Mohammad Ameri, Zahed Besharati, Optimal design and operation of district heating and cooling networks with CCHP systems in a residential complex, In Energy and Buildings, Volume 110, 2016, Pages 135-148, ISSN 0378-7788.
- [3] Xi Zhuo Jiang, Guangbiao Zeng, Minzhi Li, Lin Shi, Evaluation of combined cooling, heating and power (CCHP) systems with energy storage units at different locations, In Applied Thermal Engineering, Volume 95, 2016, Pages 204-210, ISSN 1359-4311.
- [4] Minzhi Li, Xi Zhuo Jiang, Danxing Zheng, Guangbiao Zeng, Lin Shi, Thermodynamic boundaries of energy saving in conventional CCHP (Combined Cooling, Heating and Power) systems, In Energy, Volume 94, 2016, Pages 243-249, ISSN 0360-5442.
- [5] C.Y. Zheng, J.Y. Wu, X.Q. Zhai, R.Z. Wang, Impacts of feed-in tariff policies on design and performance of CCHP system in different climate zones, In Applied Energy, Volume 175, 2016, Pages 168-179, ISSN 0306-2619.
- [6] Jiangjiang Wang, Yanchao Lu, Ying Yang, Tianzhi Mao, Thermodynamic performance analysis and optimization of a solar-assisted combined cooling, heating and power system, In Energy, Volume 115, Part 1, 2016, Pages 49-59, ISSN 0360-5442.
- [7] Yajun Li, Rentian Hu, Exergy-analysis based comparative study of absorption refrigeration and electric compression refrigeration in CCHP systems, In Applied Thermal Engineering, Volume 93, 2016, Pages 1228-1237, ISSN 1359-4311.
- [8] <http://www.iranhydrology.net/5442>.
- [9] Mohammad Mustafa Ghafurian, Hamid Niazmand, New approach for estimating the cooling capacity of the absorption and compression chillers in a trigeneration system, International Journal of Refrigeration, Available online 8 December 2017, ISSN 0140-7007.
- [10] Ozgur Balli, Haydar Aras, Arif Hepbasli, Thermodynamic and thermoeconomic analyses of a trigeneration (TRIGEN) system with a gas-diesel engine: Part II – An application, In Energy Conversion and Management, Volume 51, Issue 11, 2010, Pages 2260-2271, ISSN 0196-8904.
- [11] <http://www.mitsubishi-engine.com>
- [12] Pouria Ahmadi, Marc A. Rosen, Ibrahim Dincer, Multi-objective exergy-based optimization of a polygeneration energy system using an evolutionary algorithm, In Energy, Volume 46, Issue 1, 2012, Pages 21-31, ISSN 0360-5442.
- [13] Ozgur Balli, Haydar Aras, Arif Hepbasli, Thermodynamic and thermoeconomic analyses of a trigeneration (TRIGEN) system with a gas-diesel engine: Part I – Methodology, Energy Conversion and Management, Volume 51, Issue 11, 2010, Pages 2252-2259, ISSN 0196-8904.

#### فهرست علائم

C	انرژی سرمایشی، kW
COP	ضریب عملکرد
E	انرژی، kW
Ex	انرژی، kW/K
H	انرژی گرایی، kW
LHV	ظرفیت حرارتی پایین، kW
<b>علائم یونانی</b>	
$\eta$	بازدهی انرژی، %
$\Psi$	بازدهی انرژی، %
$\nu^*$	ضریب انرژی شیمیایی سوخت
<b>زیر نویس</b>	
b	خرید
C, c	سرمایش
ch	شیمیایی
cha	چیلر جذبی
chc	چیلر تراکمی
D	تخریب
dem	تقاضا
demt	تقاضا کل
E, e	الکتروسیسته
exhaust	انرژی
F	سوخت
H, h	گرما
inlet	ورودی
kn	جنبشی
outlet	خروجی
ph	فیزیکی
pm	موتور
pt	پتانسیل
TF	سوخت کل
W	کار

#### مراجع و منابع

- [1] Man Wang, Jiangfeng Wang, Pan Zhao, Yiping Dai, Multi-objective optimization of a combined cooling, heating and power system driven by solar energy, In