

## مقایسه اقتصادی بین چیلر جذبی و تراکمی در سیستم‌های تولید هم‌زمان برق، حرارت و سرما برای یک مجتمع مسکونی شهر تهران

عادل غلامی<sup>۱</sup>، جواد پاکدامن<sup>۲</sup>، علی مراد منصوری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت انرژی، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)،

<sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت انرژی، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)،

<sup>۳</sup>دانشجوی کارشناسی مکانیک نیروگاه، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)،

### چکیده:

با تجدید ساختار در صنعت برق تولیدات پراکنده جایگاه ویژه‌ای یافته‌اند. در این بین سیستم‌های تولید هم‌زمان به دلیل بازده بالا، بیش از سایرین مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در مطالعات انجام گرفته شده توسط دیگران اقتصادی بودن سیستم‌های تولید هم‌زمان با محرکه موتور گازسوز مورد بررسی قرار گرفته شده‌اند. هدف اصلی این مقاله مقایسه اقتصادی بین سیستم‌های برودت تراکمی و سیستم‌های برودت جذبی بر پایه سیستم‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت است، به طوری که برودت و برق ساختمان تأمین شود. به همین منظور یک سیستم موتور گازسوز مولد برق ترکیب با چیلر تراکمی با یک سیستم تولید هم‌زمان ترکیب با چیلر جذبی از لحاظ اقتصادی بر پایه دوره بازگشت سرمایه مقایسه شده‌اند و در پایان، برترین ترکیب انتخاب شده است.

## ۱- مقدمه:

سیستم‌های تولید پراکنده با هدف بهینه سازی در مصرف انرژی به صورت کاهش اتلافات ناشی از انتقال و توزیع انرژی الکتریکی در شبکه و نیز کاهش آلودگی‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی به کار گرفته می شوند. استفاده از سیستم‌های تولید همزمان با راندمان کلی ۷۰ تا ۹۰ درصد یکی از راهکارهای مؤثر در بهینه سازی مصرف انرژی به شمار می‌رود [۱] و [۴]. در روش سنتی، تأمین انرژی الکتریکی در واحدهای بزرگ نیروگاهی و به صورت مجزا انجام شده و انرژی الکتریکی حاصل، از طریق خطوط شبکه سراسری توزیع می‌گردد. در این روش اتلافات ناشی از توزیع و انتقال برق، همچنین هزینه‌های انتقال، توزیع و بهرداری از شبکه سالیانه مبلغ هنگفتی به شبکه توزیع برق تحمیل می نماید. از طرف دیگر نیروگاه‌های بزرگ تولید برق به دلیل ظرفیت و حجم تولید زیاد علاوه بر داشتن هزینه‌های زیاد در سرمایه گذاری، نصب و راه اندازی و نیز تعمیر و نگهداری، غالباً از راندمان الکتریکی پایینی برخوردار بوده و علاوه بر افزایش مصرف سوخت موجب افزایش آلاینده‌های زیست محیطی می گردند. بدین منظور و با هدف تأمین امنیت بیشتر شبکه، به کارگیری از سیستم‌های تولید پراکنده توصیه می‌شود. بدین معنی که علاوه بر تأمین انرژی الکتریکی در واحد مربوطه، بازیابی حرارتی از گرمای تولید شده در محرک اولیه نیز به منظور استفاده مفید از انرژی حرارتی صورت گیرد. بدین ترتیب بدون مصرف مجدد سوخت جهت تأمین حرارت، از گرمای تولید شده در محرک اولیه موتور احتراقی، توربین گازی و غیره، همزمان با تأمین انرژی الکتریکی، انرژی گرمایی مفید حاصل می‌گردد. این بازیاب حرارتی، در میدلی موسوم به مولد بخار بازیاب انجام می‌شود که منجر به تولید بخار اشباع یا فوق گرم می‌گردد. در مواردی که دمای محرک اولیه پایین بوده و امکان تولید بخار میسر نباشد، تولید آب گرم توسط مبدل‌های بازیافت حرارتی صورت می‌گیرد. آبگرم یا بخار تولید شده می تواند بصورت مستقیم جهت مصارف گرمایشی مورد استفاده قرار گیرد که در این صورت به دلیل استحصال دو انرژی مفید الکتریکی و حرارتی از یک منبع سوخت، سیستم تولید پراکنده را سیستم تولید همزمان دو گانه (CHP) می نامند. همچنین در صورت به کارگیری بخشی از حرارت حاصل شده در سیستم سرمایه جذب و تأمین سرمایه علاوه بر الکتریسیته و گرما، آن را سیستم تولید همزمان سه‌گانه (CCHP) می‌گویند [۱].

در این مقاله برای یک آپارتمان مسکونی که متقاضی برق، حرارت و سرما است، یک سیستم تولید سه‌گانه مطابق شکل (۱) طراحی شده است. هدف این مقاله مقایسه اقتصادی بین سیستم‌های برودت تراکمی و سیستم‌های برودت جذبی بر پایه سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت است، به طوری که برودت و برق ساختمان تأمین شود. به همین منظور برای تأمین برودت ساختمان دو پیشنهاد زیر قابل ارائه است:

الف) استفاده از چیلر تراکمی و تأمین برق آن توسط موتور گازسوز

ب) استفاده از چیلر جذبی و تأمین حرارت آن (آب گرم) توسط سیستم تولید همزمان برق و حرارت (CHP)

## ۲- سناریوهای تعریف شده

در این مطالعه هرکدام از پیشنهادهای بالا برای وضعیت کنونی (استفاده از یارانه‌ها) و همچنین برای وضعیتی که قیمت‌ها آزاد می شوند، مورد بررسی قرار گرفته اند. به همین منظور چهار سناریو به صورت زیر تعریف می‌نمایم.

سناریو اول

نصب یک عدد پکیج موتورژنراتور گازسوز مولد برق برای تأمین برق مصرفی و استفاده از چیلر تراکمی برای تأمین سرما در وضعیت تعرفه‌های کنونی

#### سناریو دوم

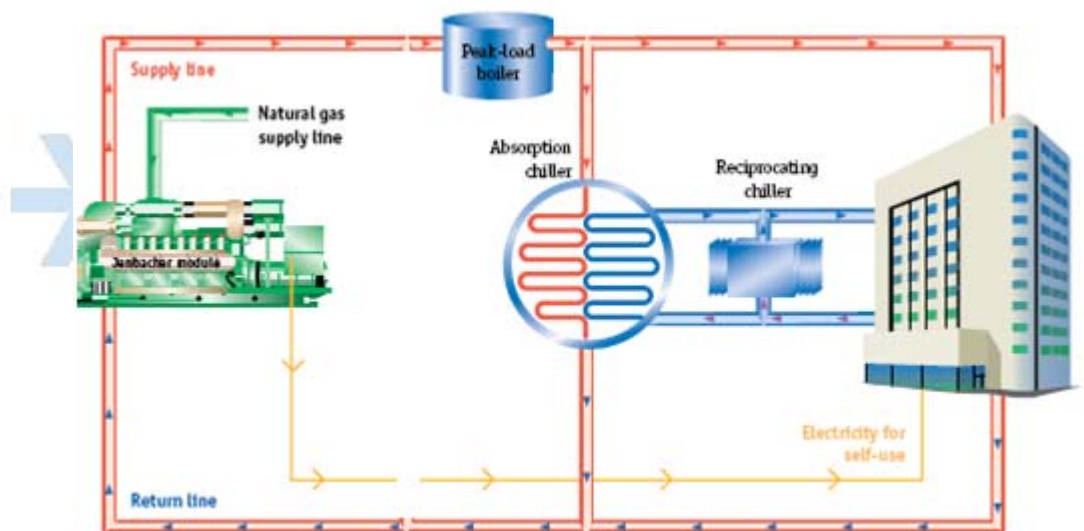
نصب یک عدد پکیج موتورژنراتور گازسوز مولد برق برای تأمین برق مصرفی استفاده از چیلر تراکمی برای تأمین سرما در وضعیت تعرفه‌های آزاد (اجرای طرح تحول اقتصادی)

#### سناریو سوم

نصب یک عدد پکیج موتورژنراتور گازسوز مولد تولید هم‌زمان برق و حرارت برای تأمین برق مصرفی و حرارت مورد نیاز چیلر جذبی و استفاده از چیلر جذبی برای تأمین سرما در وضعیت تعرفه‌های کنونی [۲]

#### سناریو چهارم

نصب یک عدد پکیج موتورژنراتور گازسوز مولد تولید هم‌زمان برق و حرارت برای تأمین برق مصرفی و حرارت مورد نیاز چیلر جذبی و استفاده از چیلر جذبی برای تأمین سرما در وضعیت تعرفه‌های آزاد (اجرای طرح تحول اقتصادی) [۲]



شکل ۱- نمایی شماتیک از یک سیستم تولید سه‌گانه [۳]

شکل (۱) نمایی شماتیک از یک سیستم تولید سه‌گانه را نشان می‌دهد که شامل همه اجزا از قبیل بویلر برای گرمایش مکمل، چیلر جذبی برای تبدیل حرارت به برودت و چیلر تراکمی برای سرمایش مکمل، می‌باشد.

برای تعیین قیمت پکیج موتورژنراتور از فرمول زیر استفاده می‌شود [۳].

$$C_Y = C_W(X_Y/X_W)^{\alpha}$$

(۱)

در این رابطه با در دست داشتن هزینه خرید موتورژنراتور با ظرفیت  $X_w$ ، هزینه خرید آن با ظرفیت دلخواه  $X_y$  با توجه به جدول زیر بدست می آید.

جدول ۱- لیست مقادیر توان  $\alpha$  برای برخی تجهیزات [۳]

| متغیر $\alpha$ | گستره اندازه | وابستگی متغیر $\alpha$ به | نوع تجهیز          |
|----------------|--------------|---------------------------|--------------------|
| ۰.۸۱           | MW ۱۰-۰.۰۰۷  | قدرت                      | موتور احتراق داخلی |
| ۰.۷۸           | ۰.۵-۱۰ MW    | بار حرارتی                | بویلر کمکی         |

در سناریو های مختلف برای تأمین حرارت از بویلر استفاده شده است. کل حرارت تولیدی توسط سیستم CHP صرف چیلر جذبی می شود و چون هزینه نصب بویلرهای تأمین حرارت در همه سناریوها یکسان است، در نتیجه در محاسبات تأثیری ندارند و برای جلوگیری از پیچیدگی مسئله، محاسبات مربوط به بویلر لحاظ نشده است. در جدول زیر مشخصات مربوط به ساختمان ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات ساختمان

|             |                                   |
|-------------|-----------------------------------|
| ۲۰۰ kw      | برآورد بار الکتریکی متوسط ساختمان |
| ۱۰۰ ton-ref | ظرفیت تبرید                       |

## ۲-۱- سناریو اول

نصب یک عدد پکیج موتورژنراتور گازسوز مولد برق برای تأمین برق مصرفی و استفاده از چیلر تراکمی برای تأمین سرما در وضعیت تعرفه های کنونی

جدول ۳- مشخصات چیلر تراکمی [۶]

|                                                                                    |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| ۸۲.۳kw                                                                             | مصرف برق چیلر تراکمی      |
| ۳۰۲.۷ gpm                                                                          | آب در گردش برج خنک کن     |
| سه عدد پمپ با هد ۳۰ ft و دبی ۱۵۱ gpm<br>توان مصرفی هر یک ۲.۲ kw - یک پمپ جهت رزرو  | مشخصات پمپ برج خنک کن     |
| ۲۴۶.۵ gpm                                                                          | دبی آب سرد در گردش        |
| چهار عدد پمپ با هد ۸۰ ft و دبی ۸۲ gpm<br>توان مصرفی هر یک ۲.۲ kw - یک پمپ جهت رزرو | مشخصات پمپ آب سرد در گردش |
| ۲۹۳ kw                                                                             | جمع کل برق مصرفی ساختمان  |

جدول ۴- مشخصات موتور [۵]

|                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| CUMMINS              | نام موتور                         |
| TCM688G              | مدل موتور                         |
| ۵۵۴ kw               | توان خروجی موتور در حالت دائم کار |
| ۱۷۸m <sup>3</sup> /h | گاز مصرفی                         |

جدول ۵- قیمت انرژی با تعرفه‌های کنونی [۷]

|          |                |                                                   |
|----------|----------------|---------------------------------------------------|
| ۵۰ ریال  |                | قیمت گاز طبیعی نیروگاهی برای هر متر مکعب          |
| ۳۶ ریال  | دوره کم باری   | قیمت برق شبکه برای هر کیلووات ساعت در استان تهران |
| ۱۴۳ ریال | دوره میان باری |                                                   |
| ۴۷۰ ریال | دوره پر باری   |                                                   |

جدول ۶- هزینه های اولیه و هزینه سالیانه تجهیزات [۵] و [۶]

|                |                                           |
|----------------|-------------------------------------------|
| ۵۳۰۰۰۰۰۰۰ ریال | چیلر تراکمی یک عدد به ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید  |
| ۲۶۰۰۰۰۰۰۰ ریال | خرید، نصب و راه اندازی موتور گازسوز       |
| ۲۴۰۰۰۰۰۰ ریال  | هزینه تعمیر و نگهداری سالانه چیلرها       |
| ۷۱۲۰۰۰۰۰ ریال  | هزینه سوخت سالانه موتور                   |
| ۱۹۰۰۰۰۰۰۰ ریال | هزینه تعمیر و نگهداری سالانه موتورژنراتور |

جدول ۷- درآمدهای اولیه و درآمد های سالیانه

|                |                                          |
|----------------|------------------------------------------|
| ۳۵۰۰۰۰۰۰۰ ریال | عدم خرید انشعاب برق                      |
| ۴۶۷۹۹۹۴۰۰ ریال | درآمد سالانه ناشی از عدم پرداخت قبوض برق |
| ۷۳۰۳۹۹۸۶۰ ریال | درآمد سالانه فروش برق مازاد به توانیر    |

جدول ۸- محاسبات اقتصادی سناریوی اول

|                 |                            |
|-----------------|----------------------------|
| ۲۷۸۰۰۰۰۰۰۰ ریال | هزینه اولیه پروژه (خالص)   |
| ۹۱۳۱۹۹۲۶۰ ریال  | سود خالص سالیانه پروژه     |
| ۳ سال           | دوره بازگشت ساده طرح (SPP) |

## ۲-۲- سناریوی دوم

نصب یک عدد پکیج موتورژنراتور گازسوز مولد برق برای تأمین برق مصرفی و استفاده از چیلر تراکمی برای تأمین سرما در وضعیت تعرفه‌های آزاد (اجرای طرح تحول اقتصادی)

\*در این سناریو مشخصات چیلر تراکمی و موتور دقیقاً مثل سناریوی اول است و در این سناریو دوباره تکرار نشده است.

جدول ۹- قیمت انرژی با تعرفه‌های آزاد

|           |                |                                          |
|-----------|----------------|------------------------------------------|
| ۱۰۰ ریال  |                | قیمت گاز طبیعی نیروگاهی برای هر متر مکعب |
| ۳۷۴ ریال  | دوره کم باری   | قیمت برق شبکه برای هر کیلووات ساعت       |
| ۷۴۸ ریال  | دوره میان باری |                                          |
| ۱۴۹۵ ریال | دوره پر باری   |                                          |

جدول ۱۰- هزینه های اولیه و هزینه سالیانه تجهیزات

|                |                                           |
|----------------|-------------------------------------------|
| ۵۳۰۰۰۰۰۰۰ ریال | چیلر تراکمی یک عدد به ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید  |
| ۲۶۰۰۰۰۰۰۰ ریال | خرید، نصب و راه اندازی موتور گازسوز       |
| ۲۴۰۰۰۰۰۰ ریال  | هزینه تعمیر و نگهداری سالانه چیلرها       |
| ۱۴۱۴۰۰۰۰۰ ریال | هزینه سوخت سالانه موتور                   |
| ۱۹۰۰۰۰۰۰۰ ریال | هزینه تعمیر و نگهداری سالانه موتورژنراتور |

جدول ۱۱- درآمدهای اولیه و درآمد های سالیانه

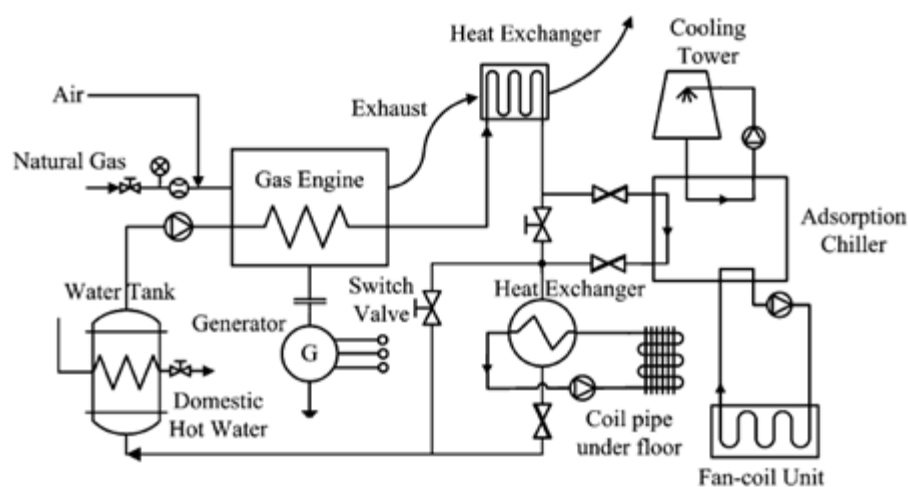
|                 |                                          |
|-----------------|------------------------------------------|
| ۳۵۰۰۰۰۰۰۰ ریال  | عدم خرید انشعاب برق                      |
| ۱۸۷۷۰۷۵۷۶۰ ریال | درآمد سالانه ناشی از عدم پرداخت قبوض برق |
| ۹۱۵۵۴۳۰۰۰ ریال  | درآمد سالانه فروش برق مازاد به توانیر    |

جدول ۱۲- محاسبات اقتصادی سناریوی دوم

|                 |                            |
|-----------------|----------------------------|
| ۲۷۸۰۰۰۰۰۰۰ ریال | هزینه اولیه پروژه (خالص)   |
| ۲۴۴۶۲۱۸۷۶۰ ریال | سود خالص سالیانه پروژه     |
| ۱.۱۴ سال        | دوره بازگشت ساده طرح (SPP) |

### ۳-۲- سناریوی سوم

نصب یک عدد پکیج موتورژنراتور گازسوز مولد تولید همزمان برق و حرارت برای تأمین برق مصرفی و حرارت مورد نیاز چیلر جذبی و استفاده از چیلر جذبی برای تأمین سرما در وضعیت تعرفه های کنونی مطابق شکل ۲.





جدول ۱۳- مشخصات مربوط به چیلر جذبی

|                                                                                     |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| ۸kw                                                                                 | مصرف برق چیلر جذبی    |
| ۴۰۰ gpm                                                                             | آب در گردش برج خنک کن |
| سه عدد پمپ با هد ۳۰ ft و ظرفیت ۲۱۰ gpm<br>توان مصرفی هر یک ۲.۲ kw - یک پمپ جهت رزرو | مشخصات پمپ برج خنک کن |
| ۲۴۰ gpm                                                                             | دبی آب سرد در گردش    |
| چهار عدد پمپ با هد ۸۰ ft و دبی ۸۲ gpm<br>توان مصرفی هر یک ۲.۲ kw - یک پمپ جهت رزرو  | مشخصات پمپ آب در گردش |
| ۲۲۰ kw                                                                              | جمع کل برق مصرفی      |
| ۲۲۰ gpm                                                                             | جمع کل آب گرم مصرفی   |

جدول ۱۴- مشخصات موتور

|                              |                                                                               |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| CUMMINS                      | نام موتور                                                                     |
| TCM688G                      | مدل موتور                                                                     |
| ۵۵۴ کیلو وات                 | توان خروجی موتور در حالت دائم کار                                             |
| ۲۲۰ gpm با اختلاف درجه ۱۸ °C | میزان آب گرم تولیدی توسط بازیافت حرارت از موتور با مشخصات مورد نیاز چیلر جذبی |
| ۱۷۸m <sup>3</sup> /h         | گاز مصرفی                                                                     |

جدول ۱۵- قیمت انرژی با تعرفه‌های کنونی

|                |                                                   |
|----------------|---------------------------------------------------|
| ۵۰ ریال        | قیمت گاز طبیعی نیروگاهی برای هر متر مکعب          |
| دوره کم باری   | قیمت برق شبکه برای هر کیلووات ساعت در استان تهران |
| دوره میان باری |                                                   |
| دوره پر باری   |                                                   |
| ۳۶ ریال        |                                                   |
| ۱۴۳ ریال       |                                                   |
| ۴۷۰ ریال       |                                                   |

جدول ۱۶- هزینه های اولیه و هزینه سالیانه تجهیزات

|               |                                            |
|---------------|--------------------------------------------|
| ۷۲۰۰۰۰۰۰ ریال | چیلر جذبی یک عدد با ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید     |
| ۳۰۰۰۰۰۰۰ ریال | خرید، نصب و راه اندازی موتورژنراتور گازسوز |
| نداریم*       | خرید بویلر                                 |
| ۲۰۰۰۰۰۰۰ ریال | هزینه تعمیر و نگهداری سالانه چیلر          |
| ۷۱۲۰۰۰۰۰ ریال | هزینه سوخت سالانه موتور                    |
| ۲۰۰۰۰۰۰۰ ریال | هزینه تعمیر و نگهداری سالانه موتورژنراتور  |
| .             | هزینه سوخت سالانه بویلر                    |

\*\*\* میزان آب گرم تولیدی توسط بازیافت حرارت موتور با دبی مشخص شده در بالا، تمام آب گرم مورد نیاز چیلر جذبی را تأمین می‌نماید و لذا نیازی به نصب بویلر کمکی وجود ندارد.

جدول ۱۷- درآمدهای اولیه و درآمد های سالیانه

|                |                                          |
|----------------|------------------------------------------|
| ۳۵۰۰۰۰۰۰ ریال  | عدم خرید انشعاب برق                      |
| ۳۶۴۲۴۲۶۹۶ ریال | درآمد سالانه ناشی از عدم پرداخت قبوض برق |
| ۹۶۰۴۴۷۰۶۰ ریال | درآمد سالانه فروش برق مازاد به توانیر    |

جدول ۱۸- محاسبات اقتصادی سناریوی سوم

|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| هزینه اولیه پروژه          | ۳۳۷۰۰۰۰۰۰ ریال  |
| درآمد خالص سالیانه پروژه   | ۱۰۳۳۴۸۹۷۵۶ ریال |
| دوره بازگشت ساده طرح (SPP) | ۳.۲۶ سال        |

۴-۲- سناریوی چهارم

نصب یک عدد پکیج موتورژنراتور گازسوز مولد تولید هم‌زمان برق و حرارت برای تأمین برق مصرفی و حرارت مورد نیاز چیلر جذبی و استفاده از چیلر جذبی برای تأمین سرما در وضعیت تعرفه‌های آزاد (اجرای طرح تحول اقتصادی) \*در این سناریو مشخصات چیلر جذبی و موتور دقیقاً مثل سناریوی سوم است و در این سناریو دوباره تکرار نشده است.

جدول ۱۹- قیمت انرژی با تعرفه‌های آزاد

|                                          |                |
|------------------------------------------|----------------|
| قیمت گاز طبیعی نیروگاهی برای هر متر مکعب | ۱۰۰ ریال       |
| قیمت برق شبکه برای هر کیلووات ساعت       | دوره کم باری   |
|                                          | دوره میان باری |
|                                          | دوره پر باری   |

جدول ۲۰- هزینه های اولیه و هزینه سالیانه تجهیزات

|                                            |                |
|--------------------------------------------|----------------|
| چیلر جذبی یک عدد با ظرفیت ۱۰۰ تن تبرید     | ۷۲۰۰۰۰۰۰ ریال  |
| خرید، نصب و راه‌اندازی موتورژنراتور گازسوز | ۳۰۰۰۰۰۰۰ ریال  |
| خرید بویلر                                 | نداریم*        |
| هزینه تعمیر و نگهداری سالانه چیلر          | ۲۰۰۰۰۰۰۰ ریال  |
| هزینه سوخت سالانه موتور                    | ۱۴۲۴۰۰۰۰۰ ریال |
| هزینه تعمیر و نگهداری سالانه موتورژنراتور  | ۲۰۰۰۰۰۰۰ ریال  |
| هزینه سوخت سالانه بویلر                    | .              |

\* میزان آب گرم تولیدی توسط بازیافت حرارت موتور با دبی مشخص شده در بالا، تمام آب گرم مورد نیاز چیلر جذبی را تأمین می‌نماید و لذا نیازی به نصب بویلر کمکی وجود ندارد.

جدول ۲۱- درآمدهای اولیه و درآمد های سالیانه

|                                          |                 |
|------------------------------------------|-----------------|
| عدم خرید انشعاب برق                      | ۳۵۰۰۰۰۰۰ ریال   |
| درآمد سالانه ناشی از عدم پرداخت قبوض برق | ۱۳۹۷۵۶۵۳۶۰ ریال |
| درآمد سالانه فروش برق مازاد به توانیر    | ۱۲۰۳۹۰۳۰۰ ریال  |

جدول ۲۲- محاسبات اقتصادی سناریوی دوم

|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| هزینه اولیه پروژه          | ۳۳۷۰۰۰۰۰۰ ریال  |
| درآمد خالص سالیانه پروژه   | ۲۲۳۹۰۶۸۳۶۰ ریال |
| دوره بازگشت ساده طرح (SPP) | ۱.۵۱ سال        |



### ۳- نتیجه گیری

به کارگیری سیستم‌های تولید پراکنده برای تأمین 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 بهره‌وری انرژی در مجموعه می‌شود. احداث سیستم‌های تولید پراکنده با به کارگیری موتور احتراقی گازسوز، با توجه به ارزیابی‌های انجام شده دیگران بر مبنای قیمت‌های داخلی انرژی و سرمایه گذاری، دارای دوره بازگشت سرمایه کوتاهی بوده و از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار است. در این مقاله چهار نوع ترکیب سیستم‌های CCHP با چیلرهای تراکمی و جذبی با قیمت‌های مختلف انرژی در ایران بررسی شد و نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که ترکیب این‌گونه سیستم‌ها با چیلرهای تراکمی در ظرفیت‌های زیر ۲۰۰ تن تبرید برای تأمین بار برودتی مورد نیاز، بیشترین توجیه اقتصادی را نسبت به حالت‌های دیگر دارد.

فهرست نمادهای به کار رفته :

|         |                                        |          |
|---------|----------------------------------------|----------|
| -       | Combined Heat and Power                | CHP      |
| -       | Combined Cooling ,Heat and Power       | CCHP     |
| ریال    | هزینه خرید موتورژنراتور با ظرفیت $X_Y$ | $C_Y$    |
| ریال    | هزینه خرید موتورژنراتور با ظرفیت $X_W$ | $C_W$    |
| کیلووات | ظرفیت موتور $Y$                        | $X_Y$    |
| کیلووات | ظرفیت موتور $w$                        | $X_W$    |
| بی بعد  | ضریب                                   | $\alpha$ |
| سال     | Simple Payback Period                  | SPP      |
| gpm     | Gallon Per Minute                      | gpm      |

### مراجع

- [1] Zhi-Gao Sun "Energy efficiency and economic feasibility analysis of cogeneration system driven by gas engine", [1] Energy and Buildings, 2008
- [2] D.W. Wu, R.Z. Wang , " Combined cooling, heating and power", A review Progress in Energy and Combustion Science (2006)
- [۳] سید محمد تقی بطحایی، احسان تقدیری " انتخاب نیروگاه کوچک تولید هم‌زمان برق، گرما و سرما برای یک ساختمان نمونه آموزشی در راستای اصلاح الگوی مصرف سوخت‌های فسیلی
- [۴] محمد صادق قاضی زاده، میثم انصاری، جواد پاکدامن، عادل غلامی " تحلیل اقتصادی جهت تعیین ظرفیت و برنامه کاری بهینه سیستم تولید هم‌زمان با محرک اولیه موتور گازسوز و همچنین بویلرهای بخار به منظور تأمین برق و حرارت یک واحد صنعتی
- [۵] کاتالوگ های شرکت CUMMINS

[۶] کاتالوگ های چیلر تراکمی و چیلر جذبی  
[۷] قوانین مربوط به سیستم های تولید پراکنده مصوب شرکت مادر تخصصی توانیر

