

## بررسی چیلر های جذبی گاز سوز و چیلر های تراکمی از دیدگاه انرژی

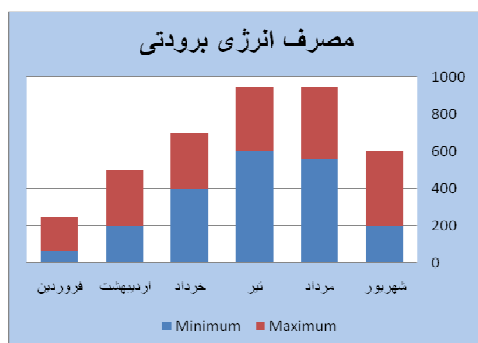
هادی میلانی<sup>a</sup>، مهدی جامعی<sup>b</sup>

<sup>a</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های انرژی - شرکت کیسون [h.milani@kayson-ir.com](mailto:h.milani@kayson-ir.com)

<sup>b</sup> کارشناس مکانیک - شرکت کیسون [m.jameie@kayson-ir.com](mailto:m.jameie@kayson-ir.com)

### چکیده

یکی از دغدغه های مهندسين صنعت گرمایش و سرمایش و تهویه مطبوع کشور انتخاب بهینه تجهیزات می باشد که از آن جمله می توان انتخاب تجهیزات سرمایشی را نام برد. متأسفانه بسیاری از مهندسين این صنعت براین باور هستند که چیلر های جذبی با سوخت گاز طبیعی بهترین گزینه برای سیستم سرمایش می باشد و بدون تجزیه و تحلیل مصرف انرژی سراغ اینگونه تجهیزات می روند. این نوع تفکر ناشی از ارزان بودن گاز طبیعی در کشور می باشد در حالی که اگر قانون هدفمند کردن یارانه ها، که یک امر بلامنازع است و دیر یازود اجرا خواهد گردید، عملی شود به سادگی نمی توان از این نوع چیلر ها استفاده نمود. در این مقاله چیلر های جذبی با سوخت گاز طبیعی را با چیلر های برقی از دیدگاه مصرف انرژی مقایسه می نماییم. قیمت صادرات گاز طبیعی به ازای هر مترمکعب معادل ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ ریال می باشد و قیمت تمام شده برق به ازای هر کیلووات ساعت ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال است باتوجه به ضرایب عملکرد چیلرها هزینه انرژی به ازای هر تن ساعت سرمایش تولید شده از برق ۴۰۰ الی ۴۵۰ ریال و به ازای هر تن ساعت سرمایش تولید شده با گاز طبیعی ۵۰۰ الی ۶۵۰ ریال خواهد شد.



شکل ۱: مصرف انرژی برومندی ساختمان مسکونی طی سال

از منحنی شماره ۱ استفاده نموده و میزان انرژی مورد نیاز را به تفکیک ماه ها و بر حسب kWh محاسبه می نمایم که در جدول شماره ۱ مشخص گردیده است.

| ماه      | min. energy | max. energy |
|----------|-------------|-------------|
| فروردین  | ۱۸۲,۲۸۰     | ۶۵۱,۰۰۰     |
| اردیبهشت | ۵۲۰,۸۰۰     | ۱,۳۰۲,۰۰۰   |
| خرداد    | ۱,۰۴۱,۶۰۰   | ۱,۸۲۲,۸۰۰   |
| تیر      | ۱,۵۶۲,۴۰۰   | ۲,۴۷۳,۸۰۰   |
| مرداد    | ۱,۴۵۸,۲۴۰   | ۲,۴۷۳,۸۰۰   |
| شهریور   | ۵۲۰,۸۰۰     | ۱,۵۶۲,۴۰۰   |
| جمع      | ۵,۲۸۶,۱۲۰   | ۱۰,۲۸۵,۸۰۰  |

جدول ۱: میزان انرژی مصرفی به تفکیک ماه (kWh)

### ۳. مشخصات چیلرها:

چیلر تراکمی پیشنهادی برای این پروژه، یک دستگاه چیلر ۱۰۰۰ تن مجهز به سیستم VFD می باشد. سیستم VFD باعث متغیر شدن دور موتورهای الکتریکی می شود و لذا می توان از این سیستم در

### ۱. مقدمه

با توجه به حساس شدن موضوع مصرف انرژی در صنایع متفاوت، صاحبان و متخصصین صنایع ضمن حفظ کیفیت کار به دنبال راه کارهایی برای کم کردن مصرف انرژی و هزینه در صنعت می باشند. حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد انرژی در صنعت تاسیسات گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع مصرف می شود. از جمله سیستم هایی که در یک ساختمان دارای مصرف انرژی زیادی می باشد، سیستم سرمایش است. در ایران انرژی به صورت یارانه ای و ارزان در اختیار مصرف کنندگان قرار می گیرد و این امر باعث بی توجهی کارشناسان به مصرف انرژی می گردد ولی در صورت حذف یارانه ها و آزادسازی قیمت انرژی دیگر انتخاب سیستمها و تجهیزات، بدون در نظر گرفتن مصرف انرژی آنها منطقی نخواهد بود.

در این مقاله میزان مصرف و هزینه انرژی دو دستگاه چیلر جذبی و چیلر تراکمی که برای یک ساختمان حدود ۲۰,۰۰۰ مترمربعی واقع در شهر تهران پیشنهاد شده است، مقایسه خواهد شد.

### ۲. میزان بار برومندی ساختمان طی سال:

با توجه به نوع کاربری (مسکونی) و موقعیت جغرافیایی این ساختمان (تهران) منحنی مصرف انرژی برومندی در ماههای گرم سال، که از ابتدای فروردین تا آخر شهریور می باشد، به صورت شکل زیر است:

بارهای سرمایه‌ی متفاوت استفاده نمود. یک چیلر برقی بدون سیستم VFD فقط در بارهای نهائی کارائی بالا می‌دارند. این سیستم بازدهی متوسط چیلر را ۱۹٪ تا ۲۲٪ افزایش می‌دهد. چیلر جذبی پیشنهادی برای این ساختمان یک دستگاه چیلر جذبی شعله مستقیم با ظرفیت ۱۰۰۰ تن می‌باشد. ضریب عملکرد چیلرها در بارهای مختلف در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

| چیلر   | ضریب عملکرد در بارهای مختلف (TR) |       |       |
|--------|----------------------------------|-------|-------|
|        | ۲۵۰                              | ۵۰۰   | ۷۵۰   |
| جذبی   | ۱.۰۸۹                            | ۱.۱۶۷ | ۱.۰۹۷ |
| تراکمی | ۹                                | ۸.۸   | ۷.۲   |

جدول ۲: ضریب عملکرد

#### ۴. تبدیل واحدها:

هر متر مکعب گاز معادل ۱۰/۵ kWh انرژی دارد.  
 هر تن-ساعت تبرید معادل ۳/۵ kWh می‌باشد.  
 قیمت صادرات گاز ایران به هندوستان به ازای هر یک میلیون BTU ۵/۹ دلار است.  
 هر کیلووات ساعت معادل ۳۴۱۴ BTU می‌باشد.

#### ۵. میزان مصرف انرژی چیلرها:

برای محاسبه میزان مصرف انرژی هر کدام از تجهیزات، با استفاده از COP ارائه شده توسط شرکت سازنده برای ماه‌های مختلف، انرژی مصرف شده توسط هر دستگاه محاسبه می‌گردد که در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

$$COP = \frac{\text{میزان پروت تولیدی}}{\text{میزان انرژی ورودی}}$$

| انرژی (بر حسب کیلووات ساعت) | مصرفی     |             |
|-----------------------------|-----------|-------------|
|                             | چیلر جذبی | چیلر تراکمی |
| فروردین                     | ۳۸۲,۵۹۰   | ۴۶,۲۹۳      |
| اردیبهشت                    | ۷۸۰,۹۷۷   | ۱۰۳,۵۶۸     |
| خرداد                       | ۱,۳۰۵,۵۶۱ | ۱۹۸,۹۱۷     |
| تیر                         | ۲,۰۱۸,۱۰۰ | ۳۳۶,۳۵۰     |
| مرداد                       | ۱,۹۶۶,۰۲۰ | ۳۲۷,۶۷۰     |
| شهریور                      | ۹۴۹,۴۹۹   | ۱۴۴,۶۶۷     |
| جمع کل                      | ۷,۴۰۲,۷۴۶ | ۱,۱۵۷,۴۶۵   |

جدول ۳: میزان انرژی مصرفی چیلرها

#### ۶. هزینه‌های انرژی:

هزینه برق به ازای هر کیلووات ساعت و هزینه گاز به ازای هر متر مکعب از مصرف کننده دریافت می‌شود و قیمت‌های آن در حال حاضر با توجه به پرداخت یارانه از طرف دولت به صورت زیر است:  
 هر کیلووات ساعت برق ۱۵۰ ریال  
 هر متر مکعب گاز ۹۵ ریال (هر کیلووات ساعت ۹ ریال)

طبق بند ب و ج ماده ۱ قانون هدفمند کردن یارانه‌ها قیمت واقعی حامل‌های انرژی به شرح زیر محاسبه خواهند گردید  
 ماده ۱- دولت مکلف است با رعایت این قانون قیمت حامل‌های انرژی را اصلاح کند:  
 ب- میانگین قیمت فروش داخلی گاز طبیعی به گونه‌ای تعیین شود که به تدریج تا پایان برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، معادل حداقل هفتاد و پنج درصد (۷۵٪) متوسط قیمت گاز طبیعی صادراتی پس از کسر هزینه‌های انتقال، مالیات و عوارض شود.

ج- میانگین قیمت فروش داخلی برق به گونه‌ای تعیین شود که به تدریج تا پایان برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران معادل قیمت تمام شده آن باشد.  
 قیمت تمام شده هر کیلووات ساعت برق ۷۷۳ ریال  
 ۷۵٪ متوسط قیمت هر متر مکعب گاز ۲۰۰۰ ریال (هر کیلووات ساعت ۱۹۰ ریال)  
 با توجه به موارد فوق هزینه مصرف انرژی در ساختمان در سه حالت مذکور در جدول شماره ۴ ارائه شده است:

| یارانه                      | گاز           | برق           |
|-----------------------------|---------------|---------------|
| قانون هدفمند کردن یارانه‌ها | ۱,۴۰۶,۵۲۱,۶۷۳ | ۱,۱۵۷,۴۶۴,۸۴۸ |
| یارانه                      | ۶۶,۶۲۴,۷۱۰    | ۱۷۳,۶۱۹,۷۲۷   |

جدول ۴: هزینه مصرف انرژی (ریال)

#### ۷. بررسی مصرف انرژی چیلرها:

همانطور که ملاحظه می‌شود، هزینه مصرف انرژی با سناریوهای متفاوت می‌تواند نقش اساسی در انتخاب تجهیزاتی از قبیل چیلر داشته باشد به عنوان مثال در صورتی که دولت یارانه‌های حامل‌های انرژی را حذف نکند استفاده از چیلر جذبی به مراتب اقتصادی‌تر خواهد بود و در صورت اجرای کامل قانون هدفمند کردن یارانه‌ها این دستگاه به هیچ عنوان اقتصادی نخواهد بود.

از طرفی در صورت اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها هزینه برق باید به صورت چند زمانه محاسبه گردد که در این صورت ذخیره سازی انرژی (Thermal Storage) یکی از بهترین گزینه‌ها برای کنترل مصرف انرژی خواهد بود چرا که هزینه‌های اولیه را حداقل تا ۲۵ درصد کاهش می‌دهد همچنین بیشترین مصرف انرژی برق در زمان Off-peak خواهد بود که هزینه‌های اولیه را حداقل تا ۷۵٪ محاسبه می‌شود. به عنوان مثال برای این پروژه می‌توان ۶۰٪ انرژی را در زمان یاد شده ذخیره نمود و مبلغی در حدود سالیانه ۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال در هزینه برق صرفه جویی اقتصادی داشت.

صرف نظر از هزینه حامل‌های انرژی به سادگی مشخص است که باتوجه به ضریب عملکرد مصرف انرژی چیلرهای جذبی از چیلرهای تراکمی بیشتر است به عنوان مثال در پروژه مذکور مقدار گاز مصرفی ۷۰۵۰۰۰ متر مکعب و مقدار برق مصرفی نیز ۱۱۵۷۴۶۵ کیلووات ساعت می‌باشد در حالی که اگر این مقدار گاز در نیروگاههای برق مصرف شود با توجه به راندمان نیروگاهها حدود ۲۳۰۰۰۰ کیلووات ساعت برق تولید خواهد شد لذا استفاده از

## ۹. مراجع

[۱] کارگروه تحولات اقتصادی

[۲] Comparison of Energy Costs for Chiller Systems Georgia Institute of Technology

[۳] GAS COOLING VS. ELECTRIC COOLING  
COMPARING THE COSTS

John Cerisano

Four Seasons Controlled Climates Ltd.

February ۲۶, ۲۰۰۱

چیلر های جذبی با سوخت فسیلی از دیدگاه متخصصین انرژی به هیچ عنوان قابل توجه نیست

## ۸. نتیجه گیری:

استفاده از چیلرهای جذبی در شرایطی مقرون به صرفه است که منابع انرژی رایگان در اختیار داشته باشیم مانند انرژی زمین گرمایی و یا انرژی خورشیدی.

با توجه به اهمیت مصرف انرژی لازم است متخصصین صنعت سرمایه‌گذاری، گرمایش و تهویه مطبوع، ضمن پیگیری سیاست های کلان دولت در خصوص انرژی قبل از انتخاب هر نوع سیستمی تحلیلی دقیق از مصرف انرژی در ساختمان انجام دهند و در کنار سایر مدارک ارائه شده در یک پروژه، مدرکی تحت عنوان تحلیل هزینه و مصرف انرژی تهیه نمایند.