

راهبرد انرژی در استفاده از چیلرهای جذبی و تراکمی در برج تهران

حمیدرضا وفايي^۱، جعفر برخورداري^۲، محمدعلي زاهد^۳

تاریخ دریافت مقاله:

۹۳/۸/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله:

۹۴/۲/۱۰

چکیده:

چیلرها از مهم ترین تجهیزات تولید برودت در ساختمان های بزرگ محسوب می شوند . شناخت صحیح و استفاده مناسب از این ماشین ها، از عوامل اساسی در بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان می باشد . برای برج مسکونی تهران با بار برودتی ۱۸۳۰ تن تبرید، دو نوع چیلر تراکمی سانتریفیوژ و جذبی شعله مستقیم دو اثره به همراه برج های خنک کن و پمپ های گردش آب کندانسور انتخاب شده و تحلیل ساعتی بار برودتی مورد نیاز ساختمان و شبیه سازی مصرف انرژی و هزینه های آن بر اساس هر دو نوع چیلر، توسط نرم افزار HAP 4.5 انجام شده است. نتایج نشان می دهد به رغم بالاتر بودن مقدار مصرف انرژی در چیلرهای جذبی نسبت به نوع سانتریفیوژ (حدود ۴ برابر) ، به دلیل سیاست گذاری های دولت در بخش برق و گاز هزینه انرژی مصرفی در چیلر جذبی و سانتریفیوژ تقریباً برابر می باشند.

کلمات کلیدی:

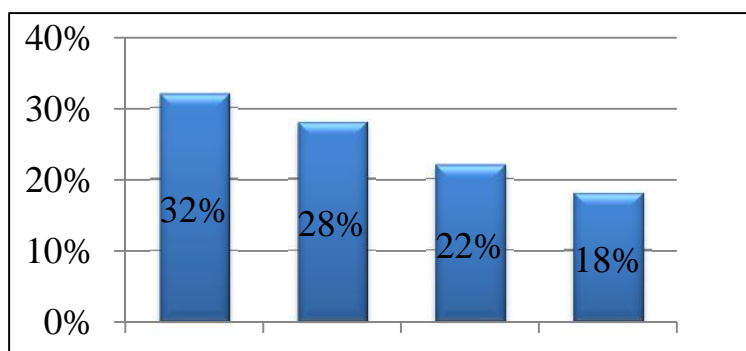
برج تهران، سیستم سرمایش، هزینه حامل های انرژی، چیلر های تراکمی سانتریفیوژ ، چیلر های جذبی

vafaei.hr@ut.ac.ir
ja.barkhordari@yahoo.com
zahed.moe@gmail.com

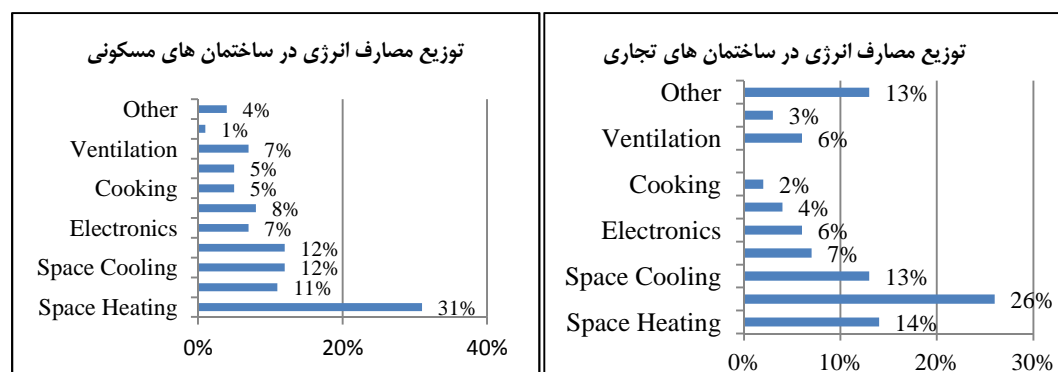
(۱) گروه مهندسی سیستم های انرژی، دانشگاه تهران، پردیس البرز
(۲) گروه مهندسی سیستم های انرژی، دانشگاه تهران، پردیس البرز
(۳) گروه مهندسی سیستم های انرژی، دانشگاه تهران، پردیس البرز

مقدمه

حدود ۲۴ درصد از گاز دی‌اکسیدکربن در نتیجه مصرف انرژی در ساختمان‌ها انتشار می‌یابد [۱] و محدودیت منابع تأمین آن در حال حاضر باعث ایجاد نگرانی‌های در جوامع مختلف در جهت چگونگی تأمین انرژی شده است. حدود ۴۰ درصد انرژی تولیدی در ساختمان‌ها مصرف می‌شود که ۲۲ درصد آن در ساختمان‌های مسکونی و ۱۸ درصد دیگر در ساختمان‌های غیرمسکونی به مصرف می‌رسد [۲] (شکل ۱). تقریباً ۱۵ درصد از انرژی الکتریکی تولید شده در دنیا در بخش تبرید مصرف می‌شود [۳]. در ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه میزان مصرف انرژی در موتورخانه‌های مرکزی و مشخصاً سیستم سرمایش محسوس است. این مقاله به مقایسه‌ای بین انرژی مصرفی سیستم‌های تبرید جذبی شامل چیلرهای جذبی از نوع شعله مستقیم دو اثره با بالاترین راندمان بین چیلرهای جذبی متعارف [۴] و چیلرهای تراکمی سانتریفیوژ، برای برج مسکونی تهران به‌عنوان یک ساختمان شاخص در شهر تهران می‌پردازد و میزان و هزینه انرژی مصرفی در این دو سیستم، بر اساس سیاست‌گذاری‌های دولت در بخش انرژی مورد بررسی قرار می‌گیرد.



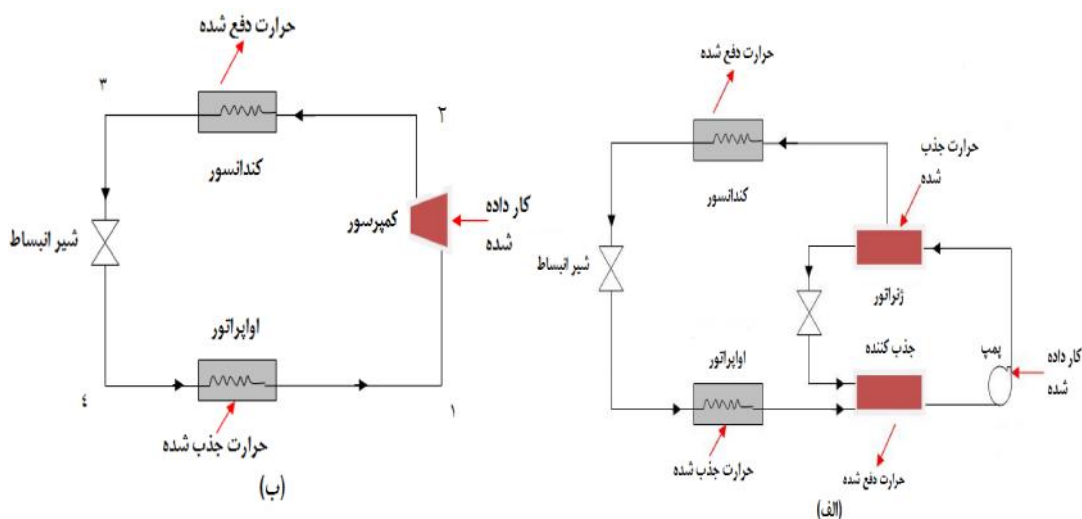
شکل ۱) مقادیر مصرف انرژی در ساختمان‌ها [۲]



شکل ۲) توزیع مصارف انرژی در ساختمان‌های تجاری و مسکونی [۲]

چیلرها

از چیلرها به عنوان ماشین‌های تولید برودت و به عنوان یک گزینه ارزشمند اقتصادی جهت تأمین برودت مورد نیاز ساختمان‌ها نمی‌توان براحتی چشم پوشی کرد. چیلرهای تراکمی با استفاده از انرژی الکتریکی و چیلرهای جذبی با استفاده از انرژی گاز طبیعی، تولید سرما می‌کنند، اما با توجه به محدودیت‌های کارکردی آنها، بسته به شرایط آب و هوایی، منطقه جغرافیایی، هزینه انرژی مصرفی و ... ممکن است در مناطق مختلف تنها امکان استفاده از برخی از انواع چیلرها وجود داشته باشد. در شکل (۳)، سیکل پایه کارکرد هر دو ماشین آورده شده است.



شکل ۳. الف) سیکل جذبی (ب) سیکل تراکمی

در جدول‌های (۱) و (۲)، انواع چیلرهای جذبی و تراکمی از نظر راندمان، ظرفیت و قابلیت ذخیره انرژی مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

جدول (۱) مقایسه انواع چیلرهای جذبی و تراکمی

| نوع ماشین | فن عملکرد | COP | ظرفیت قابل تأمین | قابلیت ذخیره انرژی در حالت پاره بار |
|-----------|---------------------|---------|------------------|-------------------------------------|
| جذبی | دو اثره-شعله مستقیم | ۱ تا ۳۵ | ۳۰-۵۰۰۰ | خیر |
| تراکمی | سانتریفیوژ | ۵ تا ۸ | ۴۰۰-۱۰۰۰۰ | بله |

جدول ۲) حداقل کارایی مورد نیاز تجهیزات برودتی [۵]

| نوع تجهیزات | اندازه | حداقل میزان کارایی | زیرمجموعه | شیوه آزمایش |
|-------------------------------|----------------|------------------------------------|--------------|-------------|
| هوا خنک-دیواری | 30000 Btu/hr | 12 SEER 10.56 EER[6] | اسپلیت یونیت | ARI 210/240 |
| هوا خنک-داکتی | <65000 Btu/hr | 10 SEER 9.20 EER | اسپلیت یونیت | ARI 210/240 |
| چیلر هواخنک | تمامی ظرفیت ها | 3.10 COP 3.45 IPLV 10.58 EER | دو تکه | ARI 550/590 |
| چیلر آب خنک سانتریفیوژ | تمامی ظرفیت ها | 6.10 COP 6.40 IPLV 20.81 EER | دو تکه | ARI 550/590 |
| چیلر جذبی دو اثره شعله مستقیم | تمامی ظرفیت ها | 1.00 COP 1.00 IPLV 3.41 EER | دو تکه | ARI 560 |

همانگونه که در جدول (۲) مشخص شده، کمترین میزان نسبت بازدهی انرژی مربوط به چیلر های جذبی و بهترین نسبت مربوط به چیلر های سانتریفیوژ آب خنک می باشد. در این بین، چیلر های هوا خنک و سیستم های اسپلیت یونیت تقریباً در یک رده قرار می گیرند.

مشخصات عمومی برج تهران

برج بلند مرتبه تهران در میان سه شاهراه حیاتی شهر تهران از جنوب به بزرگراه حکیم و از شرق مشرف به بزرگراه کردستان و از غرب مشرف به خیابان شیخ بهایی با دسترسی مناسب به نقاط مختلف شهر بزرگ تهران قرار گرفته است. این برج با سه بال پهناور در ۵۶ طبقه، مشتمل بر ۵۵۵ واحد آپارتمان (۴۳ آپارتمان سوئیت، ۱۷۲ آپارتمان دو خوابه، ۳۱۳ آپارتمان سه خوابه، ۱۶ آپارتمان ۴ خوابه، ۱۱ آپارتمان پنت هاوس تریپلکس) و ۱۷ واحد تجاری در همکف می باشد.

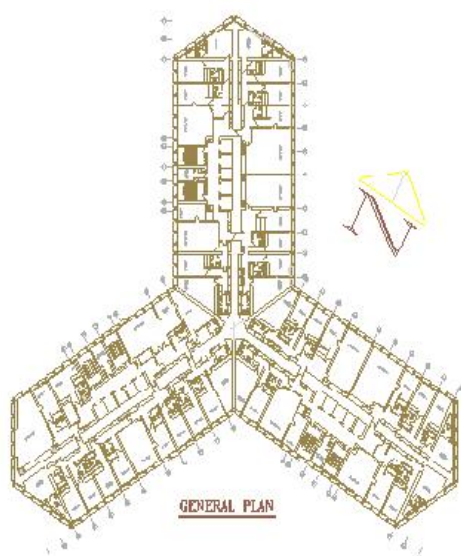
جنس جداره های خارجی

دیوارها از جنس GFRC (بتن مسلح به الیاف شیشه ای) به ارتفاع ۳ متر، عمق ۷۰ سانتی متر، پنجره ها از جنس آلومینیوم بافریم Thermal Break به رنگ برنز پینه و شیشه دوجداره به رنگ سبز رفلکس هستند.

پلان معماری ساختمان

پلان برج دارای سه بال متقارن به شکل زیر است.

این سه بال به ترتیب "A", "B", "C" WING نام گذاری شده‌اند. در ورود اطلاعات به نرم افزار هر بال برج یک ناحیه در نظر گرفته شده است. برای محاسبه بار برودتی ساختمان نیاز به ضرایب انتقال حرارت المان‌های ساختمانی همچون دیوار، سقف و پنجره‌ها نیاز می‌باشد که مقادیر آنها از کتابخانه خود نرم افزار HAP و مطابق جدول شماره (۵) می‌باشند.



(ب)



(الف)

شکل ۴. الف) نمایی از برج تهران ب) پلان طبقات برج تهران

جدول ۳) سطوح و مساحت‌ها (متر مربع)

| زمین برج | پارکینگ | زیرساخت برج | پروژه | زیرزمین‌ها | ساختمان بالاتر از سطح محوطه | مفید | کل فضاهای تأسیساتی |
|----------|---------|----------------|--------|------------|--------------------------------|--------|-----------------------|
| ۳۵۰۰۰ | ۱۵۰۰۰ | ۳۰۰۰ | ۲۰۳۰۰۰ | ۵۳۰۰۰ | ۱۵۰۰۰۰ | ۱۲۶۰۰۰ | ۸۰۰۰ |

محاسبات سیستم سرمایش

بر اساس معماری برج، موقعیت قرارگیری و سایر شاخص‌های مورد نیاز برای محاسبات سیستم سرمایش، بار برودتی مورد نیاز توسط نرم افزار HAP (hourly analysis program) [7] ویرایش ۴ ۵ محصول شرکت کریر مدل شده و بار برودتی ساختمان محاسبه شده است. جهت محاسبه بار برودتی ساختمان، شرایط هوای طرح خارج مطابق جدول ۴ انجام شده است. [۸]

جدول ۴) شرایط هوای طرح خارج

| نام شهر | تهران | |
|--------------------------------|--------|------------------------|
| کشور | ایران | |
| عرض جغرافیایی | ۳۵ ۷ | درجه |
| طول جغرافیایی | -۵۱ ۴ | درجه |
| ارتفاع از سطح دریا | ۱۲۱۹ ۸ | متر |
| دمای حباب خشک طراحی تابستانی | ۳۸ ۹ | درجه سلسیوس |
| دمای حباب تر طراحی تابستانی | ۲۳ ۹ | درجه سلسیوس |
| تغییرات دمایی روزانه تابستانی | ۱۵ | درجه کلونین |
| دمای حباب خشک طراحی زمستانی | -۶ ۷ | درجه سلسیوس |
| دمای حباب تر طراحی زمستانی | -۸ ۸ | درجه سلسیوس |
| عدد تمیزی اتمسفر | ۱ | |
| میانگین قابلیت بازتاب سطح زمین | ۰ ۲ | |
| قابلیت هدایت خاک | ۱ ۳۸۵ | W/(m ² -°K) |
| اختلاف ساعت محلی با گرینویچ | -۳ ۵ | ساعت |
| در نظر گرفتن تغییر فصلی ساعت | بله | |

مشخصات جداره‌های خارجی ساختمان

ضرایب انتقال حرارت مواد، در جداره‌های خارجی ساختمان ضرایب انتقال حرارت مطابق جدول (۵) می‌باشند.

جدول ۵) مشخصات و مقادیر ضرایب انتقال حرارت

| اجزا | وزن (کیلوگرم بر مترمربع) | مقاومت حرارتی W/(m ² -°K) |
|-------------|-----------------------------|---|
| دیوار خارجی | ۱۶۲۵ ۴ | ۰ ۶۱۶ |
| پنجره | -- | ۳ ۲۰۵ |
| سقف | ۴۷۵ | ۱ ۵۲۶ |

بر اساس محاسبات انجام شده توسط نرم افزار، میزان بار برودتی مورد نیاز مطابق جدول (۶) خواهد بود:

جدول ۶) میزان بار برودتی مورد نیاز ساختمان

| فضا | تعداد | (کیلووات) بار برودتی مورد نیاز |
|--------|-------|--------------------------------|
| wing A | ۱ | ۲۰۰۲ ۵ |
| wing B | ۱ | ۱۹۱۰ ۶ |
| wing C | ۱ | ۱۹۸۸ |

نحوه مدل سازی ساختمان در نرم افزار

برای مدل کردن ساختمان در نرم افزار HAP و بدست آوردن بار برودتی مورد نیاز، ابتدا شرایط آب و هوایی منطقه مطابق جدول (۴) وارد شده و سپس مشخصات مربوط به جداره های خارجی ساختمان شامل دیوار ها، پنجره ها و سقف مشخص شده، پس از آن می بایست اطاعات مربوط به هر فضا کامل شود. این اطلاعات شامل میران هوای تازه مورد نیاز^۱، بار های داخلی که شامل بار ناشی از روشنایی^۲، تعداد افراد و بار های گرمایشی جزئی دیگر می باشند. در بخش دیگر، مشخصات جداره های خارجی فضاها مطابق با مقادیر مندرج در جدول (۵) وارد شده و نهایتا اطلاعات مربوط به هوای نفوذی مشخص شده است. این مقدار با توجه به هوا بند بودن ساختمان و هوای تازه تامین شده توسط هواساز، صفر در نظر گرفته شده است. در بخش سیستم ها، فن کویل به همراه هواساز هوای تازه به عنوان سیستم سرمایشی انتخاب شده و مجموع فضاها در هر بال ساختمان یک ناحیه^۳ در نظر گرفته شده است. نهایتا با تعریف دو نوع موتورخانه سرمایشی بر پایه چیلر های جذبی و تراکمی میزان بار برودتی ساختمان توسط نرم افزار محاسبه گردیده است.

شبیه سازی انرژی مصرفی

برای شبیه سازی انرژی در موتورخانه سرمایشی برج، از نرم افزار hap ۵۱ ۴ استفاده شده است. شبیه سازی مصارف هزینه های انرژی مصرفی در بخش سرمایش ساختمان بر پایه مصارف انرژی در چیلرهای جذبی دو اثره شعله مستقیم و چیلرهای تراکمی سانتیفریوژ به همراه مصرف انرژی در فن برج خنک کن و پمپ گردش آب کندانسور چیلر انجام شده است. راندمان چیلرها مطابق جداول (۷-۹) است. این جداول همان الگوهای موجود در نرم افزار می باشند.

جدول (۷) راندمان چیلر تراکمی سانتیفریوژ (کیلووات بر تن تبرید)

| ECWT (°F) | حداکثر ظرفیت | %۱۰۰ | %۷۵ | %۵۰ | %۲۵ |
|-----------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| ۹۰ | ۰ ۶۳۵ | ۰ ۶۳۵ | ۰ ۶۳۵ | ۰ ۷۴۶ | ۱ ۰۷۳ |
| ۸۵ | ۰ ۶ | ۰ ۶ | ۰ ۶ | ۰ ۷۰۶ | ۱ ۰۱۵ |
| ۷۹ | ۰ ۵۵۹ | ۰ ۵۵۹ | ۵۵۹. | ۰ ۶۵۷ | ۰ ۷۴۵ |
| ۷۲ | ۰ ۵۱ | ۰ ۵۱ | ۰ ۵۱ | ۰ ۶ | ۰ ۸۶۳ |
| ۶۶ | ۰ ۴۶۹ | ۴۶۹. | ۴۶۹. | ۰ ۵۵۱ | ۰ ۹۷۳ |
| ۶۰ | ۰ ۴۲۷ | ۰ ۴۲۷ | ۰ ۴۲۷ | ۰ ۵۰۲ | ۰ ۷۲۳ |

1) ASHRAE Std 62-1 2001

2) ASHRAE Std 90.2 2004

3) Zone

جدول ۸) راندمان چیلر جذبی شعله مستقیم دو اثره (کیلووات بر تن تبرید)

| EACWT (°F) | حداکثر ظرفیت | %۱۰۰ | %۹۰ | %۸۰ | %۷۰ | %۶۰ | %۵۰ | %۴۰ | %۳۰ |
|------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ۸۵ | ۴۶۲۷ | ۴۶۲۷ | ۴۴۹۴ | ۴۳۸۵ | ۴۳۱ | ۴۲۸۸ | ۴۳۱۳ | ۴۲۸۴ | ۴۴۸۹ |
| ۸۰ | ۴۴۵۶ | ۴۴۵۶ | ۴۳۱۸ | ۴۲۱۷ | ۴۱۵۸ | ۴۱۲۶ | ۴۱۶۶ | ۴۲۱۱ | ۴۳۱۸ |
| ۷۵ | ۴۲۷۱ | ۴۲۷۱ | ۴۱۴۹ | ۴۰۵ | ۳۹۹۳ | ۳۹۷۲ | ۳۹۹۹ | ۴۰۵ | ۴۱۴۹ |
| ۷۰ | ۴۱ | ۴۱ | ۳۹۹۵ | ۳۸۹۹ | ۳۸۴۱ | ۳۸۲۵ | ۳۸۴ | ۳۸۸۸ | ۳۹۹۷ |
| ۶۵ | ۳۹۶۱ | ۳۹۶۱ | ۳۸۵۶ | ۳۷۷۷ | ۳۷۱۵ | ۳۶۹۴ | ۳۷۲ | ۳۷۷۱ | ۳۸۵۶ |
| ۶۰ | ۳۸۲۲ | ۳۸۲۲ | ۳۷۱۷ | ۳۶۵۵ | ۳۵۹ | ۳۵۷۱ | ۳۵۹۱ | ۳۶۴۵ | ۳۷۱۶ |

جدول ۹) مشخصه‌های مصارف انرژی در برج‌های خنک‌کن و پمپ گردش آب کندانسور

| جزئیات مربوط به برج خنک‌کن | دبی آب در گردش (gpm/ton) کندانسور | پمپ کندانسور (W/gpm) | بازده مکانیکی پمپ کندانسور (%) | بازده الکتریکی پمپ کندانسور (%) |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| چیلرهای سانتریفیوژ | ۳ | ۶۰ | ۸۰ | ۹۴ |
| چیلرهای جذبی ۲ اثره | ۴۵ | ۶۰ | ۸۰ | ۹۴ |

هزینه حامل‌های انرژی

برق

هر کیلووات ساعت برق بر اساس تعرفه پلکانی بخش خانگی وزارت نیرو [۹] که در جدول (۱۰) مشخص گردیده، محاسبه شده است. با توجه به عدم امکان استفاده از واحد پولی ریال، در نرم افزار از نرخ برابری هر دلار معادل ۲۶۵۰۰ ریال استفاده شده است.

جدول ۱۰) تعرفه پلکانی برق بخش خانگی - وزارت نیرو

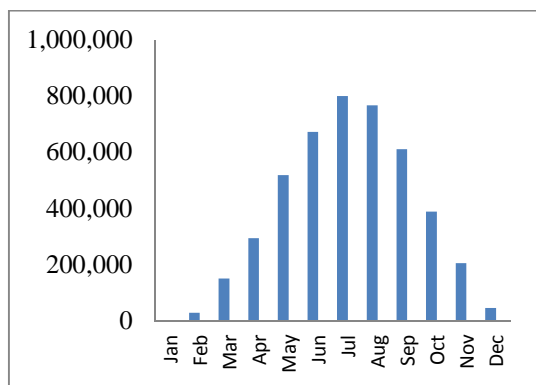
| مصرف ماهانه (kW) | ۱۰۰-۰ | ۲۰۰-۱۰۰ | ۳۰۰-۲۰۰ | ۴۰۰-۳۰۰ | ۵۰۰-۴۰۰ | ۶۰۰-۵۰۰ | مازاد بر ۶۰۰ |
|------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| نرخ (تومان) | ۳۰ | ۳۵ | ۷۵ | ۱۳۵ | ۱۵۵ | ۱۹۵ | ۲۱۵ |

گاز

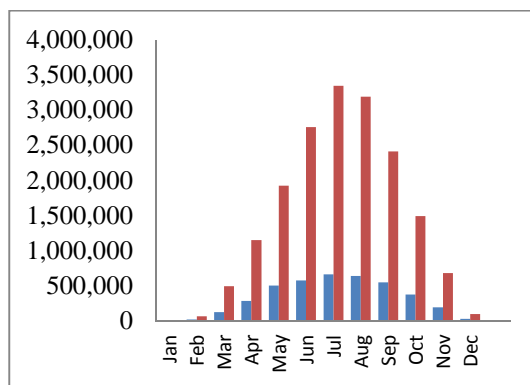
برای محاسبه ریالی هزینه گاز، هر مترمکعب گاز بر اساس تعرفه بخش خانگی شرکت ملی گاز در سال ۱۳۹۲ به‌طور متوسط برای ۵ ماه سرد سال ۸۰۰ ریال به ازای هر متر مکعب مصرف و در ۷ ماه گرم سال ۱۳۰۰ ریال به ازای هر

مترمکعب مصرف [۱۰]، در نظر گرفته شده است. ارزش حرارتی هر مترمکعب گاز طبیعی برابر با ۸۶۵۰ کیلوکالری بر ساعت است.

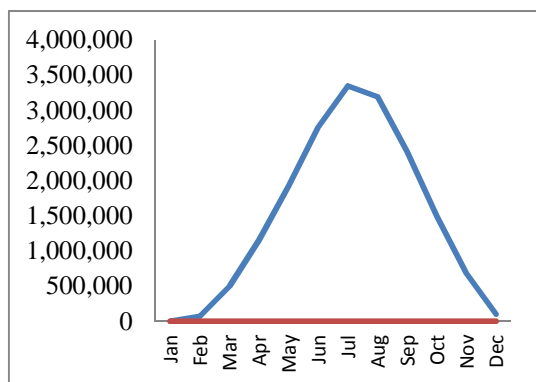
نتایج شبیه‌سازی انجام‌شده توسط نرم‌افزار



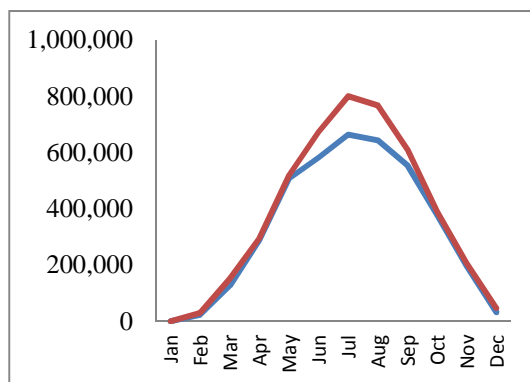
شکل ۶) مصرف انرژی (کیلو وات ساعت) در چیلرهای تراکمی سانتریفیوژ - (گاز: قرمز، برق: آبی)



شکل ۵) مصرف انرژی (کیلووات ساعت) در چیلرهای جذبی شعله مستقیم دو اثره (گاز: قرمز، برق: آبی)



شکل ۸) مقایسه مصرف انرژی گاز (کیلو وات ساعت) در چیلرهای جذبی دو اثره و تراکمی سانتریفیوژ (قرمز)



شکل ۷) مقایسه مصرف انرژی برق (کیلو وات ساعت) در چیلرهای جذبی دو اثره و تراکمی سانتریفیوژ (قرمز)

در نهایت، پس از محاسبه هزینه های مصرفی انرژی هر سیستم به طور جداگانه توسط نرم‌افزار، جداول (۱۱) و (۱۲)

برای هزینه‌های انرژی هر سیستم به دست می‌آیند.

جدول (۱۱) میزان مجموع مصارف انرژی برق و گاز در یک سال

| تراکمی سانتریفیوژ | جذبی شعله مستقیم دو اثره | |
|-------------------|--------------------------|--------------------------------|
| ۴۴۹۱۹۰۷ | ۳۹۹۷۵۵۰ | میزان برق مصرفی (کیلووات ساعت) |
| ۰ | ۱۷۶۴۴۰۹۰ | میزان گاز مصرفی (کیلووات ساعت) |
| ۴۴۹۱۹۰۷ | ۲۱۶۴۱۶۴۰ | کل مصرف (کیلووات ساعت) |

جدول (۱۲) هزینه‌های مصرف انرژی برحسب دلار در یک سال

| چیلر تراکمی سانتریفیوژ | چیلر جذبی شعله مستقیم دو اثره | دستگاه مورد استفاده/حامل‌های انرژی |
|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| ۳۹۴۲۵۷ | ۳۵۰۷۳۷ | برق (دلار) |
| ۰ | ۵۵۳۴۵ | گاز (دلار) |
| ۳۹۴۲۵۷ | ۴۰۶۰۸۲ | مجموع (دلار) |

مقایسه سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز

برای مقایسه هزینه‌های سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز برای چیلرهای جذبی بخار دو اثره شعله مستقیم و چیلرهای تراکمی سانتریفیوژ می‌توان بخشی از هزینه‌ها را یکسان فرض نمود. این هزینه‌ها مربوط به هزینه تهیه تجهیزات پمپاژ آب سرد مورد نیاز ساختمان، برج‌های خنک‌کن و پمپ‌های مربوطه و لوله‌کشی‌های مورد نیاز می‌باشند. هزینه تهیه چیلرها برای ساختمان مورد بررسی مطابق جدول (۱۳) می‌باشد. جهت محاسبه هزینه‌های مربوط به اسپلیت یونیت، با توجه به تعداد ۵۵۵ واحد آپارتمانی، برای هر واحد بطور متوسط ۳ دستگاه با ظرفیت اسمی هر دستگاه ۱۲۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت در نظر گرفته شده است.

قیمت چیلرهای سانتریفیوژ بر اساس واحد‌های ۴۰۰ تنی برآورد شده است.

جدول (۱۳) هزینه‌های سرمایه گذاری اولیه

| نوع دستگاه | ظرفیت اسمی (تن تبرید) | تعداد (عدد) | قیمت خام هر دستگاه (ریال) | قیمت خام دستگاهها (ریال) |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| چیلر جذبی شعله مستقیم دو اثره | ۸۵۰ | (یک عدد رزرو) ۳ | ۱۳,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ | ۳۹,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ |
| چیلر تراکمی سانتریفیوژ | ۴۰۰ | (دو عدد رزرو) ۶ | ۱۳,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ | ۷۸,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ |
| اسپلیت یونیت سرمایشی | ۱ | ۱۶۵۰ | ۱۹,۶۰۰,۰۰۰ [11] | ۳۲,۳۴۰,۰۰۰,۰۰۰ |

نتیجه گیری

همانگونه که نتایج مندرج در جداول (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) برای ساختمان مسکونی برج تهران نشان می‌دهند، اگر چه چیلرهای جذبی از نظر سرمایه گذاری اولیه نیاز به هزینه ای در حدود نصف چیلر های سانتریفیوژ دارند اما از نظر هزینه پرداختی بابت مصرف گاز و برق با توجه به قیمت حامل‌های انرژی در ایران، در رده چیلرهای سانتریفیوژ قرار می‌گیرند، این در حالی است که انرژی مصرفی در این چیلرها به دلیل ضریب عملکرد پایین، برج خنک‌کن بزرگ‌تر و پمپ گردش آب کندانسور بزرگ‌تر، حدود ۴ برابر بیشتر از چیلرهای تراکمی می‌باشد. به‌رغم مصرف انرژی بالای چیلرهای جذبی، دولت طی بخش‌نامه‌ای^۱ کلیه دستگاه‌های دولتی را موظف نمود که در صورت استفاده از سیستم سرمایش مرکزی، صرفاً از چیلرهای جذبی جهت تأمین بار برودتی موردنیاز خود استفاده نمایند. در حالی که نتایج این تحلیل نشان می‌دهد استفاده از چیلرهای جذبی صرفاً در جهت استفاده از حرارت تلف شده توجیه خواهد داشت.

منابع

- [1] H. Park, B. Kwon, Y. Shin, Y. Kim, T. Hong, and S. Choi, "Cost and CO2 Emission Optimization of Steel Reinforced Concrete Columns in High-Rise Buildings," *Energies*, vol. 6, no. 11, pp. 5609–5624, Oct. 2013.
- [2] *2007 Buildings Energy Data Book*, 2007th ed. D&R International, Ltd. under, 2007, pp. 1–128.
- [3] B. Choudhury, B. B. Saha, P. K. Chatterjee, and J. P. Sarkar, "An overview of developments in adsorption refrigeration systems towards a sustainable way of cooling," *Appl. Energy*, vol. 104, pp. 554–567, Apr. 2013.
- [4] L. a. Domínguez-Inzunza, J. a. Hernández-Magallanes, M. Sandoval-Reyes, and W. Rivera, "Comparison of the performance of single-effect, half-effect, double-effect in series and inverse and triple-effect absorption cooling systems operating with the NH₃-LiNO₃ mixture," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 66, no. 1–2, pp. 612–620, May 2014.
- [5] ASHRAE Standards Committee, "ASHRAE/IESNA 90.1 Standard-2007-Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings," *Am. Soc. Heat. Refrig. Air- ...*, no. May, 2007.
- [6] "COPs, EERs, and SEERs - How Efficient is Your Air Conditioning System? :: Power Knot:" [Online]. Available: <http://www.powerknot.com/how-efficient-is-your-air-conditioning-system.html>. [Accessed: 15-Oct-2014].
- [7] "HVAC Software , eDesign, HAP." [Online]. Available: http://www.commercial.carrier.com/commercial/hvac/general/0,,CLI1_DIV12_ETI496_MID4355,00.html. [Accessed: 08-Jun-

(۱) بخشنامه شماره ۹۴۰۳۵/ت/۴۲۴۰۰ ه مورخ ۱۳۸۸/۵/۷

- 2014].
- [8] ASHRAE Handbook Committee, "Climatic Design Information," in *ASHRAE Fundamentals Handbook*, E. W. S. Comstock, Ed. M. S. Owen, 2009, p. 128.
- [9] "شرکت توانیر - تعرفه مصارف خانگی, "۱۳۹۲". [Online]. Available: <http://www2.tavanir.org.ir/hadaf/khanegi90.asp>. [Accessed: 08-Jun-2014].
- [10] "امور تعرفه ها و قراردادهای مدیریت گازرسانی :::" [Online]. Available: <http://mgd.nigc.ir/MGD2/Default.aspx?PID=278>. [Accessed: 10-Jun-2014].
- [11] "کولر گازی و اسپلیت ها | دما تجهیز". [Online]. Available: <http://damatajhiz.com/categories/>