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

حمیدرضا وفایی[۱]، جعفر برخورداری[۲]، محمدعلی زاهد[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۸/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۲/۱۰

چکیده:

چیلرها از مهم ترین تجهیزات تولید برودت در ساختمان‌های بزرگ محسوب می‌شوند . شناخت صحیح و استفاده مناسب از این ماشین‌ها، از عوامل اساسی در بهینه‌سازی 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 خنک‌کن و پمپ های گردش آب کندانسور انتخاب شده و تحلیل ساعتی بار برودتی مورد نیاز ساختمان و شبیه‌سازی مصرف انرژی و هزینه‌های آن بر اساس هر دو نوع چیلر، توسط نرم‌افزار HAP 4.5 انجام‌شده است. نتایج نشان می‌دهد به رغم بالاتر بودن مقدار مصرف انرژی در چیلرهای جذبی نسبت به نوع سانتریفیوژ (حدود ۴ برابر) ، به دلیل سیاست‌گذاری‌های دولت در بخش برق و گاز هزینه انرژی مصرفی در چیلر جذبی و سانتریفیوژ تقریبا برابر می‌باشند.

کلمات کلیدی:

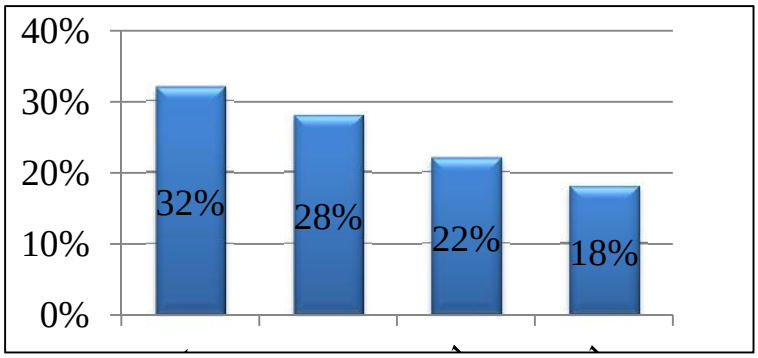
برج تهران، ، سیستم سرمایش، هزینه حامل‌های انرژی، چیلر های تراکمی سانتریفیوژ ، چیلر های جذبی

۱) گروه مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشگاه تهران، پردیس البرز vafaei.hr@ut.ac.ir
۲) گروه مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشگاه تهران، پردیس البرز ja.barkhordari@yahoo.com
۳) گروه مهندسی سیستم‌های انرژی، دانشگاه تهران، پردیس البرز zahed.moe@gmail.com

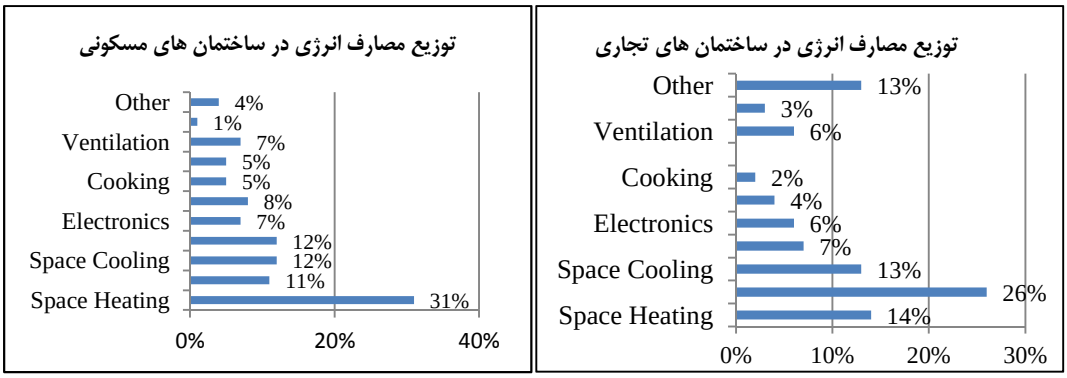
[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

مقدمه

حدود ۲۴ درصد از گاز دی‌اکسیدکربن درنتیجه 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). تقریبا ۱۵ درصد از انرژی الکتریکی تولید شده در دنیا در بخش تبرید مصرف می شود [۳] . در ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه میزان مصرف انرژی در موتورخانه‌های مرکزی و مشخصا سیستم سرمایش محسوس است. این مقاله به مقایسه‌ای بین انرژی مصرفی سیستم های تبرید جذبی شامل چیلرهای جذبی از نوع شعله مستقیم دو اثره با بالاترین راندمان بین چیلر های 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 سیاست‌گذاری های دولت در بخش انرژی مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۱) مقادیر مصرف انرژی در ساختمان‌ها [۲]

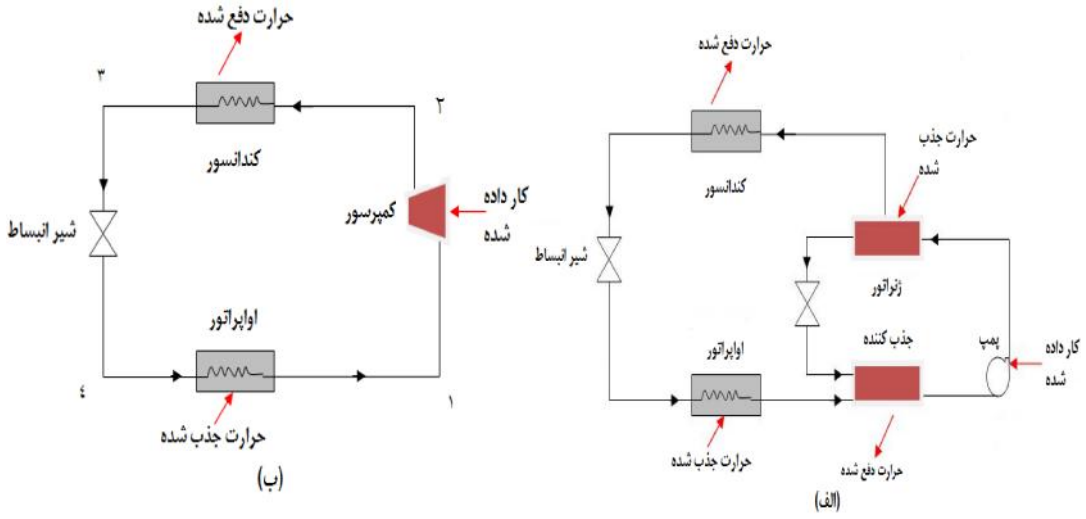


شکل ۲) توزیع مصارف انرژی در ساختمان‌های تجاری و مسکونی [۲]

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

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 محدودیت های 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 قرارگرفته اند.

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 ۱٫۳۵	۳۰–۵۰۰۰	خیر
تراکمی	سانتریفیوژ	۶ تا ۸٫۵	۴۰۰–۱۰۰۰۰	بله

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

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

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

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 تقریبا 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 تریبلکس) و ۱۷ واحد تجاری در همکف می‌باشد.

جنس جداره‌های خارجی

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

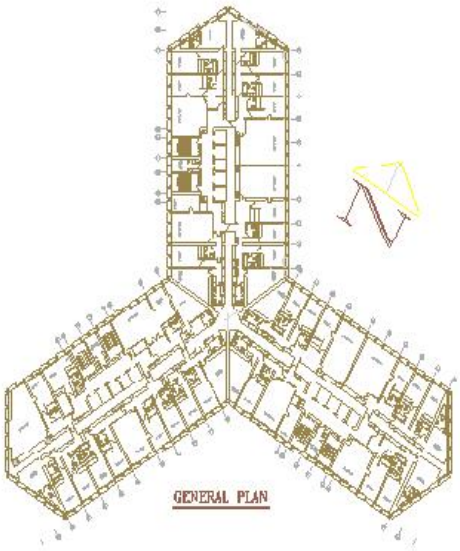
پلان معماری ساختمان

پلان برج دارای سه بال متقارن به شکل زیر است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

این سه بال به ترتیب "WING "A",WING "B",WING "C"", نام‌گذاری شده‌اند. در ورود اطلاعات به نرم‌افزار 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) می باشند.

(الف)



(ب)

شکل ٤. الف) نمایی از برج تهران ب) پلان طبقات برج تهران

جدول ۳) سطوح و مساحت‌ها (متر مربع)

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

محاسبات سیستم سرمایش

بر اساس معماری برج، موقعیت قرارگیری و سایر شاخص‌های مورد نیاز برای محاسبات سیستم سرمایش، بار برودتی مورد نیاز توسط نرم‌افزار 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 انجام‌شده است.[۸]

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

جدول ٤) شرایط هوای طرح خارج

نام شهر	تهران	
کشور	ایران	
عرض جغرافیایی	۳۵ر۷	درجه
طول جغرافیایی	-۵۱ر۴	درجه
ارتفاع از سطح دریا	۱۲۱۹ر۸	متر
دمای حباب خشک طراحی تابستانی	۳۸ر۹	درجه سلسیوس
دمای حباب‌تر طراحی تابستانی	۲۳ر۹	درجه سلسیوس
تغییرات دمایی روزانه تابستانی	۱۵	درجه کلوین
دمای حباب خشک طراحی زمستانی	-۶ر۷	درجه سلسیوس
دمای حباب‌تر طراحی زمستانی	-۸ر۸	درجه سلسیوس
عدد تمیزی اتمسفر	۱	
میانگین قابلیت بازتاب سطح زمین	۰ر۲	
قابلیت هدایت خاک	۱ر۳۸۵	W/(m-°K)
اختلاف ساعت محلی با گرینویچ	-۳ر۵	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 $W/(m^2\text{-}°K)$
دیوار خارجی	۱۶۲۵ر۴	۰ر۶۱۶
پنجره	--	۳ر۲۰۵
سقف	۴۷۵	۱ر۵۲۶

بر اساس محاسبات انجام‌شده توسط نرم‌افزار، میزان بار برودتی موردنیاز مطابق جدول (۶) خواهد بود:

جدول ٦) میزان بار برودتی موردنیاز ساختمان

فضا	تعداد	(کیلووات) بار برودتی موردنیاز
wing A	۱	۲۰۰۲ر۵
wing B	۱	۱۹۱۰ر۶
wing C	۱	۱۹۸۸

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

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[1]، بار های داخلی که شامل بار ناشی از روشنایی[2]، 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[3] 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.

شبیه‌سازی انرژی مصرفی

برای شبیه سازی انرژی در موتورخانه سرمایشی برج، از نرم‌افزار hap ۴٫۵۱ استفاده‌شده است. شبیه‌سازی مصارف هزینه‌های انرژی مصرفی در بخش سرمایش ساختمان بر پایه مصارف انرژی در چیلرهای جذبی دو اثره شعله مستقیم و چیلرهای تراکمی سانتریفیوژ به همراه مصرف انرژی در فن برج خنک‌کن و پمپ گردش آب کندانسور چیلر انجام‌شده است. راندمان چیلرها مطابق جداول (۷–۹) است. این جداول همان الگوهای موجود در نرم‌افزار می‌باشند.

جدول ۷) راندمان چیلر تراکمی سانتریفیوژ (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

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

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	۴٫۶۲۷	۴٫۶۲۷	۴٫۴۹۴	۴٫۳۸۵	۴٫۳۱	۴٫۲۸۸	۴٫۳۱۳	۴٫۳۸۴	۴٫۴۸۹
۸۰	۴٫۴۵۶	۴٫۴۵۶	۴٫۳۱۸	۴٫۲۱۷	۴٫۱۵۸	۴٫۱۲۶	۴٫۱۶۶	۴٫۲۱۱	۴٫۳۱۸
۷۵	۴٫۲۷۱	۴٫۲۷۱	۴٫۱۴۹	۴٫۰۵	۳٫۹۹۳	۳٫۹۷۲	۳٫۹۹۹	۴٫۰۵	۴٫۱۴۹
۷۰	۴٫۱	۴٫۱	۳٫۹۹۵	۳٫۸۹۹	۳٫۸۴۱	۳٫۸۲۵	۳٫۸۴	۳٫۸۸۸	۳٫۹۹۷
۶۵	۳٫۹۶۱	۳٫۹۶۱	۳٫۸۵۶	۳٫۷۷۷	۳٫۷۱۵	۳٫۶۹۴	۳٫۷۲	۳٫۷۷۱	۳٫۸۵۶
۶۰	۳٫۸۲۲	۳٫۸۲۲	۳٫۷۱۷	۳٫۶۵۵	۳٫۵۹	۳٫۵۷۱	۳٫۵۹۱	۳٫۶۴۵	۳٫۷۱۶

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

جزئیات مربوط به برج خنک‌کن	دبی آب در گردش کندانسور (gpm/ton)	پمپ کندانسور (W/gpm)	بازده مکانیکی پمپ کندانسور (٪)	بازده الکتریکی پمپ کندانسور (٪)
چیلرهای سانتریفیوژ	۳	۶۰	۸۰	۹۴
چیلرهای جذبی ۲ اثره	۴٫۵	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

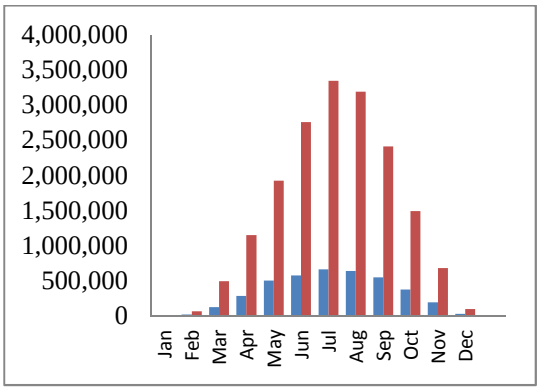
گاز

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

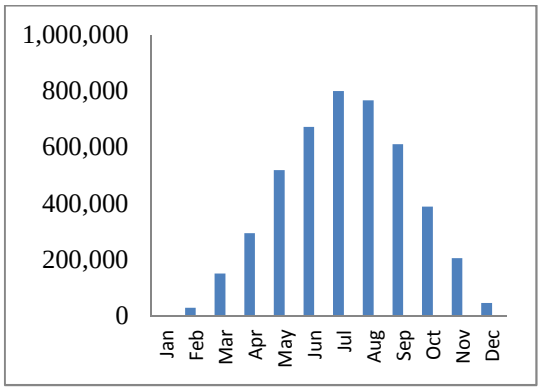
[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

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

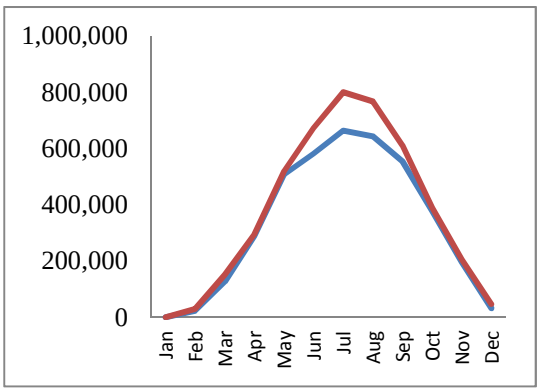
نتایج شبیه‌سازی انجام‌شده توسط نرم‌افزار



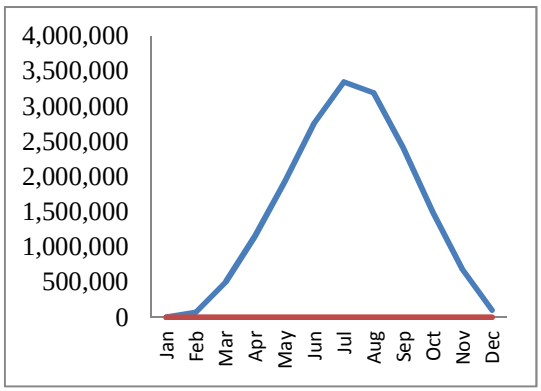
شکل ٥)مصرف انرژی(کیلووات ساعت) در چیلرهای جذبی شعله مستقیم دو اثره (گاز: قرمز، برق: آبی)



شکل ٦) مصرف انرژی (کیلو وات ساعت) در چیلرهای تراکمی سانتریفیوژ- (گاز: قرمز، برق: آبی)



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



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

درنهایت، 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.

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

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 مورداستفاده/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 چیلر های جذبی بخار دو اثره شعله مستقیم و چیلرهای تراکمی سانتریفیوژ می‌توان بخشی از هزینه ها را یکسان فرض نمود. این هزینه ها مربوط به هزینه تهیه تجهیزات پمپاژ آب سرد مورد نیاز ساختمان، برج های خنک کن و پمپ های مربوطه و لوله کشی های مورد نیاز می باشند. هزینه تهیه چیلرها برای ساختمان مورد بررسی مطابق جدول (۱۳) می باشد. جهت محاسبه هزینه های مربوط به اسپلیت یونیت ، با توجه به تعداد ۵۵۵ واحد آپارتمانی، برای هر واحد بطور متوسط ۳ دستگاه با ظرفیت اسمی هر دستگاه ۱۲۰۰۰ بی تی یو بر ساعت در نظر گرفته شده است .

قیمت چیلر های سانتریفیوژ بر اساس واحد های 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 دستگاها (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	[11]۱۹،۶۰۰،۰۰۰	۳۲،۳۴۰،۰۰۰،۰۰۰

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

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، صرفا از چیلرهای جذبی جهت تأمین بار برودتی موردنیاز خود استفاده نمایند. در حالی که نتایج این تحلیل نشان می‌دهد استفاده از چیلرهای جذبی صرفا 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

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]

2014].

[8] ASHRAE Handbook Committe, "Climatic Design Information," in *ASHRAE Fundamentals Handbook*, E. W. S. Comstock, Ed. M. S. Owen, 2009, p. 128.

[9] "۱۳۹۲ ,شرکت تـوانیر –تعرفـه مصـارف خـانگی. [Online]. Available: http://www2.tavanir.org.ir/ hadaf/ khanegi90.asp. [Accessed: 08-Jun-2014].

[10] "::: امور تعرفه هـا و قراردادهـای مـدیریت گازرسـانی :::." [Online]. Available: http://mgd.nigc.ir/MGD2/ Default.aspx?PID=278. [Accessed: 10-Jun-2014].

[11] "کولر گازی و اسپلیت ها | دماتجهیز." [Online]. Available: http://damatajhiz.com/categories/

[Downloaded from necjournals.ir on 2025-07-31]