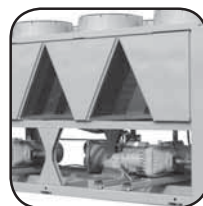
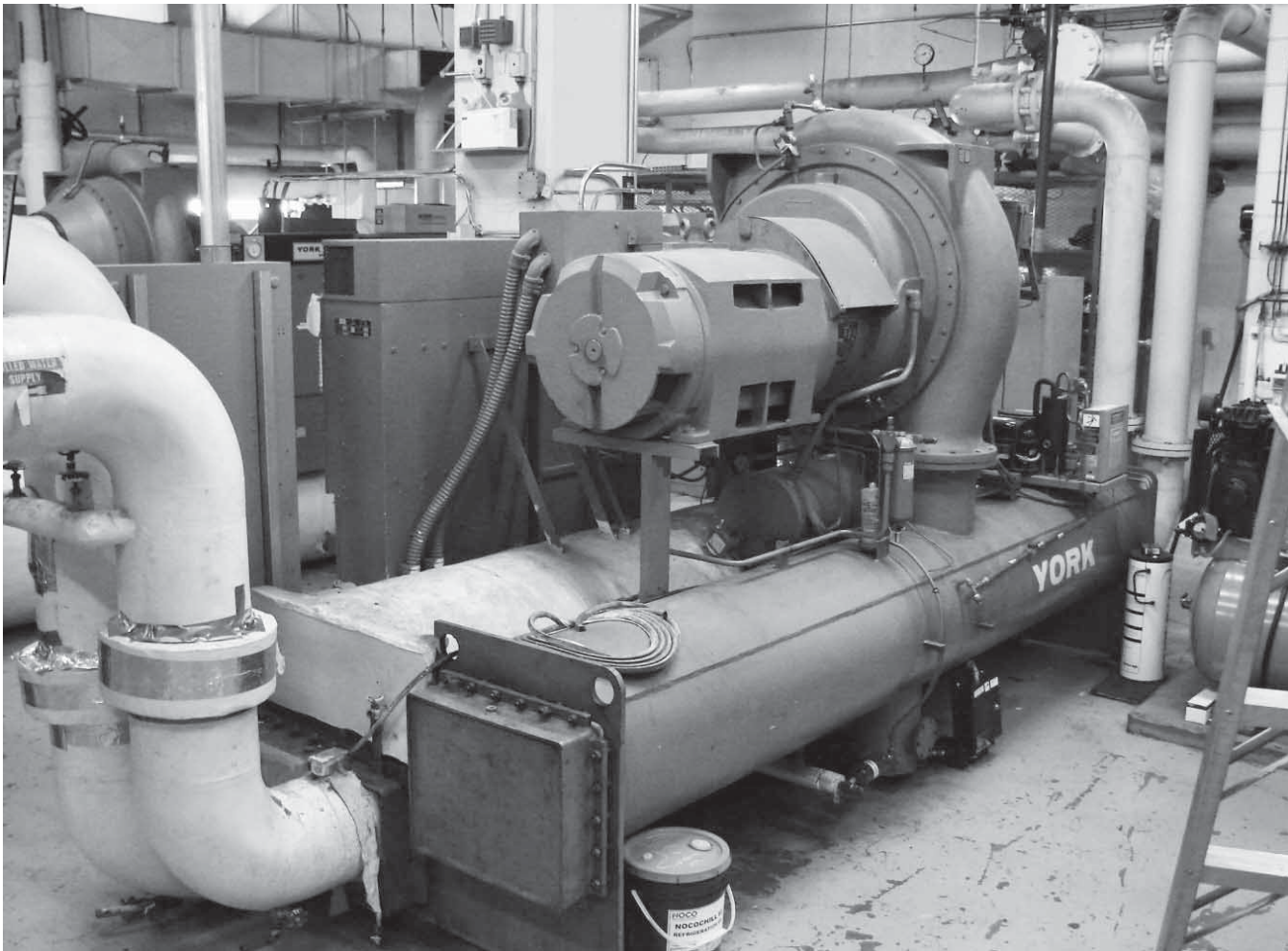


انتخاب چیلر مناسب

تهیه و تنظیم: امین پهلوان

مشاور تاسیسات و مدیر دپارتمان تاسیسات شرکت سیفکو





- مصرف برق چیلر و جریان راهاندازی
- صدای چیلر
- ابعاد و وزن چیلر
- بررسی هزینه اولیه و هزینه جاری چیلر

جهت انتخاب مناسب چیلر برای هر پروژه می‌بایست موارد فوق را اولویت‌بندی نموده و بر اساس اولویت انتخاب نماییم. به عنوان مثال صدای دستگاه برای یک پروژه بیمارستانی و یا آموزشی اولویت مهم محسوب می‌گردد، درحالی‌که برای پروژه صنعتی اهمیتی ندارد. بنابراین هر نوع چیلر برای پروژه‌های خاص و با ظرفیت متناسب با آن می‌بایست انتخاب شده و انتخاب مشابه دو چیلر برای کاربری‌های متفاوت و شرایط اقلیمی متفاوت امری اشتباه است. بنا بر تجارب شرکت‌های صاحب نام تولیدکننده چیلر و مقالات مختلف نوشته شده در رابطه با انتخاب چیلر، استفاده از چیلرهای اسکرال یکپارچه تا ظرفیت ۱۵۰ تا ۲۰۰ تن تبرید، چیلرهای اسکرو از ظرفیت ۱۵۰ تن تبرید تا ۳۰۰ تن تبرید و چیلرهای سانتریفیوژ

امروزه انتخاب سامانه تهویه مطبوع به ویژه چیلرها به جهت کاربری متفاوت پروژه‌ها و با توجه به ملاحظات انرژی، هزینه‌های اولیه و جاری یک پروژه از اهمیت بسزایی برخوردار است. در کارخانه‌های سازنده چیلر، انواع چیلر با توجه به نوع کمپرسور، تبخیرکننده و کندانسور تقسیم‌بندی و تولید می‌شوند. در دسته‌بندی انتخاب چیلر می‌توان عواملی را بر شمرد که در این مقاله بیشتر به اهمیت ضریب عملکرد چیلر در بار جزئی (IPLV) و ESEER (پرداخته شده است).

عوامل مهم در انتخاب چیلر عبارتند از:

- ظرفیت واقعی چیلر بر اساس کاربری پروژه و دمای خشک و دمای مرطوب با توجه به نوع چیلر
- نوع کندانسور چیلر با توجه به اقلیم و کاربری پروژه
- ESEER, COP, EER و IPLV
- انتخاب نوع کمپرسور با توجه به ظرفیت مورد نیاز و نوع کاربری



در ادامه به صورت اجمالی تجهیزات موثر در انتخاب چیلرهای تراکمی و تاثیر ضریب عملکرد در بار جزئی را با توجه به اجزای اصلی تشکیل دهنده چرخه تبرید در چیلرها بررسی می‌نماییم:

۱- کمپرسور

کمپرسور اسکرال با توجه به کنترل ظرفیت مناسب در تعداد کمپرسور بیشتر، ابعاد کوچک‌تر، صدای کمتر، قابلیت اعتماد و دوام بالاتر بهترین گزینه انتخاب چیلر در ظرفیت‌های ۵ تن تا ۱۵۰ تن تبرید و در بعضی پروژه‌ها تا ۲۰۰ تن تبرید می‌باشد؛ همچنین استفاده از نوع مدولار آنها حداکثر تا ۳ مدول قابل توجه می‌باشد که مشکلات سامانه کنترلی و برقی در تعداد بیش از ۳ مدول این سامانه را به دلیل ابعاد نهایی بزرگتر از توجیه خارج می‌نماید، چیلرهای اسکرال یکپارچه با IPLV و ESEER بسیار بالا فقط در برخی کارخانجات امریکایی و اروپایی ساخته می‌شود؛ از مزایای این چیلرها می‌توان به تعداد بالای کمپرسور با کنترل ظرفیت چیلر

از ظرفیت ۳۰۰ تن به بالا امروزه بیشترین استفاده در جهان را دارا بوده که در ایران به دلیل مشکلات تأمین برق در ظرفیت‌های بالا از چیلر جذبی استفاده می‌شود.

لازم به ذکر است چیلر جذبی تا ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید و حتی با توجه به کاربری در ظرفیت‌های بالاتر پس از اجرای مرحله دوم هدفمندی یارانه‌ها و با توجه به افزایش قیمت حامل‌های انرژی از جمله گاز توجیهی نخواهد داشت. در حقیقت می‌توان گفت زمانی چیلر جذبی در ایران موجه بود که قیمت آب و گاز دارای نازل‌ترین قیمت در بین تمامی کشورها در جهان بوده و پس از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها و بحران آب در ایران اولویت انتخاب در اکثر شهرهای ایران تا ظرفیت ۴۰۰ تن تبرید و حتی ظرفیت‌های بالاتر با چیلرهای تراکمی و عمدتاً با چیلر تراکمی هوایی می‌باشد که البته مرزبندی دقیقی در این زمینه وجود نداشته و نیازمند بررسی بیشتر با توجه به نوع پروژه و اقلیم جغرافیایی و ساعت کارکرد چیلر می‌باشد.

درباره‌های جزئی، صدای پایین تر در مقایسه با چیلرهای اسکرو، مصرف برق مناسب خصوصاً در ظرفیت‌های ۲۰ تا ۱۵۰ تن تبرید و همچنین تعداد مدارهای بیشتر در چیلر جهت مدیریت کنترل ظرفیت و امکان ایجاد مدار stand by اشاره نمود. همچنین در ظرفیت‌های بالاتر استفاده از کمپرسور اسکرو و سانتریفیوژ توجیه خواهند داشت و همین مزایای ذکر شده در ظرفیت بالاتر برای آن کمپرسورها توجیه خواهند داشت.

۲- کندانسور

در حالت کلی کندانسور چیلرهای آبی در سه نوع کندانسور shell & Tube و Plate و Tube & Tube ساخته می‌شوند. کندانسورهای Tube & Tube به دلیل بازده پایین امروزه کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین نزول کیفیت آب به دلیل قرار گرفتن ایران در مناطق خشک و نیمه خشک جهان مشکلات رسوب‌گیری کندانسور در مبدل‌های صفحه‌ای را ایجاد نموده و جهت کاهش هزینه‌های رسوب‌زدایی بهتر است از کندانسورهای پوسته و لوله (shell & Tube) استفاده گردد؛ همچنین به دلیل ایجاد جریان‌های گردابی در کندانسورهای صفحه‌ای (plate) بازده آنها بالاتر بوده و در صورتی که بتوان مشکلات رسوب‌گیری را برطرف نمود اولویت انتخاب با کندانسور صفحه‌ای است؛ به طور خلاصه می‌توان گفت در مناطق با کیفیت آب مناسب کندانسور صفحه‌ای و با کیفیت آب نامناسب کندانسور پوسته و لوله دارای ارجحیت است؛ همچنین در مناطق مرطوب با دمای مرطوب بالاتر از $(76^{\circ}\text{F} \leq \text{Wb})$ می‌بایست از چیلر با کندانسور هوایی استفاده نمود که مشکلات استفاده از چیلر تراکمی آبی و همچنین چیلر جذبی در این مناطق به توضیحات بیشتر نیازمند است که از حوصله این مقاله خارج است.

ضمناً در مناطقی که با کمبود آب یا کیفیت بسیار پایین آب مواجه هستیم مانند شهر مشهد (کمبود آب) و شهرهای نظیر کاشان، قم و اصفهان (کیفیت نامناسب آب) ناگزیر به استفاده از چیلر هوایی خواهیم بود.

۳- تبخیرکننده

تبخیرکننده‌ها نیز مانند کندانسورها نوعی مبدل حرارتی بوده و مشابه آنها دسته‌بندی می‌گردند با این تفاوت که تبخیرکننده در تمامی چیلرها تأمین آب سرد مورد نیاز فن کویل‌ها یا هوارسان‌ها که عمدتاً دمای آب سرد مصرفی آنها بین ۵ تا ۷ درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌شود را بر عهده دارند. البته محدوده دمایی تنظیمی تبخیرکننده در چیلرهای صنعتی بر اساس نوع کاربری متفاوت

بوده و تا ۲۰ درجه نیز قابل تنظیم خواهد بود.

در تقسیم‌بندی تبخیرکننده چیلر می‌توان به سه نوع flooded، صفحه‌ای (plate) و shell & Tube اشاره نمود که تبخیرکننده flooded از لحاظ دسته‌بندی در زیر مجموعه تبخیرکننده‌های shell & Tube قرار می‌گیرد. این تبخیرکننده موجب افزایش ضریب عملکرد چیلر خواهد شد.

تبخیرکننده‌های flooded، plate و shell & Tube دارای بالاترین میزان بازده (به ترتیب نام برده شده) می‌باشند. استفاده از حجم سردساز بیشتر و ساختمان خاص سردساز flooded موجب گردیده که بازده چیلرهایی با این سردساز به بالاتر از عدد ۶ برسد ($\text{COP} \geq 6$) که البته می‌توان گفت با توجه به تأثیر مستقیم نوع تبخیرکننده در بازده دستگاه انتخاب تبخیرکننده به کاربری پروژه و بازده مورد نظر در یک پروژه مرتبط است.

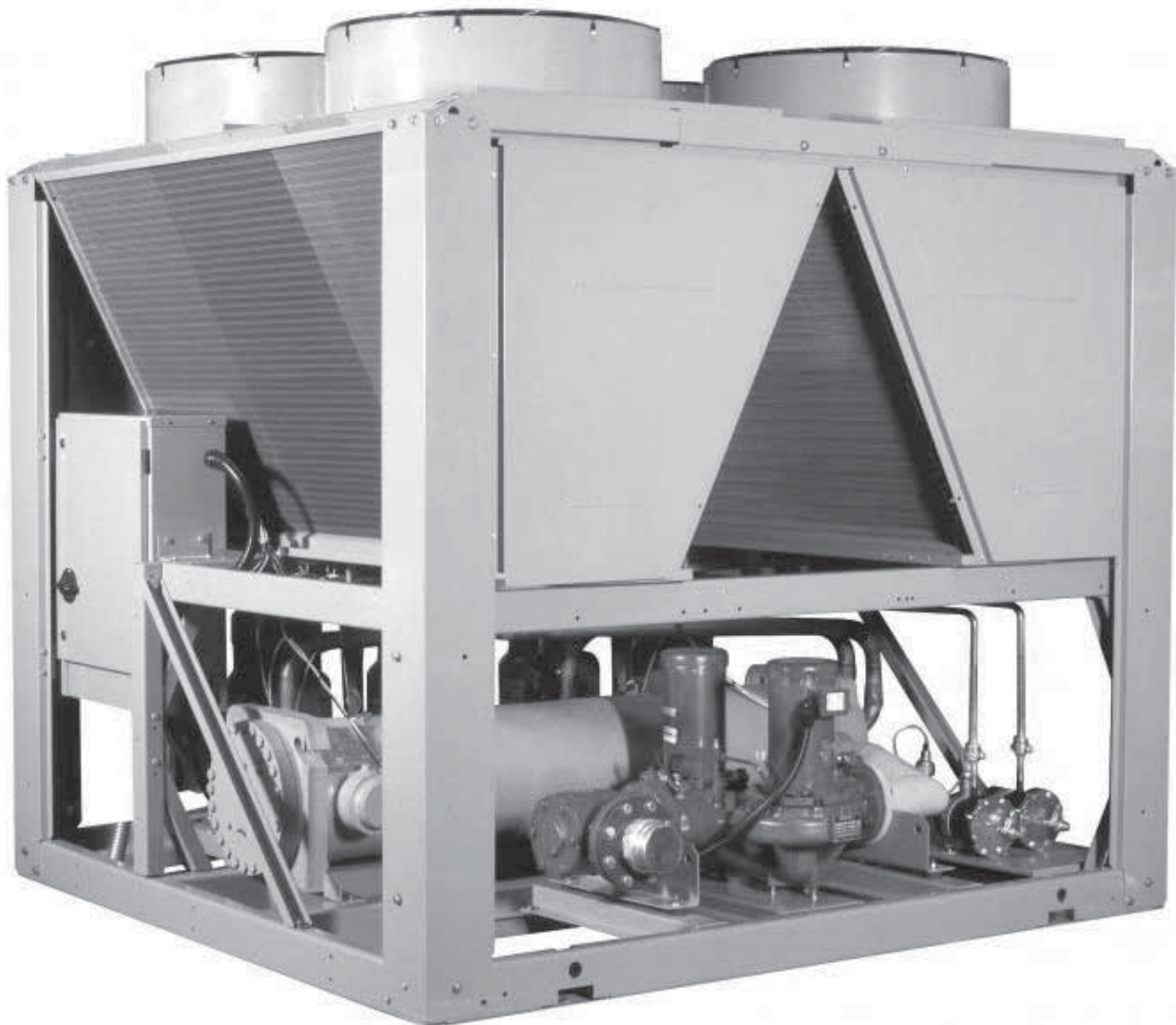
۴- شیر انبساط

در چیلرهای ظرفیت بالا عمدتاً از دو نوع شیر انبساط ترموستاتیکی و شیر انبساط الکترونیکی استفاده می‌گردد. شیر انبساط‌های الکترونیکی به دلیل کنترل بهتر و یکنواخت جریان سردساز، قطع نمودن مدار چیلر به دلیل فرمان گرفتن مستقیم از تابلو برق چیلر و جلوگیری از یخ‌زدگی تبخیرکننده پس از قطع شدن برق، به همراه بودن sight glass در شیر انبساط و مزایای دیگر نسبت به شیر انبساط ترموستاتیکی دارای اولویت انتخاب می‌باشند که امروزه توصیه می‌گردد به جهت مزیت‌های فراوان شیر انبساط الکترونیکی از این نوع شیر در چیلر استفاده شود. البته بسیاری از شرکت‌های معتبر به صورت استاندارد از این نوع شیر انبساط در چیلرهای خود استفاده می‌نمایند.

در پایان به ضریب عملکرد چیلر در بار جزئی که امروزه مهمترین گزینه تصمیم‌گیری در انتخاب چیلر در کشورهای توسعه یافته می‌باشد اشاره می‌گردد.

یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده برای انتخاب چیلر در اروپا و آمریکا میزان ضریب عملکرد دربار جزئی می‌باشد که بر اساس دو عدد IPLV و ESEER تعیین می‌گردد. IPLV و ESEER تعاریف مشابهی دارند با این تفاوت که IPLV بیشتر در کاتالوگ شرکت‌های آمریکایی و ESEER در شرکت‌های اروپایی به کار می‌روند.

در پایان مقایسه IPLV و ESEER نشان‌دهنده آن است که محاسبه بازده در فرمول ESEER سختگیرانه‌تر از IPLV می‌باشد.



کاملاً واضح و مبرهن است که تمامی استانداردهای تهویه مطبوع و روابط فوق بر این مطلب صحه می گذارند که هر چیلر در طول زمان کارکرد خود ۳ درصد بر اساس رابطه ESEER و ۱ درصد بر اساس رابطه IPLV در full load کار می کند که توجه به این نکته نشان دهنده آن است که انتخاب چیلر با توجه به EER و یا COP امری اشتباه است.

عمده اثر وزنی کارکرد چیلر در بارهای ۵۰ تا ۷۵ درصد می باشد که در واقع ۷۴ درصد زمان کارکرد چیلر بر اساس ESEER و ۸۷ درصد زمان کارکرد بر اساس IPLV موید این مطلب است، که به دلیل کارکرد چیلر در بیشتر زمانها در بار جزئی توجه به عدد ESEER امری ضروری و اجتناب ناپذیر است.

المان های تعیین کننده رابطه مصرف برق در حالت (full load) ۷۵، ۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ درصد در چیلر می باشد که بر اساس آزمایشات صورت گرفته میزان زیر بار رفتن چیلر اثر وزنی کارکرد در آن درصد زیر بار رفتن را نشان می دهد.

ESEER= (European Seasonal energy efficiency ratio)

$$(ESEER = (EER @ 100\% 0.03) + (EER @ 75\% 0.33) + (EER @ 50\% 0.41) + (EER @ 25\% 0.23))$$

IPLV = (Integrated partial load value)

$$IPLV = (EER @ 100\% 0.01) + (EER @ 75\% 0.42) + (EER @ 50\% 0.45) + (EER @ 25\% 0.12)$$

معتبر، همواره جزء گزینه‌های اول پیشنهاد اقتصادی است. متأسفانه در بسیاری از پروژه‌های کشور چیلرهای انتخابی ظرفیتی بیش از نیاز پروژه را در بر می‌گیرند که علاوه بر هزینه اولیه بالاتر هزینه‌های جاری بسیاری به کاربران تحمیل خواهد شد. توجه به عدد ESEER و بازده چیلر در بار جزئی و همچنین میزان زمان کارکرد چیلر موجب شده است که امروزه تا ظرفیت‌های ۲۰۰ تن تبرید و حتی بالاتر چیلرهای تراکمی با کمپرسور اسکرال مورد توجه قرار گیرند که از دلایل آن می‌توان به امکان تأمین کمپرسور Stand by در داخل چیلر، زمان کمتر هر کمپرسور در مقایسه با چیلر اسکرو و سیلندر پیستونی، قرار داشتن بخشی از بار مورد نیاز چیلر به نسبت کمپرسورها در مدار و زمان کافی جهت امور تعمیر و نگهداری چیلر اشاره نمود.

لذا استفاده از کمپرسور مناسب در چیلرهای تراکمی بر اساس ظرفیت چیلر و نوع کاربردی مورد استفاده امری ضروری بوده و موجب بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های اولیه و جاری یک پروژه خواهد شد.

در پایان به همه اساتید حوزه مهندسی مشاور و کارفرمایان محترم توصیه می‌نماید که در صورت انتخاب یک چیلر حتماً به عدد ESEER و یا IPLV آن توجه نمایند که تأثیرگذارترین آیتم در انتخاب یک چیلر جهت کاهش هزینه‌های جاری در یک پروژه است.

رابطه فوق اثر وزنی کارکرد چیلر را در میزان مصرف برق نشان می‌دهد، حال آن‌که زمان کارکرد چیلر در بارهای مختلف بر اساس ESEER به شرح ذیل است:

- کارکرد در حالت full load (۱۰۰ درصد) فقط حدود ۱ درصد زمان کارکرد چیلر
- کارکرد در بار (۷۵ درصد) به میزان ۲۰ درصد زمان کارکرد چیلر
- کارکرد در بار (۵۰ درصد) به میزان ۳۷ درصد زمان کارکرد چیلر
- کارکرد در بار (۲۵ درصد) به میزان ۴۲ درصد زمان کارکرد چیلر

موارد فوق نشان‌دهنده آن است که نه تنها هیچ چیلری تقریباً در طول عمر کارکرد خود در حالت full load نخواهد بود بلکه بیش از ۷۹ درصد از زمان کارکرد چیلر در ۵۰ درصد بار و کمتر از آن می‌باشد.

توجه به موارد فوق نشانگر آن است که در بسیاری از پروژه‌های مسکونی، اداری و تجاری بهترین گزینه جهت انتخاب چیلر، پیشنهاد اقتصادی می‌باشد؛ این مسئله هم از لحاظ تجربی به اثبات رسیده است و هم در نرم‌افزار انتخاب چیلر بسیاری از شرکت‌های

