# اولین تاسیسات چیلر بسیار پربازده در کانادا

Robert W. Clements and Peter Thomsen

منبع: HPAC Engineering

چهار سال پیش، «کارل اندرسون»، مدیر تاسیسات «انستیتو فن‌آوری و آموزش پیشرفته‌ی کالج هامبر» در تورنتوی کانادا، برنامه‌ریزی برای بهسازی تاسیسات چیلر ۳۳ ساله‌ی این مدرسه را شروع کرد که در آن زمان با مبرد R-۱۱ که یک مبرد بر پایه‌ی کلروفلوئوروکربن می‌باشد و دیگر تولید نمی‌شود، کار می‌کرد. در این پروژه اندرسون علاوه بر مشکلات معمول مربوط به بهسازی تاسیسات چیلر، باید از تعهدات کالج هامبر در زمینه‌ی کاهش تقاضای برق، انتشار گازهای گلخانه‌ای و انتشار دی‌اکسیدکربن، پیروی می‌کرد. علاوه بر این، اندرسون باید امکان توسعه‌ی تاسیسات محوطه‌ی کالج، یا ۴۰ درصد افزایش در بار سرمایش کل را تامین می‌نمود. بعد از مطالعات امکان‌پذیری، که در آن بارهای کنونی و آینده، فن‌آوری، مصرف انرژی، انعطاف‌پذیری در بهره‌برداری و غیره مورد بررسی قرار گرفت، طرحی انتخاب شد که نیازمند یک تاسیسات چیلر تمام‌سرعت‌متغیر، یک مولد برق دوگانه‌سوز که اندازه‌ی آن برای سرویس دادن به یک چیلر برای مدیریت تقاضا تعیین شده بود و یک روش خودکارسازی تاسیسات تمام‌سرعت‌متغیر بود. با توجه به محدودیت‌های فضای نصب، مسایل مربوط به دسترسی میدانی و یک برنامه‌ی زمانی فشرده که فصل سرمایش ۲۰۰۷ را هدف گرفته بود، مشخصات فنی طرح ایجاب می‌کرد که برای مدارهای آب سرد و آب کندانسور از ایستگاه‌های پمپاژ پیش‌ساخته (پکیج‌های پمپ خودکار)، همراه با کنترل‌کننده‌ها و اجزای الکتریکی تلفیق شده در مجموعه استفاده شود. طرح‌بندی تاسیسات به‌صورت یک پیکربندی اولیه‌ی متغیر انتخاب شد. سه چیلر ۵۵۰ تن تاسیسات، قبل از انجام مناقصه‌ی پروژه خریداری شدند تا حفاظت مورد نیاز در برابر خرابی یکی از ماشین‌های موجود قبل از به‌کارافتادن سامانه‌ی جدید ایجاد شود و با توجه به فرصت کوتاه نوسازی، این ماشین‌ها در زمان لازم آماده به کار باشند. بعد از انتخاب پیمانکاران و تامین‌کنندگان، تمام سهام‌داران اصلی باهم ملاقات کردند تا محدوده‌ی کاری بازنگری شده و اجرای پروژه هماهنگ شود. از آنجایی که زیربنای تاسیسات قبلی کوچک بود (در حدود ۲۵۰۰ فوت مربع)، فضای اندکی برای فعالیت چند گروه کاری وجود داشت. پیش‌ساخته بودن ایستگاه‌های پمپاژ موجب شد حدود سه هفته در زمان صرفه‌جویی شود. سامانه‌ی «کنترل یکپارچه‌ی تاسیسات» (IPC) با استفاده از فن‌آوری «چرخه‌ی هارتمن» به‌عنوان مبنای طراحی، امکان کنترل تاسیسات با دسترسی از طریق اینترنت یا صفحه نمایش لمسی محلی، با یک سامانه‌ی نوع شمایل (آیکون) دار با کاربرد آسان و قابلیت دانلود کردن داده‌های ثبت شده را ایجاد نموده بود. ساده بودن کاربرد و پایش، هم برای کالج و هم برای شرکت خدمات برق

محلی اهمیت داشت. برای این که دسترسی به داده‌ها متمرکزتر شود، سامانه‌ی IPC از طریق پیوند ارتباطی سریال به سامانه‌ی خودکارسازی ساختمان (BAS) ارتباط داده شد. این پیوند ارتباطی امکان خواندن بیش از ۴۰ شاخص اصلی تاسیسات و امکان نوشتن چهار دستور کاری اصلی را بر روی BAS ایجاد می‌نمود. برای افزایش بازده تاسیسات در سناریوهای بار جزیی، طرح ایجاب می‌کرد که سه چیلر، سه پمپ آب سرد، سه پمپ آب کندانسور و سه برج خنک‌کن به‌صورت موازی لوله‌کشی شوند که به معنی اصلاحات اساسی در لوله‌کشی بود. بیشتر تاسیسات چیلر پربازده با این ظرفیت، به‌طور متوسط در سال ۰/۷۵ تا ۱/۱ کیلووات به ازای هر تن برق مصرف می‌کنند و یک سامانه‌ی پمپاژ ثانویه‌ی متغیر، چیلرهای سرعت متغیر و فن‌های برج خنک‌کن سرعت متغیر را به خدمت گرفته‌اند. این تاسیسات بسیار پربازده، پمپاژ اولیه‌ی سرعت متغیر، چیلرهای سرعت متغیر، پمپ‌های کندانسور سرعت متغیر و فن‌های برج خنک‌کن سرعت متغیر را به‌کار گرفته است و به‌طور متوسط در سال ۰/۴۵ کیلووات بر تن مصرف می‌کند. تمام تجهیزات مکانیکی دوار با راه‌انداز برقی در این تاسیسات از نوع سرعت متغیر می‌باشند، در نتیجه امکان تطبیق دقیق‌تر سرعت کاری تجهیزات و بار ساختمان را ایجاد می‌نمایند و در همان حال کمترین مقدار انرژی را مصرف می‌کنند. غیر از فن‌های کندانسور دوسرعته، سامانه‌ی تاسیسات اصلی از نوع سرعت ثابت بود و اجزای آن برای کار در اوج بار انتخاب شده بودند. سامانه‌ی توزیع آب سرد از نوع جریان ثابت بود و از شیرهای کنترل سه‌طرفه که برای کنترل دما خوب بودند استفاده می‌کرد، ولی در ۹۵ درصد از کل زمان بهره‌برداری که در موقعیت کنارگذر قرار می‌گرفتند، بیش از حد لازم انرژی مصرف می‌کردند. سامانه‌ی اولیه به طور متوسط سالانه ۱/۲ تا ۱/۴ کیلووات بر تن انرژی مصرف می‌کرد. با توجه به این که یک تاسیسات معمولی در آمریکای شمالی ۹۵ درصد اوقات در بار جزیی کار می‌کند، اجزای سامانه‌ی این تاسیسات جدید برای کارکرد پربازده در بارهای جزیی انتخاب شدند. در یک سناریوی بار جزیی روزانه‌ی معمولی، چیلرهای سرعت‌متغیر جدید با توان حدود ۰/۳۵ کیلووات بر تن کار می‌کنند، درحالی‌که چیلرهای قبلی با توان حدود ۰/۸۵ کیلووات بر تن کار می‌کردند. در بار کامل، چیلرهای جدید با توان نزدیک به ۰/۶ کیلووات بر تن کار می‌کنند، درصورتی‌که چیلرهای قبلی با توان تقریبی ۰/۷۸ کیلووات بر تن کار می‌کردند. سامانه‌ی خودکارسازی تاسیسات، ظرفیت را بین اجزای دوار مبادله می‌کند تا پربازده‌ترین کارکرد را به‌دست آورد. چرخه‌ی هارتمن که با سامانه‌های «شبکه‌ی مجتمع» فعال شده بود، سه روش کنترل ثبت شده را به جای روش‌های متداول مرتب کردن بر مبنای ظرفیت، کنترل حلقه‌ی بازخورد مشتق-انتگرال-تناسبی و تنظیم مجدد دمای آب سرد، به خدمت گرفته بود. این روش‌های کنترل به شرح زیر می‌باشند:

● ترتیب‌دهی منحنی طبیعی. یک منحنی طبیعی، پربازده‌ترین نقاط را روی یک منحنی عملکرد تجهیزات در چندین سناریو به هم متصل می‌کند. تجهیزات موازی به گونه‌ای روی مدار قرار می‌گیرند که تا حد امکان نزدیک به منحنی طبیعی باقی بماند.

● اصل عملکرد مرزی مساوی (EMPP). یک EMPP به کنترل‌کننده اجازه می‌دهد تا پربازده‌ترین نقطه‌ی بارگذاری را برای ترکیبی از اجزا پیدا کند. به عبارت دیگر، این سامانه با جابه‌جایی بار کمتر یا بیشتر روی جزء مربوطه، انرژی کم‌بازده را با انرژی پربازده مبادله می‌نماید و در تمام لحظات تقاضا را برآورده می‌کند. به‌عنوان مثال، کارکرد برج‌های خنک‌کن در ۹۰ درصد ظرفیت در روزی که تقاضا ۷۵ درصد می‌باشد، موجب می‌شود دمای چگالش چیلر کاهش یافته و ارتقای بیشتری در چیلر ایجاد شود و با انرژی ورودی بسیار کمی، بازده کاری افزایش می‌یابد. با این حال، کاهش توان ورودی به فن‌های برج به اندازه‌ی ۱ کیلووات ممکن است تنها موجب ۰/۵ کیلووات افزایش مصرف توان در چیلر شود. در صورتی‌که که کاهش خالص سرعت برج خنک‌کن به اندازه‌ی ۱ کیلووات منجر به افزایش خالص کشیدن توان در چیلر به اندازه‌ی ۱ کیلووات شود، این دو ابزار در EMPP متعادل می‌شوند. برای این که توان مصرفی در یک تاسیسات آب سرد به حداقل برسد، سرعت پمپ آب کندانسور، سرعت پمپ آب سرد، سرعت چیلر و سرعت فن برج باید با هم هماهنگ شوند.

● کنترل بر اساس تقاضا. برای ترسیم نمودارهای بازده سامانه برای بار تاسیسات به‌صورت تابعی از توان ورودی برای هر وسیله، از شبکه‌های نوین فن‌آوری اطلاعات و ظرفیت ریزپردازنده استفاده می‌شود. با دانستن بار تاسیسات در یک نقطه و زمان مشخص، افراد می‌توانند به آن منحنی‌های عملکرد مراجعه نموده و EMPP را ترسیم نمایند. منحنی‌های عملکرد، به داده‌های تولیدکننده برای یک وسیله‌ی سرعت متغیر وابسته هستند و برای هر طراحی به‌طور جداگانه ترسیم می‌شوند.

مزیت‌های طراحی جدید تاسیسات و سامانه‌ی IPC تمام‌سرعت‌متغیر به شرح زیر است:

● کاهش هزینه‌ی تقاضا از جانب ارایه‌کنندگان تسهیلات عمومی.

● کاهش مصرف برق (کیلووات ساعت) به میزان حدود ۵۰ درصد.

● کاهش استهلاک تجهیزات.

● کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری.

● کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف مبردهای تخریب‌کننده‌ی لایه‌ی اوزون.

عملیات میدانی که شامل حذف تجهیزات قدیمی می‌شد در اواخر نوامبر ۲۰۰۶ آغاز شد و در اول آوریل ۲۰۰۷ یک تاسیسات چیلر بسیار پربازده برای بهره‌برداری آماده گردید. در طول مراسم راه‌اندازی تاسیسات در ۴ ژوئن، وزیر انرژی برای سپاس از تلاش در راه یک طراحی پربازده و کاهش مصرف انرژی در تاسیسات جدید، یک لوح تقدیر به کالج هامبر اعطا نمود.