

مقایسه سیستم برودتی VAV و سیستم سرمایش تشعشعی در یک پروژه واقعی

نتایج

در بخش نتایج به مقایسه استفاده از این دو سیستم در سه سرفصل انرژی مصرف شده ، هزینه اولیه انجام شده و آسایش حرارتی ساکنین پرداخته می شود که در نهایت ، در هر سه موضوع تفاوت این دو سیستم معین و مشخص گردد. در این بخش با کمک محققان دانشکاه برانشویک آلمان نسبت بررسی انرژی مصرفی در هر دو سیستم تهويه مطبوع و آسایش حرارتی ساکنین پرداخته شد و در اندازه گیری میزان آسایش حرارتی ساکنین از روش ارزیابی مرکز محیط زیست و ساختمان دانشگاه برکلی استفاده گردیده است .



شکل ۳: نمایی از نحوه بتن ریزی بر روی لوله ها در سیستم سرمایش تشعشعی



شکل ۴: نحوه انجام سیستم سرمایش تشعشعی با لوله های پکس دارای لایه محافظ اکسیژن

مقایسه سیستم برودتی VAV و سیستم سرمایش تشعشعی در یک پروژه واقعی

انرژی مصرف شده

ساختمان ۱-SDB از فوریه سال ۲۰۱۱ بطور کامل توسط پرسنل شرکت Infosys اشغال و مورد استفاده قرار گرفت ، مقایسه انرژی بین این دو سیستم در بازه زمانی آوریل ۲۰۱۱ تا مارس ۲۰۱۲ صورت پذیرفت .

در هنگام طراحی ساختمان ، پیش بینی طراحان از مصرف انرژی آن در حدود ۴۰ درصد کمتر نسبت به حد پایه موسسه Ashrae بود . جهت بررسی دقیق این موضوع تمامی ادوات بکار رفته در سیستم تاسیسات و تهویه مطبوع به یک کنتور انرژی مجهز گردید تا این مقایسه با دقت کافی انجام گردد.

در بازه زمانی ذکر شده ، انرژی مصرف شده در سیستم تهویه مطبوع VAV به مقدار ۴۴۰،۰۰۰ کیلووات ($12/3 \text{ KWh/m}^2 \text{ ۳۸/۷}$) یا مقدار انرژی مصرف شده توسط سیستم سرمایش تشعشعی ۲۶۹،۰۰۰ کیلووات ($8/1 \text{ KWh/m}^2 \text{ ۲۵/۷}$) بوده است

در نتیجه سیستم سرمایش تشعشعی به مقدار ۳۴ درصد انرژی کمتری استفاده کرده است .

با تفکیک مصارف انرژی در هر دو سیستم مشاهده می گردد که مصرف انرژی سیستم سرمایش تشعشعی در بخش هواسازها کمتر و در بخش پمپ ها بیشتر بوده است . همچنین با توجه به تناظر تبرید یکسان در بخش چیلر ، مقدار مصرف انرژی در بخش چیلر شامل چیلر ، پمپ و برج خنک کن دارای بازدهی $6/۰$ کیلووات بر تن تبرید در سیستم تهویه مطبوع VAV و $45/۰$ کیلووات بر تن تبرید در سیستم سرمایش تشعشعی می باشد که عدمه تفاوت این بازدهی در دمای بالاتر آب مورد استفاده در سیستم سرمایش تشعشعی در مقایسه با سیستم تهویه مطبوع VAV می باشد .

آسایش حرارتی ساکنین

برای بررسی کیفیت هوای موجود در داخل فضا و همچنین آسایش حرارتی ساکنین محققان دانشگاه برانشویگ از دستگاه های سیار ثبت کننده دما ، رطوبت ، مقدار دی اکسید کربن و دمای متوسط تشعشعی استفاده نمودند که در پایان بررسی نتایج ذیل حاصل گردید :

- مطابق با استاندارد اروپایی DIN EN 773۰ PPD (فاکتور نارضایتی آسایش حرارتی) در سیستم سرمایش تشعشعی به مقدار $9/7$ درصد و در سیستم تهویه مطبوع VAV برابر با $7/8$ درصد می باشد .

مقایسه سیستم برودتی VAV و سیستم سرمایش تشعشعی در یک پروژه واقعی

- مقدار گاز مونواکسید کربن در سیستم سرمایش تشعشعی اندکی بیشتر از سیستم تهویه مطبوع VAV می باشد که بعلت استفاده از سیستم تهویه DOAS جهت تامین هوای تازه در سیستم سرمایش تشعشعی می باشد ولی تمام فاکتور های آسایش حرارتی در هر دو سیستم در دامنه قابل قبول استاندارد آسایش حرارتی ۲۰۰۷-۶۲،۱ Ashrae و ۲۰۰۴-۵۵ آسایش حرارتی می باشد .

- مهمترین یافته این قسمت بررسی میزان احساس حرارتی ساکنین با روش ذکر شده از ساکنین هر دو ساختمان بوده است . مطابق با نتایج گرفته شده پس از این ارزیابی درصد کسانی که به گزینه « راضی و خیلی راضی » در سیستم تهویه مطبوع VAV رای دادند ۴۵ درصد و این مقدار در مورد سیستم سرمایش تشعشعی ۶۳ درصد می باشد .

بررسی هزینه های انجام شده

در مقایسه هزینه ، همیشه هزینه اولیه انجام شده از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می باشد . با بررسی صورت گرفته سیستم سرمایش تشعشعی با در نظر گرفتن کلیه ادوات استفاده شده شامل سیستم تهویه DOAS ، فن های سقفی و هزینه نصب لوله ها در ساختمان اندکی کمتر از هزینه انجام شده در سیستم تهیه مطبوع VAV می باشد .

شرکت Infosys به همین علت و همچنین مصرف انرژی پایین تر توسط این سیستم در سایر ساختمانهای جدید خود نیز تصمیم به استفاده از سیستم سرمایش تشعشعی گرفته است . هزینه های انجام شده در هر دو سیستم در جدولی که پایین صفحه است را میتوان مشاهده کرد .

سرهایش تشعشعی	سیستم تهویه مطبوع VAV	شرح هزینه (رویه هند)
200.145.3	200.145.3	چیلرها
400.306.1	400.306.1	پرج خنک کن
000.310.15	000.839.22	انواع تکه کلی سیستم تهویه مطبوع ^{۱۰}
900.878.2	200.118.5	هولسازها ، سیستم DAOS و سیستم بازیلی حرارتی ^{۱۱}
800.075.9	0	لوله های سیستم سرمایش تشعشعی ، اتصالات و هزینه های نصب
000.584.6	000.184.6	سیستم آنولسیون و کلیبووتی ساختمان ^{۱۲}
300.300.38	800.592.38	کل هزینه ها (رویه هند)
600.11	600.11	مساحت (متر مربع)
302.3	327.3	رویه بر متر مربع
5/11	5/15	هزینه سیستم تهویه مطبوع (دلار بر فوت مربع)

مقایسه سیستم برودتی VAV و سیستم سرمایش تشعشعی در یک پروژه واقعی

درس های آموخته شده

در طی اجرای این پروژه با توجه به نو بودن این تجربه درسهای عملی و یادگیری مختلفی در مورد هر دو سیستم رخ داد که جهت استفاده در پروژه های آینده حتماً مورد استفاده و بررسی قرار می گیرد:

- پیمانکار سیستم لوله کشی سرمایش تشعشعی در کل مساحت پروژه که شامل ۱۱۶۱۳ متر مربع می باشد، دو مورد آبدھی و آسیب در لوله ها مشاهده نمود که نسبت به تعمیر و ترمیم سریع آن اقدام نمود.

- وجود تقطیر در سیستم سرمایش تشعشعی بهیچوجه مساله ای در این پروژه نبود و تنها بعلت عایق نبودن مانیفولد های سیستم سرمایش تشعشعی این اشکال بر روی آنها مشاهده گردید که سپس نسبت به عایق سازی مانیفولد ها اقدام شد.

- با توجه با طبیعت و ذات سیستم سرمایش تشعشعی تصمیم به راه اندازی این سیستم دو ساعت قبل از ساعت کاری و خاموش نمودن آن دو ساعت قبل از پایان ساعت کاری می باشد که تا حد بسیاری در مصرف انرژی و ایجاد آسایش حرارتی بهتر اثر گذار بوده است.

- بهترین را برای پاسخ به بار حرارتی نهان در جاهایی مثل اتاقهای کنفرانس استفاده از جریان بیشتر سیستم تهویه در این مکان ها می باشد.

- با راهنمایی و توصیه های محققین دانشگاه برانشویک، دمای نقطه شبندم محیط پایین تر از دمای رفت سیستم سرمایش تشعشعی و نه دمای سطح آن، تنظیم گردید و برای اینکار از سیستم تهویه DOAS استفاده گردید. علت این مطلب، اعتقاد محققین این دانشگاه به امکان مهاجرت رطوبت به داخل سطح از طریق لوله ها در دراز مدت می باشد.

- شرکت Infosys نسبت به استفاده از استراتژی های مختلف جهت کنترل دمای سیستم سرمایش تشعشعی نمود و در انتهای بهترین و ساده ترین روش، کنترل دما در سیستم سرمایش تشعشعی از طریق کنترل نمودن شیرهای منیفولد جهت داشتن دمای ثابت در برگشت می باشد.

- در سیستم سرمایش تشعشعی تنها احتیاج به یک هواساز بود و در مقایسه با سیستم تهویه مطبوع VAV که احتیاج به ۶ عدد هواساز داشت، صرفه جویی قابل توجه ای در فضا و هزینه در این قسمت صورت پذیرفت.

مقایسه سیستم برودتی VAV و سیستم سرمایش تشعشعی در یک پروژه واقعی

- کویل DX استفاده شده در سیستم تهویه DOAS انجام عمل گرفتن رطوبت محیط را به دقیقی که انتظار می رفت ، انجام نمی داد بلکه کمپرسورهای مورد استفاده در این سیستم بصورت روشن و یا خاموش عمل می کردند . و همچنین این کویل از نوع هواخنک بوده و دارای بازدهی کافی نبودند . بعد از سال اول شرکت Infosys تصمیم به تعویض این کویل و استفاده از کویل آب خنک نمود که به چیلر سیستم تهویه مطبوع VAV متصل گشت . جهت محاسبه این موضوع در مقایسه یک کنتور انرژی جهت به حساب آمدن مقدار انرژی مصرفی نصب گردید و همین موضوع باعث کاهش بیشتر انرژی مصرفی در سیستم سرمایش تشعشعی گردید و نتایج بررسی نشان داد که در سال دوم و سوم سیستم سرمایش تشعشعی به مقدار ۴۲ درصد کمتر از سیستم تهویه مطبوع VAV انرژی مصرف نموده است .

نتایج نهایی و کلی مقایسه دو سیستم

با بررسی و مقایسه دو سیستم تهویه مطبوع بکار رفته در این پروژه ، بر اساس اندازه گیری واقعی انجام شده مشاهده گردید که سیستم سرمایش تشعشعی در هر دو عامل کارایی ، هزینه اولیه و آسایش حرارتی ساکنین دارای برتری نسبت به سیستم تهویه مطبوع VAV می باشد . اهمیت این پروژه مقایسه مصرف انرژی واقعی در این پروژه بدون استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی و غیره می باشد که اهمیت این مقایسه را مورد تأکید قرار می دهد .

این پروژه موفق به دریافت جایزه LEED هند با درجه Platinum گردید و بسیاری از افرادی که در کشور هند بدنبال یک الگوی ساختمانی با مصرف انرژی بهینه می باشند نیز به کرات از این پروژه بازدید نمودند . این ساختمان در نهایت موفق به دریافت جایزه Best Practice در حوزه ساختمانها پیشرفت و دارای تکنولوژی بالا در هند که توسط آزمایشگاه ملی لورنس - برکلی تعیین می گردد ، شد .

یکی از نکات مورد توجه در این پروژه بازدید بسیاری از شرکتهای حوزه نرم افزار از دره سیلیکون از این پروژه بود که بسیاری از آنان بر اساس نظر سنجی تصمیم به استفاده از سیستم سرمایش تشعشعی در پروژه های خود گرفتند .

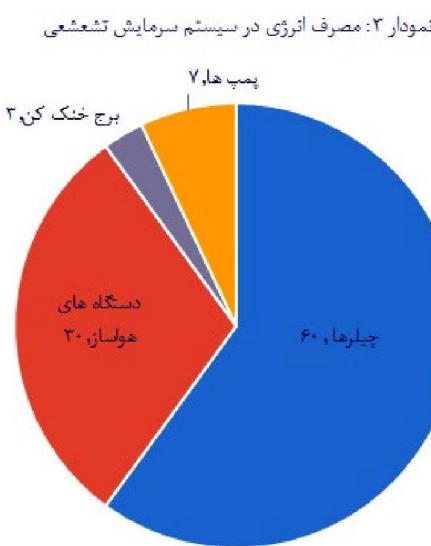
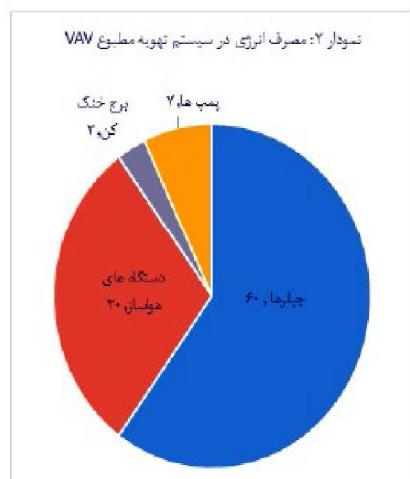
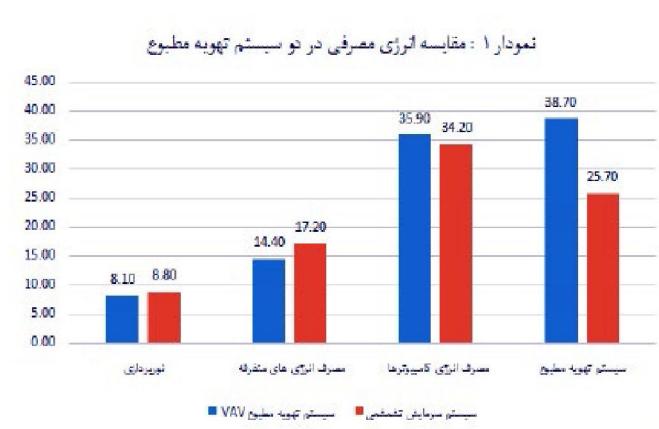
همچنین مطابق با تحقیق انجام شده در شرکت Infosys ، این شرکت با استفاده از سیستم سرمایش تشعشعی موفق به افزایش آسایش حرارتی ، مصرف انرژی کمتر در بخش تهویه مطبوع و کاهش هزینه های ساخت و ساز در بخش تهویه مطبوع گردید و با تلفیق استفاده از سیستم سرمایش تشعشعی و استفاده از ساختمان با جدار عایق شده بهتر ، ذموقه به کاهش ۶۰ تا ۷۰ درصد انرژی مصرفی نسبت به ساختمانهای قبلی این شرکت که حدود ۵ یا ۶ سال قبل ساخته شده بودند گردیدند .

با انجام تجربه ساختمان SDB-۱ این شرکت هم اکنون در حال کامل سازی و تکمیل ۱۸۵,۸۰۶ متر مربع از ساختمانهای خود با سیستم سرمایش تشعشعی می باشد .

هدف گذاری این شرکت در ۵ سال گذشته ، کاهش ۴۰ درصدی مصرف انرژی در شرکت و صرفه جویی بالغ بر ۵۰ میلیون روپیه در مصرف انرژی بوده است که این هدف را پشت سر گذاشته است .

مقایسه سیستم برودتی VAV و سیستم سرمایش تشعشعی در یک پروژه واقعی

چند تصویر از نحوه اجرای سیستم تشعشعی و نمودار مصرف انرژی در هر دو سیستم



مقایسه سیستم برودتی VAV و سیستم سرمایش تشعشعی در یک پروژه واقعی



حرفه باش!
Be Professional...