

طراحی سیستم های VRF



## طراحی سیستم های VRF

مزیت اصلی سیستم های جریان مبرد متغیر (VRF) قابلیت پاسخ گویی به تغییرات در وضعیت بار مورد نظر است. در مقایسه با سیستم های انبساط مستقیم مرسوم (DX) که به طور محدود پیشنهاد میشود و به تغییرات در بار فضای مورد نظر پاسخگو نیست. این مشکل وقتی بیشتر جلوه میکند که سیستم (DX) مرسوم بالاتر از ظرفیت مورد نظر و یا در حالت بار کامل کار کند. (به خاطر اینکه سیکل کمپرسور به طور مکرر تکرار میشود).

یک سیستم VRF ساده که شامل کندانسینگ یونیت بیرونی و چندین یونیت اواپراتور داخلی است که این ها هم به وسیله لوله های مبرد و روغن و سیستم کنترل مدیریت مبرد به هم متصل شده اند؛ اجازه میدهد که هر ترموستات به طور جداگانه، شیر انبساط الکترونیکی که مختص خودش است را تعدیل کند و دمای مورد نظر را حفظ کند.

سیستم های VRF تقریباً ۲۵ سال است که در آسیا و اروپا استفاده میشود. سیستم های VRF میتوانند با یک طراحی راندمان بالا و افزایش قابلیت کنترل به یک طراحی قابل قبول دست پیدا کنند.

متأسفانه طراحی سیستم های VRF بسیار پیچیده است و نیازمند کار بیشتر در مقایسه با سیستم های DX مرسوم است.

این مقاله آماده شده که در مورد تصمیم گیری عملی در مورد سیستم های VRF راهنمایی کند و در مورد فاکتور هایی که باید از ابتدای برنامه ریزی تا انتهای کار یک پروژه انجام شود بحث کند. اگرچه بعضی از کارخانه ها امروزه سیستم های VRF آب خنک را پیشنهاد میکنند ولی این مقاله روی سیستم های VRF-Split نوع هواخنک تمرکز کرده است.

## انتخاب VRF

در تصمیم گیری اگر یک سیستم VRF قابلیت عملی برای یک پروژه خاص را داشته باشد، طراح آن باید در مورد مشخصات ساختمان فکر کند و آنها را لحاظ کند؛ بارهای مورد نیاز سرمایش، گرمایش، بارهایی که در زمان پیک اتفاق می افتد، گرمایش و سرمایش همزمان، هوای تازه مورد نیاز، دسترسی های مورد نیاز، دمای حداقل و حداکثر یونیت بیرونی، قابلیت تحمل و مشخصه های صدا.

## مشخصات ساختمان

اگرچه کارخانجات به طور معمول در حال افزایش مجاز ماکزیمم کارکرد لوله های مبرد و طولانی تر شدن لوله های مبرد هستند، در عین حال این کار باعث افزایش قیمت صفر تا صد خواهد شد. برای بیشتر سیستم های VRF، ماکزیمم مجاز فاصله عمودی بین یونیت بیرونی و دورترین یونیت داخلی تقریباً ۴۶ متر است. فاصله عمودی مجاز بین دو یونیت داخلی حدود ۴۵ فوت (۱۴ متر) است و ماکزیمم طول لوله کشی واقعی مجاز بین یونیت بیرونی و دورترین یونیت داخلی بیشتر از ۴۹ فوت (۱۴۹ متر) است.

هندسره ساختمان باید به دقت مورد مطالعه قرار گیرد. این سیستم در مواردی که طول لوله کشی مورد نیاز یا ارتفاع مجاز از کاتالوگ های شرکت سازنده بیشتر شود، نباید مطرح شود.

در ساختمان ها چندین محل برای نصب یونیت بیرونی قابلیت دارند از جمله: پشت بام، کنار ساختمان و طبقه همکف. هر یونیت بیرونی باید جایی در بیرون از ساختمان نصب شود که یونیت های داخلی امکان کار مناسب را داشته باشند. سائز فیزیکی یک VRF معمولی کمی بزرگ تر از سائز کندانسینگ یونیت های DX با یک ارتفاع بالاتر در حدود ۶ فوت (۱٫۸ متر) غیر از ساپورت ها است.

یونیت های داخلی دارای اقسام مختلفی هستند مانند دیواری، زمینی، سقفی و نوع داکتی. این امکان وجود دارد که چندین نوع پنل های داخلی با یک نوع یونیت بیرونی به کار گرفته شود.

## بار ساختمان

ترکیب ظرفیت های سرمایش یونیت های داخلی می تواند هم نظیر، بیشتر یا کمتر از ظرفیت یونیت بیرونی باشد. یک مهندس میتواند تعیین کند که یونیت بیرونی با یک ظرفیتی بین ۷۰ تا ۱۳۰٪ جمع ظرفیت یونیت های داخلی باشد. طرح مهندس باید با بار ساختمان چک شود، برای اینکه هر یونیت بیرونی به اندازه پیک بار تمام فضاهاى داخلی در هر زمان مفروض باشد. پیک بار یونیت های داخلی را با هم جمع کنید که ظرفیت یونیت بیرونی را انتخاب کنید. در عین حال یک یونیت بیرونی با ظرفیت بالاتر و غیر لازم را انتخاب نکنید. اگرچه یک یونیت بیرونی با یک مرحله ظرفیت بالاتر از نیاز، در یک سیستم VRF میتواند در یک ظرفیت پایین تر هم کار کند، از انتخاب ظرفیت بالاتر اجتناب کنید مگر اینکه یک پروژه خاص مدنظر باشد و یا در آینده بار اضافی اعمال شود و یا مسائل دیگر.

مثال ۱:

بار پیک سرمایشی برای زون ۱ = ۳ تن

بار پیک سرمایشی برای زون ۲ = ۲,۵ تن

بار پیک سرمایشی برای زون ۳ = ۴ تن

بار پیک زون = ۳ تن + ۲,۵ تن + ۴ تن = ۹,۵ تن

بار پیک ساختمان: ۷ تن

ظرفیت مجاز یونیت بیرونی: ۷,۵ تن و ۱۰ تن

انتخاب: غیر از مواردی که برنامه ای پیش بینی شده در مورد یونیت های داخلی وجود داشته باشد ظرفیت ۷,۵ تن را انتخاب کنید.

### قابلیت تحمل:

ویژگی جالب و منحصر به فرد این سیستم، راندمان بالا در مقایسه با یونیت های هیت پمپ مرسوم است. توان کمتر مصرف شده در مقایسه با سیستم های مرسوم توسط سیستم VRF ناشی از متغیر بودن سرعت کارکرد کمپرسور و فن ها در یونیت بیرونی است. یک طراح باید فاکتور های دیگری را هم که باعث افزایش راندمان میگردد لحاظ کند. به طور مثال تناژ مورد نیاز دستگاه باید به خوبی ارزیابی شود و از انتخاب یک دستگاه با تناژ بالاتر خودداری شود. مبرد دوست دار محیط زیستی مانند R410 باید مد نظر قرار گیرد. با توجه به ویژگی های پمپ های حرارتی در حالت گرمایش به جای استفاده از گرمای مقاومت الکتریکی باید از شرایط هوای بیرون و بار گرمایی ساختمان استفاده کرد. به خاطر اینکه ظرفیت گرمایشی قابل توجهی در دمای هوای پایین محیط بیرون قابل استفاده و امکان پذیر است (به طور مثال در ظرفیت گرمایشی دمای 5F (-15C) میتوانیم به ۷۰% ظرفیت گرمایشی قابل دسترس دمای 60F (16C) برسیم، به شرط اینکه سیستم VRF را به درستی و با دقت طراحی شود.

### هوای تازه مورد نیاز:

یکی از چالش برانگیز ترین جنبه های طراحی سیستم های VRF احتیاج به فراهم آوردن هوای تازه بیرون تغذیه برای هر یونیت داخلی که مورد تایید استاندارد ASHREA STANDARD 62.1/ANSI مربوط به تهویه و کیفیت هوای قابل قبول یونیت های داخلی و مقررات ملی ساختمان است میباشد. بیشتر کارخانه ها سازنده پیشنهاد یک جعبه هوای تازه و اتصال آن به یک کانال برای ورود به

ساختمان رامیکنند. یک فن مجزای هوای تازه بیرون و کنترل سیستم برای ساختمان های بزرگ الزامی است. در آب و هوای مرطوب به شرط استفاده از هوای بیرون تهویه شده برای هر یونیت داخلی، کیفیت هوای یونیت ها خوب و تضمین خواهد شد.

## سرمایش و گرمایش هم زمان

بعضی از کارخانه های سازنده، یک سیستم VRF که توانایی فراهم کردن سرمایش و گرمایش هم زمان را دارد را عرضه میکنند. در این سیستم ها با اینکه چندین یونیت داخلی به یک یونیت بیرونی متصل شده است؛ بعضی از یونیت های داخلی میتوانند گرمایش تولید کنند در حالی که بعضی دیگر در حال تولید سرمایش هستند. قیمت این یونیت ها و هزینه نصبشان در مقایسه با نوع معمولی بالاتر است. بیشتر طراحی های اقتصادی و صرفه جو میتواند به وسیله ترکیب زون هایی که بارهای گرمایش و سرمایش شبیه به هم دارند به دست آید. وقتی زون هایی با بارهای سرمایش و گرمایشی متفاوت به یک یونیت بیرونی متصل میشود باید به یونیت هایی که قابلیت دادن بارهای سرمایش و گرمایش هم زمان را دارند توجه شود.

بطور مثال زون هایی که ممکن است سرمایش و گرمایش هم زمان داشته باشند وقتی که زون های خارجی و داخلی ترکیب میشوند عبارتند از: زون های خارجی که دیوارهای رو به خارج آن از نظر بیرون بودن و آشکاری متفاوت باشد و یا زون هایی که سرمایش و گرمایش راحت، لازم دارند و دارای اتاق هایی که مستلزم کنترل محیطی بسته است میباشد. یونیت هایی که قابلیت سرمایش و گرمایش هم زمان را دارا هستند در تناژ های کم وجود ندارند (برای مثال ظرفیت های کم تر از ۹ تن تبرید)

## حداقل دمای هوای محیط

استفاده از هیت پمپ های VRF برای سرمایش و گرمایش میتواند بازده انرژی ساختمان را افزایش دهد مخصوصا وقتی که برای گرمایش از هیت پمپ استفاده شود به جای اینکه از یک کویل گرمایشی الکتریکی استفاده شود. بیشتر یونیت های VRF ظرفیت گرمایشی بیشتری نسبت به سیستم های DX مرسوم در دماهای پایین تر فراهم میکنند. طراح باید تولید گرما برای یونیت را در دمای طرح خارج بررسی و ارزیابی کند.

سازنده ها ظرفیت گرمایشی را به همراه دمای حداقل محیط در کاتالوگ نشان میدهند که بعد از یک نقطه روی نمودار که نشان از حداقل دمای محیط دارد، ظرفیت گرمایشی حداقل میشود. وقتی که دمای

محیط از مقدار نمایش داده شده روی کاتالوگ کمتر شود گرمای تولید شده از سیکل هیت پمپ کاهش می یابد.

گرمایش اضافی وقتی که ظرفیت گرمایی یونیت VRF پایین تر از ظرفیت گرمایی مورد نیاز است باید با دقت بیشتری انجام شود. مراحل کارکرد باید بررسی شود و از کارکرد بیش از حد حالت گرمایش جلوگیری شود.

## توان و قابلیت دسترسی:

توان و قابلیت دسترسی برای تمام سیستم های ترکیبی شامل اوپراتور، کندانسورهای بیرونی، سلکتور انشعاب و پمپ های Drain لازم است (وقتی که در حال کار باشد).

انتخاب یونیت و طراحی سیستم:

ویژگی ها و مشخصات یک سیستم VRF، لازم است که با دقت بررسی شود. انتخاب یونیت های داخلی براساس بیشترین بار سرمایی و گرمایی محل مورد تهیه انجام میشود.

در آب و هوای سرد وقتی که سیستم VRF به عنوان گرمایش اصلی فضا انتخاب شود، لازم است که تعدادی از یونیت های داخلی بر اساس بار گرمایشی مورد نظر انتخاب شود. وقتی که ظرفیت تمام یونیت های داخلی مشخص شد، یونیت بیرونی بر مبنای بار نهایی انتخاب میشود.

(مثال ۲)

به فضایی که دارای ۳ اتاق با بارهای سرمایش و گرمایش است توجه کنید:

اتاق ۱

بار سرمایشی مورد نیاز = ۲۳,۵۰۰ BTU/H

بار گرمایشی مورد نیاز = ۲۶,۰۰۰ BTU/H

اتاق ۲

بار سرمایشی مورد نیاز = ۲۴,۰۰۰ BTU/H

بار گرمایشی مورد نیاز = ۲۹,۰۰۰ BTU/H

### اتاق ۳

بار سرمایشی مورد نیاز = ۳۵,۵۰۰ BTU/H

بار گرمایشی مورد نیاز = ۲۹,۰۰۰ BTU/H

ظرفیت های مورد نیاز برای یونیت های داخلی:

یونیت داخلی ۱ = ۲۴,۰۰۰ BTU/H سرمایش , ۲۷,۰۰۰ BTU/H گرمایش

یونیت داخلی ۲ = ۲۷,۰۰۰ BTU/H سرمایش , ۳۰,۰۰۰ BTU/H گرمایش

یونیت داخلی ۳ = ۳۶,۰۰۰ BTU/H سرمایش , ۴۰,۰۰۰ BTU/H گرمایش

انتخاب:

برای اتاق ۱ سرمایش و گرمایش مورد نیاز با تعیین یونیت داخلی ۱ به دست می آید.

برای اتاق ۲ اگرچه بار سرمایش با یونیت داخلی ۱ تامین میشود، بار گرمایشی فقط با استفاده از یونیت داخلی ۲ فراهم میشود. مبنای انتخاب، شیر انبساط الکترونیکی است که حتی در هنگام اوج بار سرمایش احتیاج به تعدیل دارد.

برای اتاق ۳ احتیاج به بار سرمایش غالب است و یونیت داخلی ۳ استفاده میشود.

زمانی که یونیت های داخلی خیلی **oversized** شود تابع نوسانات شیر انبساط کاهش پیدا کرده و یا کلا از بین میرود. بیشتر کارخانه های سازنده نرم افزار مختص خود را عرضه میکنند که به پردازش ساده تر اجزاء سیستم کمک میکند.

**نصب:**

نصاب باید با اجزا سیستم و شرایط لازم نصب آشنا باشد. لوله های مبرد باید خشک، تمیز و فاقد نشتی باشد. گاز نیتروژن باید در طول جوشکاری استفاده شود که از اکسیده شدن داخل لوله های مبرد جلوگیری شود. جزییات نصب دستی باید کاملا رعایت شود. نصاب باید با گزینه های کنترل قابل دسترس سیستم های VRF آشنا باشد. برای مثال هر یونیت داخلی میتواند به طور مجزا توسط یک ترموستات قابل برنامه ریزی کنترل شود یا چندین یونیت داخلی در یک زون میتواند توسط همان ترموستات کنترل

شود. بیشتر کارخانه های سازنده VRF یک سیستم کنترل مرکزی را ارائه میدهند که این امکان توسط یک user که بازبینی و کنترل کل سیستم را از یک محل انفرادی و یا از طریق اینترنت انجام میدهد انجام میشود. اغلب سازنده ها برای نصاب های خود دوره آموزش نصب ارائه میکنند. متأسفانه تفاوت در نصب بین کارخانه های سازنده بسیار زیاد است از این رو نصاب ها باید با نصب هر یک آشنا شوند.

## ماموریت ها

روش های دیگری هم باید به ماموریت های لازم سیستم های تهویه مطبوع یکپارچه و سیستم های هیت پمپ اضافه شود. برخی از این کارها عبارتند از:

- قابلیت ترموستات های مطمئن برای تلفیق کامل یونیت های داخلی
- قابلیت یونیت های بیرونی برای فراهم کردن سرمایش و گرمایش در حداکثر دمای محیط و خصوصیت تشخیص عیب توسط خود دستگاه باید برای شرایط مختلف بررسی شود.
- زمانی که یک سیستم VRF تکی در مراحل نصب است، کل سیستم باید به مجرد تکمیل آن، نصب و راه اندازی شود.

## مقررات تعمیر و نگهداری و راه اندازی

مقررات تعمیر و نگهداری و راه اندازی (O&M) باید شامل اطلاعاتی در مورد دیاگرام سیم کشی یونیت ها، شیوه های پیش گیرانه تعمیر و نگهداری، لوازم یدکی و غیره باشد. نقشه های نهایی باید محل تمام اجزاء سیستم را نشان میدهد.

## محدودیت VRF

سیستم های VRF برای تمام کاربری ها مناسب نیست، برخی از این محدودیت ها عبارتند از:

- جایی که از نظر ماکزیمم کویل های یونیت داخلی و دمای خشک و مرطوب حداقل، محدودیت وجود دارد، که این امر یونیت های داخلی را برای استفاده ۱۰۰٪ هوای بیرون نامناسب میکند. بخصوص زمانی که آب و هوا، گرم و مرطوب باشد.
- ظرفیت سرمایشی موجود برای یک یونیت داخلی باعث حداقل شدن دمای یونیت بیرونی میشود. این محدودیت در زمان استفاده از سیستم در هوای سرد توسط اتاقی که احتیاج به سرمایش دارد (مثل اتاق های تجهیزات مخابراتی) مشخص میشود.



- فشار استاتیک خارجی مجاز برای یونیت های داخلی (کانالی) محدودیت دارد. برای یونیت های داکتی، طول کانال کشی مجاز و فیتینگ ها، باید حداقل باشد. یونیت های داخلی داکتی باید نزدیک به زون محل تهویه باشد.

## نتایج

سیستم های VRF، کنترل سرمایش و گرمایش فضا را با یونیت های داخلی بالاتر از رنج کارکرد عرضه میکند. کمپرسور های سرعت متغیر و فن ها در یونیت های بیرونی، در شرایط مختلف بار، سرعتشان را تعدیل کرده و باعث صرفه جویی در مصرف انرژی میشوند. یونیت های بیرونی باید با توجه به بار پیک ساختمان برآورد شود نه بر اساس جمع بار پیک هر زون، کاهش ظرفیت یونیت های بیرونی زمانی است که با سیستم های مرسوم یکپارچه مقایسه شوند.

این سیستم به طراحان و مصرف کننده هایی که قابلیت انتخاب چندین زون مجزا را دارند پیشنهاد میشود که این امر سبب بهبود قابلیت کنترل سیستم میشود. امکانات و محدودیت های این سیستم باید به دقت سنجیده شود که تصمیم مناسب و در خور VRF برای پروژه و بهینه سازی طراحی گرفته شود.

