



## مقایسه‌ی بار کویل و بار جزئی در سیستم حجم ثابت و حجم متغیر

اگر شرایط زیر برقرار باشد:

بار گرمای محسوس اتاق:  $40000 \text{ Btu/h}$  ( $11725 \text{ w}$ )

دمای خشک اتاق:  $75^\circ \text{F}$  ( $23.9^\circ \text{C}$ )

دمای خشک هوای رفت:  $55^\circ \text{F}$  ( $12.8^\circ \text{C}$ )

و در نظر داشته باشیم دبی هوای رفت برای یک سیستم حجم ثابت را محاسبه کنیم، باید از رابطه‌ی زیر استفاده کنیم:

$$CFM = \frac{Q_s}{1.08 \times (t_R - t_s)}$$

بنابراین دبی برابر خواهد بود با:

$$CFM = \frac{4000 \text{ Btu} / \text{h}}{1.08 \times (75 - 55)} = 1840$$

و بر اساس واحد برابر SI خواهد بود با:

$$\frac{m^3}{s} = \frac{11723 \text{ W}}{1210 \times (23.9 - 12.8)} = 0.87$$

سیستم حجم ثابت در حالت بار جزئی نیز با همان بار دبی کار می‌کند. بنابراین باید دما تغییر کند. اگر بار را ۵۰ درصد بار کل فرض کنیم، دمای هوای رفت به طریق زیر مشخص خواهد شد:

$$t_s = t_R - \frac{Q_s}{1.08 \times CFM}$$

$$t_s = 75 - \frac{20000 \text{ Btu} / \text{h}}{1.08 \times 1840} = 65^\circ \text{F}$$

و بر اساس واحد SI برابر خواهد بود با:

$$t_s = 23.9 - \frac{5862 \text{ W}}{1210 \times 0.87} = 18.3^\circ \text{C}$$

بنابراین با کاهش بار به میزان ۵۰ درصد، باید دما به میزان ۱۰ درجه فارنهایت یا ۵/۵ درجه سلسیوس افزایش یابد.

با همین شرایط در سیستم حجم متغیر در حالت بار کلی دبی برابر ۱۸۴۰ cfm خواهد بود و از این نظر تفاوتی با سیستم حجم ثابت ندارد. اختلاف اصلی در هنگام بار جزئی است. چنانچه در سیستم حجم متغیر-دمای ثابت، بار جزئی ۵۰ درصد بار کل باشد، دبی تا حد ۹۲۰ cfm کاهش می‌یابد:

$$CFM = \frac{20000 \text{ Btu} / \text{h}}{1.08 \times (75 - 55)} = 920$$

بنابراین سیستم حجم متغیر از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی در بارهای جزئی بهتر از سیستم حجم ثابت است.



## انواع سیستم‌های تهویه مطبوع



فارغ از این که سیال اصلی تبادل کننده و همچنین تجهیزات مولد گرمایش یا سرمایش چه باشند؛ بخش مهمی از تاسیسات گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع را سیستم‌هایی تشکیل می‌دهند که به طور مستقیم با فضای مورد تهویه در تماس قرار گرفته و با شیوه‌های مختلفی متناسب با اهداف پیش بینی شده، هوای فضای مورد نظر را گرم، سرد یا مطبوع می‌کنند.

هر سیستمی ترکیبی از تجهیزات است که به گونه‌ای متناسب هدفمند با یکدیگر در ارتباط قرار می‌گیرند. اجزای سیستم‌های تهویه مطبوع نیز از این حیث چندان گسترده نیستند. اجزایی بنیادی مانند فن، کویل، فیلتر، رطوبت زن، تجهیزات کنترل، دمپر، شبکه‌ی کانال و شبکه‌ی لوله‌کشی تشکیل دهنده‌ی انواع سیستم‌های تهویه مطبوع هستند که گاهی به صورت ساده و گاهی در قالب تجهیزاتی مشخص که دارای نامی ویژه مانند هواساز، فن کویل، واحد القایی، کویل دوباره گرمکن هستند به کار گرفته می‌شوند. آنچه موجب تنوع نسبتاً زیاد سیستم تهویه مطبوع می‌شود؛ هم‌آمیزی همین تجهیزات بنیادی یا چیدمان‌های مختلف است. به طور سنتی، سیستم‌های تهویه مطبوع را بر اساس نوع سیال در سه گروه **تمام هوا، هوا-آب و تمام آب** طبقه‌بندی می‌کنند. اما اگر منظورمان از سیستم تهویه مطبوع به معنای کامل آن باشد؛ به این معنا که سیستم بتواند گذشته از تنظیم دما، رطوبت را نیز کنترل کرده و هوا را نیز پالایش کند؛ نمی‌توانیم سیستم‌های تمام آب را در این طبقه‌بندی پذیرا باشیم. زیرا سیستم‌های تمام آب که در آن‌ها آب سرد یا گرم در واحدی اتاقی مانند رادیاتور، فن کویل، کنوکتور و امثال این‌ها به گردش در می‌آید تا هوای مکانی را گرم یا سرد کنند؛ تنها در گروه سیستم‌های گرمایش و سرمایش قابل طبقه‌بندی هستند و نمی‌توان آن‌ها را در زمره‌ی سیستم‌های تهویه مطبوع به شمار آورد. چنین تجهیزاتی در چنین سیستمی به طور دلخواه توانایی انجام کلیه‌ی وظایف سیستم تهویه مطبوع به معنای واقعی و کامل را ندارند؛ مگر این‌که به همراه آن‌ها از هوای مطبوع شده‌ای استفاده شود. در این صورت سیستم تمام آب، تبدیل به سیستم آب-هوا خواهد شد که در واقع ترکیبی است از واحدهای محلی یا اتاقی و هواساز.

در سیستم **آب-هوا**، بخش بیشتری از بار گرمایش و سرمایش توسط واحدهای اتاقی یا محلی تامین می‌شود و سایر وظایف مطبوع سازی مانند، تامین رطوبت لازم، هوای تازه و پالایش به هواساز به عنوان یک واحد تهویه مطبوع مرکزی واگذار می‌گردد.

در سیستم **تمام هوا**، اغلب هوای مطبوع در محلی دور از اماکن مورد تهویه تهیه شده و توسط کانال‌ها به فضای مورد نظر منتقل می‌شود.

در این سیستم‌ها در صورت استفاده از تجهیزات خودکفا مانند کوره‌های هوای گرم و یا واحدهای خنک‌کننده‌ی یکپارچه تراکمی، نیازی به تهیه و ارسال آب گرم یا سرد از موتورخانه نیست. اما در شرایطی که برای تامین





هوای مطبوع از تجهیزاتی هم چون هواساز استفاده شود؛ ارسال سیال ناقل حرارت مانند بخار و آب گرم یا دفع کننده گرما مانند آب سرد از سوی تجهیزات مولد (دیگ‌ها و چیلرها) ضرورت پیدا کند.

باید توجه داشت که به کارگیری اغلب تجهیزات خنک کننده محلی با کویل انبساط مستقیم نظیر کولر گازی پنجره‌ای، کولر گازی دو تکه، واحدهای خنک کن کابینتی، هوا شوی، زنت و حتی کولر آبی نیز ممکن است به نوعی بهره گیری از سیستم تمام هوا تلقی شود. اما اغلب این تجهیزات فاقد توانایی لازم تهویه مطبوع به معنای واقعی هستند و بیشتر به کار تامین گرما یا سرمای مکانی می‌آیند. از این رو بهتر است این گونه تجهیزات نه در قالب سیستم‌های تهویه مطبوع، بلکه در گروه تجهیزات گرمایشی-سرمایشی قرار گیرند. مگر اینکه در کنار استفاده از چنین تجهیزاتی، امکان مطبوع سازی هوا فراهم آورده شود.

اشاره به این نکته ضروری است که به طور مطلق توانایی یک دستگاه در انجام کلیه عملیات تهویه مطبوع باعث نمی‌شود که از آن در هر شرایط و برای هر کاربردی استفاده شود. بلکه این شرایط کاربردی است که تعیین می‌کند چه اندازه نیاز به عملیات مختلف مانند تنظیم دما، کنترل رطوبت و پالایش وجود دارد. در واقع استفاده از یک سیستم تهویه مطبوع کامل برای مکان و کاربردی که بنا به دلایل مختلف نیازی به این سطح از مطبوع سازی ندارد همان قدر نا به جا و نادرست است که برای حالت عکس آن. بنابراین تمام سیستم‌ها و تجهیزات به خودی خود و منتزع از شرایطی مشخص دارای رجحان نسبت به دیگری نیستند. بلکه انطباق آن با شرایطی خاص می‌تواند آن را تبدیل به انتخابی برجسته کرده و از این رهگذر به آن برتری دهد.

اغلب تجهیزات تهویه مطبوع به نوعی در گروه تجهیزات تبادل حرارت قرار می‌گیرند و از این جهت ضروری است که از راه‌های مختلف به تجهیزات مولد متصل شوند. البته برخی از تجهیزات تهویه مطبوع مانند هواساز ممکن است مجهز به تجهیزات مولد سرمایی یا گرمایی باشند که در این صورت بهتر است نام هواساز برای چنین تجهیزاتی به کار برده نشود و از آن‌ها به عنوان تجهیزات تهویه مطبوع یکپارچه یاد شود. مشروط بر این که توانایی انجام کلیه وظایف تهویه مطبوع را داشته باشند. گروهی از این تجهیزات تنها در یک فصل و به صورت خود کفا عمل می‌کنند و در فصل دیگر لازم است که از طریق یک سیستم مرکزی مولد تغذیه شوند. بنابراین بر اساس ارتباط تجهیزات تهویه مطبوع با تجهیزات مولد می‌توان طبقه‌بندی دیگری به شرح زیر برای آن‌ها قائل شد.

الف- تجهیزات تهویه مطبوع وابسته به تجهیزات مولد مرکزی (مانند هواسازها)

ب- تجهیزات تهویه مطبوع نیمه مولد دو فصلی (مانند واحد یکپارچه سرمایی مجهز به کویل آبگرم)

ج- تجهیزات تهویه مطبوع دو فصلی یکپارچه خود کفا یا خود اتکا (مانند کوره هوای گرم مجهز به کویل انبساط مستقیم یا واحد تهویه مطبوع مجهز به پمپ حرارتی)



انتخاب و تخصیص تجهیزات مختلف تهویه مطبوع با توجه به موقعیت پروژه و هم‌آمیزی آن‌ها برای دستیابی به وضعیتی مطلوب می‌تواند مبنای دیگری برای طبقه‌بندی سیستم‌های تهویه مطبوع باشد. بر این اساس می‌توان سیستم‌های تهویه مطبوع را فارغ از نوع سیال در گروه‌های زیر قرار داد:

الف- تهویه مطبوع مرکزی یک منطقه‌ای

ب- تهویه مطبوع مرکزی چند منطقه‌ای

ج- تهویه مطبوع مرکزی-محلی

د- تهویه مطبوع دو کانالی

ه- تهویه مطبوع دو جریانی

**در تهویه مطبوع مرکزی یک منطقه‌ای**، با استفاده از یک هواساز می‌توان چند فضای مشابه را که در یک منطقه قرار گرفته‌اند تغذیه کرد. فضاهایی در یک منطقه می‌گنجند که دارای تمام شرایط زیر باشند:

الف- در یک جبهه از ساختمان قرار گرفته باشند.

ب- بار گرمایی و سرمایی آن‌ها نزدیک به هم باشد.

ج- نقاط اوج بار آن‌ها هم‌زمان باشد و به صورت هم‌زمان مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

د- دارای کاربری نسبتاً مشابه باشند.

ه- نیازهای تهویه مطبوع آن‌ها فارغ از مقدار دما، یکسان باشد.

چنانچه شرایط بالا برای هر یک از فضاها وجود نداشته باشد، نباید به وسیله یک سیستم تهویه مطبوع تک منطقه‌ای تغذیه شود. در هر حال این سیستم در گروه تمام هوا قرار می‌گیرد.

**در سیستم تهویه مطبوع چند منطقه‌ای** مجهز به هواساز چند منطقه‌ای امکان تغذیه مناطق مختلف با ویژگی دمایی متفاوت به وجود می‌آید اما در این گونه موارد نیز باید به سطح رطوبت زنی، درصد و نوع پالایش هوا و همچنین به مقدار تقریباً یکسان هوای تازه و همین‌طور اختلال هوا از طریق کانال برگشت مشترک توجه داشت. بنابراین تنها به دلیل وجود امکان استفاده از هواساز چند منطقه‌ای، نمی‌توان تفاوت شرایطی از این دست را از نظر دور داشت. در هر حال در این سیستم هر یک از مناطق دارای کانال مجزایی هستند که در آن هوای مخلوطی که به طور جداگانه از روی کویل سرد و گرم عبور کرده‌اند، جریان خواهد داشت.

اصولاً هواسازهای چند منطقه‌ای دارای یک کویل سرد و یک کویل گرم در بخش خروجی و بعد از فن هستند. به همین دلیل دهانه‌ی ورودی هر کانال متصل به هواساز از خروجی دو هوای سرد و گرم بهره می‌برد که میزان اختلاف آن‌ها با یکدیگر توسط دمپری اختصاصی انجام می‌شود. به این صورت علیرغم این که چند رشته



کانال متصل به یک هواساز هستند؛ می‌توانند حامل جریان‌های متفاوت هوا از نظر دما باشند. این سیستم نیز در گروه تمام هوا قرار می‌گیرد.

**سیستم تهویه مطبوع مرکزی-محلی** دارای تنوع بیشتری است. در این نوع سیستم استفاده از واحد القایی، فن کویل، کویل دوباره گرمکن و حتی تجهیزات گرمایشی مانند رادیاتور، کنوکتور، گرمایش از کف و تجهیزات فقط سرمایشی مانند سقف سرد وجود دارد. در تمامی این موارد عملیات مطبوع سازی به وسیله هواساز صورت می‌گیرد و در کنار آن بخشی از بار نیز توسط کویل هواساز تامین می‌شود، ولی تنظیم دما و در پاره‌ای موارد کنترل رطوبت به صورت محلی و به کمک تجهیزات اتاقی صورت می‌گیرد.

استفاده از کویل دوباره گرمکن در محل ورود کانال هوای رفت به داخل یک فضا که از طریق یک هواساز یک منطقه‌ای تغذیه می‌شوند؛ این امکان را به وجود می‌آورد که بتوان هوای خنک ارسالی را متناسب با شرایط مورد نیاز داخلی هر مکان تعدیل کرد.

کویل دوباره گرمکن ممکن است از نوع برقی یا آبی و یا بخاری باشد که در هر حال کنترل آن به عهده ترموستات اتاقی است که فرمان را به مقاومت الکتریکی یا شیر اتوماتیک کویل ارسال می‌کند. این سیستم با عنوان **تک منطقه‌ای با کویل دوباره گرمکن** از نظر تنظیم دما و رطوبت نسبی عملکردی نسبتاً دقیق و مطلوب دارد؛ امام از نظر مصرف انرژی، سیستم مناسبی نیست. اتاق‌های تمیز و برخی آزمایشگاه‌های خاص از جمله مواردی هستند که موضوع دقت در تنظیم دمای آن‌ها، موجب می‌شود تا از این سیستم علیرغم مصرف انرژی نسبتاً زیاد کماکان استفاده شود. در هر حال استفاده از کویل دوباره گرمکن، سیستم تمام هوای تک منطقه‌ای را تبدیل به سیستمی چند منطقه‌ای می‌کند.

استفاده از فن کویل با امکان تامین هوای تازه از طریق هواساز نیز از جمله سیستم‌های محلی-مرکزی رایج محسوب می‌شود که در تامین شرایط مطلوب دمایی به صورت مستقل و محلی بسیار کارآمد است و وجود هواساز نیز کمک می‌کند تا نقص ذاتی فن کویل در تامین هوای تازه زیاد و کنترل شده جبران شود. استفاده از این سیستم برای اتاق بستری بیماران، اتاق میهمان در هتل، دفاتر اداری، کلاس درس و برخی اماکن تجاری بسیار رایج و در عین حال مناسب است.

وقتی از تجهیزات آبی برای تنظیم دمای هر محل استفاده شود؛ این سیستم در گروه آب-هوا طبقه‌بندی می‌شود. در غیر این صورت می‌توان آن را در گروه تمام هوا جای داد.

**سیستم تهویه مطبوع دو کانالی**، این امکان را فراهم می‌آورد که هوای بخش‌های مختلف یک ساختمان را متناسب با نیازهای دمایی از طریق دو رشته کانال گرم و سرد که به پایانه‌ای مشترک متصل می‌شوند؛ تامین کرد.





در این سیستم، هر فضا دارای جعبه‌ی مخلوط کننده هواست که دو کانال گرم و سرد به آن متصل می‌شوند. هوا پس اختلاط مناسب از طریق یک خروجی به اتاق ارسال می‌شود. دمپ‌های هوای گرم و سرد در داخل پایانه از یک ترموستات فرمان گرفته و به صورت تناسبی عمل اختلاط را انجام می‌دهند. این سیستم نیز در گروه تمام هوا قرار می‌گیرد.

**در سیستم دو جریانی** مانند سیستم دو کانالی، دو جریان هوای متفاوت در سیستم تهویه مطبوع مرکزی تهیه شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. جریان هوای اولیه دارای حجم ثابت و دمای متغیر است. به این معنا که در فصل تابستان سرد و در فصل زمستان گرم است. اما جریان هوای ثانویه در تمام طول سال سرد است. این هوا به عکس هوای اولیه دارای دمای ثابت و حجم متغیر است.

وجود جریان متفاوت هوا از نظر حجم و دما این امکان را فراهم می‌آورد که با اختلاف مناسب آن‌ها بتوان شرایط مناسبی را برای فضاهای مختلف به وجود آورد. این سیستم نیز در گروه تمام هوا قرار می‌گیرد. سیستم‌های تهویه مطبوع تمام هوا بر اساس حجم و دمای هوا نیز طبقه‌بندی می‌شوند. بر این اساس می‌توان دو گروه متمایز، **حجم ثابت-دمای متغیر (CAV) و حجم متغیر-دمای ثابت (VAV)** را نام برد.

**در سیستم حجم ثابت-دمای متغیر** که شامل سیستم‌های تک منطقه‌ای، تک منطقه‌ای با کویل دوباره گرمکن، تک منطقه‌ای با واحدهای محلی، تک منطقه‌ای با مسیر کنار گذر و چند منطقه‌ای می‌شود؛ دبی هوای رفت به فضاهای مورد تهویه ثابت، اما دمای آن با کنترل دبی آب سرد یا گرم کویل هواساز یا کویل‌های محلی تغییر می‌کند. چنانچه سیستم از نوع انبساط مستقیم باشد، کنترل دما با روشن و خاموش شدن متناوب دستگاه و یا با کنترل بار کمپرسور صورت می‌گیرد.

در سیستم تک منطقه‌ای و یا چند منطقه‌ای با مسیر کنار گذر، مقداری از هوای برگشتی بدون گذر از روی کویل با هوای بعد از کویل مخلوط شده و به فضای مورد تهویه باز می‌گردد. از این فرایند برای صرفه‌جویی در انرژی و ثبات هر چه بیشتر دما استفاده می‌شود و در ضمن با چنین روشی می‌توان رطوبت هوا را به مقدار مورد نیاز افزایش داد. زیرا بخشی از رطوبت هوا به هنگام گذر از کویل سرد تقطیر می‌شود که در این صورت هوای برگشتی کنار گذر می‌تواند مقدار رطوبت کاسته شده را جبران کند.

**در سیستم حجم متغیر-دمای ثابت**، دبی هوا ابتدا با تغییر وضعیت دمپر محلی که در پایانه‌ای پشت دریچه هوای اتاق قرار گرفته است کنترل می‌شود و سپس با کاهش یا افزایش دبی، حسگر فشار موجب کاهش یا افزایش دور فن هواساز می‌شود.