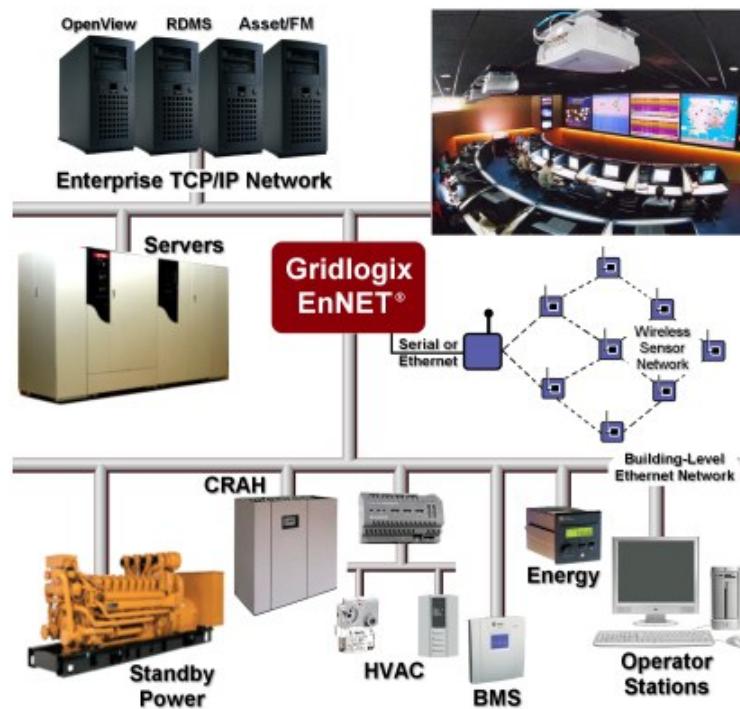


راهنمای فنی

تاسیسات در ساختمان و کنترل آنها



معرفی تاسیسات در ساختمان و کنترل آنها

ساختمانهای بلند مرتبه دارای سیستمهای پیشرفته و تجهیزات مکانیکی و الکتریکی متنوع و گسترده ای می باشند. از آنجا که در *BMS* نیاز به کنترل این تجهیزات و تاسیسات می باشد، شناخت دقیق این سیستمها از ضروریات طراحی یک سیستم کنترل مناسب می باشد. به همین دلیل در ادامه به اختصار به معرفی این سیستمها که شامل سیستم گرمایش، سرمایش، تهویه مطبوع، سیستمهای مکانیکی از جمله تجهیزات آبرسانی و پمپ ها، سیستمهای روشنایی، سیستم توزیع برق نرمال و اضطراری، کنترل تردد و غیره می باشند می پردازیم.

تهویه مطبوع *Air Conditioning*

تعریف تهویه مطبوع

کنترل دما، رطوبت، درجه خلوص و سرعت حرکت هوا در یک ساختمان را تهویه مطبوع می گویند. تهویه مطبوع برای یک یا دو منظور زیر انجام می شود:

- ↪ تامین آسایش ساکنان ساختمان
- ↪ ایجاد شرایطی که برای انجام کار تحقیقاتی، تامین شرایط بهداشتی، تولید محصول و یا نگهداری محصول مورد نظر است.

هدف از تهویه، تهیه هوایی است با چهار شرط زیر:

- ↪ دمای آن مناسب فضای مورد نظر باشد.
- ↪ رطوبت آن مناسب فضای مورد نظر باشد.
- ↪ با توجه به کاربرد آن از نظر تازه بودن و خلوص در شرایط مناسب باشد.
- ↪ جهت حرکت و سرعت آن مطابق شرایط کار باشد.

تجهیزات مورد استفاده در سیستم تهویه مطبوع

دیگ های آب گرم *Hot Water Boilers*

دیگ های آب گرم وسایلی می باشند که انرژی گرمایی حاصل از احتراق سوخت را به آب منتقل می کنند.

سختی گیر Water Softener

در موتورخانه سیستم های حرارت مرکزی برای تولید آب نرم (بدون املاح رسوب کننده) از دستگاه سختی گیر استفاده می شود. این دستگاه شامل مخزن آب نمک از جنس پلی اتیلن، شیر هیدرولیک چند راهه کنترل شستشو و مخزن اصلی سختی گیر است. مخزن اصلی معمولاً از جنس ورق فولادی با رنگ داخلی اپوکسی و حاوی رزین و شن می باشد. املاحی که آب را سخت می کنند عبارتند از بیکربنات کلسیم و منیزیم، کلرید کلسیم و منیزیم و سولفات کلسیم و منیزیم هستند. با عبور آب حاوی چنین املاحی از روی رزین که یک نمک با بنیان پیچیده از فلز سدیم است، یونهای سدیم جایگزین یونهای کلسیم و منیزیم در املاح سخت کننده آب شده و آنها را به املاحی تبدیل می کنند که رسوب کننده نرم باشند. به عبارت دیگر آب سخت به آب نرم تبدیل می شود. با جریان آب از روی رزین به تدریج قدرت تبادل یون رزین داخل سختی گیر کاهش می یابد و لازم است احیا شود. برای احیا رزین از روی آن آب نمک عبور داده می شود.

دستگاههای مولد برودت در تهویه مطبوع

برای تهویه مطبوع تابستانی نیاز به تولید برودت می باشد. در صنعت تهویه مطبوع مهمترین روشهای تولید برودت عبارتند از:

- ↔ روش تراکمی مکانیکی بخار
- ↔ روش تراکمی حرارتی بخار
- ↔ روش جذبی

سیستمهای تبرید تراکم مکانیکی بخار و روش جذبی بیش از تراکمی حرارتی بخار کاربرد دارند. معمولاً برای ظرفیتهای پایین از سیستم تراکمی مکانیکی بخار و برای ظرفیتهای بالا از روش جذبی استفاده می شود. سیستمهای تراکم مکانیکی بخار که به چیلرهای تراکمی معروف می باشند اغلب نیاز به انرژی الکتریکی بالایی دارند و البته، نوعی از آنها که نیروی محرکه خود را از موتورهای گازسوز به دست می آورند، نیز وجود دارد.

انرژی اصلی مصرفی چیلرهای جذبی از نوع حرارتی است که می تواند بوسیله بخار، آب داغ و یا شعله مستقیم تامین شود. مصرف برق این چیلرها در مقایسه با چیلرهای تراکمی بسیار پایین است.

تئوری تمام چرخه های تبرید بر اساس چرخه معکوس کارنو می باشد. چرخه سیستمهای تبرید شامل فرایندهای زیر است:

۱. انبساط با آنتروپی ثابت به دمای پایین T_1

۲. دریافت حرارت در دمای ثابت T_1

۳. تراکم با آنتروپی ثابت به دمای بالای T_2

۴. اتلاف حرارت در دمای ثابت T_2

حرارتی که در فرایند دوم به ماده مبرد اضافه می شود همان گرمایی است که از محیط یا ماده ای که باید سرد شود گرفته می شود.

چیلرهای تراکمی Vapor-Compression Chillers

چرخه تبرید چیلرهای تراکمی شبیه چرخه یخچال است، با این تفاوت که در اینجا در اوپراتور آب یا هوا خشک می شود. این چرخه ها شامل کمپرسور، کندانسور، شیر انبساط، اوپراتور، و لوازم کنترل می باشد. کمپرسور از نوع پیستونی و یا گریز از مرکز می باشد. از کمپرسورهای پیستونی در ظرفیتهای پایین و یا متوسط و از کمپرسورهای گریز از مرکز برای ظرفیتهای بالاتر استفاده می شود.

ساده ترین روش عملی برای انتقال حرارت در دمای ثابت استفاده از حرارت نهان تبخیر و تقطیر بخار مواد است. با توجه به اینکه حرارت نهان بخارهای قابل تقطیر در مقایسه با حرارت محسوس گازهای غیرقابل تقطیر بسیار بالا است، در چیلرهای تراکمی برای تولید برودت از این بخارها استفاده شده است. در چرخه این چیلرها گرمای تبخیر در اوپراتور به مبرد اضافه شده و در کندانسور حرارت تقطیر از آن گرفته می شود. اوپراتور سیستم تبرید تراکمی یک مبادله کن پوسته و لوله است که گرما را از آب برگشتی از ساختمان، به مبرد در حالت بخار منتقل می کند. کوئل اوپراتور همچنین می تواند مستقیماً در داخل دستگاه هواساز قرار گیرد (انبساط مستقیم) و موجب کاهش دمای هوای عبورکننده از آن شود.

کندانسور بخشی دیگر از چرخه سیستم تبرید است که گاز متراکم شده خروجی از کمپرسور را سرد و مایع می کند. در واقع کندانسور گرمای جذب شده در اوپراتور و گرمای ناشی از انجام کار مکانیکی در کمپرسور که به مبرد داده می شود را دفع می کند. کندانسورها می توانند از نوع آبی، هوایی یا تبخیری باشند. کندانسورهای آبی که بصورت مبادله کن های پوسته و لوله می باشند، در شرایطی استفاده می شوند که امکان کاربرد برج خنک کن نیز وجود داشته باشد.

چیلرهای جذبی Absorption Chillers

مصرف بالای انرژی الکتریکی توسط چیلرهای تراکمی و همچنین اثرات مخرب فریونها بر لایه اوزون موجب شده است که هر روز توجه به مبردهای طبیعی بیشتر شود. سیستمهای جذبی در مقایسه با چیلرهای تراکمی علاوه بر مصرف پایین برق در فصل تابستان از مزایای مهم دیگری نیز برخوردار می باشند. از آن جمله می توان به عدم استفاده از مبردهای CFC، استفاده محدود از قطعات گردشی و متحرک، عدم وجود صدا و ارتعاش، عمر مفید طولانی، نیاز محدود به سرویسها و تعمیرات اساسی و استفاده از انرژی حرارتی به عنوان انرژی اصلی اشاره کرد.

چیلرهای جذبی موادی را به عنوان مبرد خود به کار می برند که اثر مخرب بر لایه اوزون ندارند. البته سیستمهای جذبی دارای معایبی مانند ضریب عملکرد سرمایی پایین و کارکرد سیستم در فشارهای پایین می باشند در تهویه مطبوع چیلرهای جذبی که در آنها از لیتیوم بروماید به عنوان جاذب و از آب به عنوان مبرد استفاده می شود، کاربرد وسیعی پیدا کرده اند.

سیستم سرمایش سامانه ای است که نیاز برودتی ساختمان را در طول فصول گرم سال برآورده می کند به طوری که دما و میزان رطوبت هوای داخل فضاها با توجه به کاربرد آنها در حد معین و دلخواه کنترل گردد. سیستم های سرمایش متنوعی مانند کولر آبی، کولر گازی، ایرواشر، سیستم فن کویل، سیستم هواساز و غیره طراحی شده که با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، کاربرد فضای داخل و مسایل اقتصادی مورد استفاده قرار می گیرند. اساس انتخاب دستگاههای سیستم سرمایش، بار برودتی ساختمان است که در ساعت طرح محاسبه می شود. عوامل موثر در تعیین ساعت طرح عبارتند از :

- ↔ بار تابش خورشیدی و هدایت از شیشه ها
- ↔ بار تابش خورشیدی و هدایت از دیوارها و بام ساختمان
- ↔ بار افراد حاضر در ساختمان با توجه به نوع فعالیت آنها
- ↔ بار سیستم روشنایی و سایر تجهیزات الکتریکی، بخاری و گازی

ایرواشر *Air Washer*

ایرواشر یکی دیگر از سیستمهای تبخیری است که نحوه کار آن شبیه کولر آبی است با این اختلاف که فرایند تبخیر آب (که در کولر آبی روی پوشالها انجام می شود) بوسیله افشانک های زیادی که آب را با فشار کافی بصورت پودر درآورده و به داخل جریان هوا پاشش می دهند، انجام می شود. از ایرواشر در سالن ها و فضاهای بزرگ که نیاز به سرمایش و رطوبت بالا باشند استفاده می شود.

برج خنک کن *Cooling Tower*

در چیلرهای تراکمی بخار مبرد پس از خروج از کمپرسور و در چیلرهای جذبی بخار آب حاصل از ژنراتور وارد یک مبدل حرارتی به نام کندانسور یا چگالنده شده و در آن سرد می شود. فرایند سرمایش بخار در کندانسور به وسیله هوا یا آب انجام می گیرد. در حالت اول هوا توسط بادزن هایی از روی کویل کندانسور عبور داده شده و در نتیجه جابجایی اجباری، عمل سرمایش انجام می پذیرد. به این نوع چگالنده، کندانسور هوایی گویند. در صورت استفاده از کندانسور هوایی لازم است کندانسور هوایی در هوای آزاد مانند بام ساختمان نصب شود.

در سیستم سرد کردن بخار کندانسور با استفاده از آب، آب گرم شده در کندانسور بوسیله پمپ به برج خنک کن که در هوای آزاد (معمولا روی بام ساختمان) نصب می شود، هدایت می شود. لوله کشی بین کندانسور به برج خنک کن تشکیل یک مدار بسته و مستقل را می دهد. از طریق این شبکه لوله کشی (و به وسیله پمپ) آب گرم شده در کندانسور به برج خنک کن رفته سرد می شود و به کندانسور برگشت می کند و این عمل تکرار می شود. لوله های شبکه لوله کشی بین برج خنک کن و چیلر معمولا از قطورترین لوله های سیستم تهویه مطبوع است. الکتروموتور پمپ این مدار بزرگ سه فاز و زمینی است و پمپ در مسیر لوله برگشت برج خنک کن قرار می گیرد تا پیوسته کندانسور را پر از آب تحت فشار نگهدارد.

در برج خنک کن آب از بالا به پایین توزیع شده و به وسیله جریان هوا از داخل آن، تحت فرایند اشباع بی دررو خنک می شود. برجهای خنک کن از نوع فلزی، پلاستیکی و چوبی وجود دارند. از مزایای نوع چوبی و پلاستیکی در مقایسه با نوع فلزی سبکی وزن و عدم خوردگی برج خنک کن است.

دستگاه هواساز (AHU) Air Handling Unit

دستگاه تهویه مرکزی (هواساز) از بخشهای اصلی فیلتر، فن، کویل های گرمایی و سرمایی، رطوبت زن و تجهیزات کنترلی تشکیل می شود. کویل های گرمایی معمولا با آب داغ، بخار و برق عمل می کنند. کویل های سرمایی با آب مبرد و یا مستقیما با یک ماده مبرد کار می کنند. در حالت دوم کویل دستگاه هواساز اوپراتور یک سیستم تبرید می باشد. با تنظیم های مختلف بخش های گرمایی، سرمایی، رطوبت زن و غیره در مجموعه دستگاه هواساز می توان سیستم های مختلف تهویه مطبوع را برای پروژه های با شرایط متفاوت طراحی نمود. دستگاه هواساز معمولا با دو کانال، رفت و برگشت هوا به داخل ساختمان و به وسیله یک کانال به هوای تازه خارج ارتباط دارد.

دستگاه هواساز با تنظیم دما و رطوبت و همچنین تامین هوای تازه و فیلتر کردن آن عمل تهویه مطبوع تابستانی و زمستانی را انجام می دهد. هوای برگشتی از اتاقها با هوای تازه در محفظه اختلاط دستگاه مخلوط شده و سپس از کویل های سرمایی یا گرمایی و رطوبت زن (معمولا در زمستان) عبور می کند. سرعت عبور هوا از کویل حدود ۵۰۰ فوت بر دقیقه است. فرایند رطوبت زنی بوسیله پاشش آب از افشانک ها یا شبکه بخار و فرایند رطوبت گیری توسط کویل سرمایی انجام می شود. کنترل دما به دو صورت می تواند انجام شود:

روش اول با استفاده از شیر سه راهه برقی یا موتوری که روی لوله رفت و برگشت کویل نصب شده و به وسیله ترموستاتی که در کانال برگشت هوا به هواساز نصب می شود، عمل قطع و وصل و یا کم و زیاد کردن جریان آب انجام می گیرد. در روش دوم به وسیله ترموستات نصب شده در اتاق یا راهرو یا مکان مناسب دیگر (مانند حالت فن کویل) به فن دستگاه هواساز فرمان خاموش و روشن داده می شود. سیستم کنترل لازم است به گونه ای

طراحی شود که ابتدا مجموعه ترموستات کانالی و شیر سه راهی عمل نماید و سپس در مرحله بعد در صورت لزوم ترموستات اتاقی به بادزن دستگاه دستور می دهد.

دستگاههای هواساز که از ورق گالوانیزه ساخته می شوند، با توجه به شرایط مکانی و موقعیت نصب ممکن است قائم و یا افقی ساخته شوند. دستگاه هواساز بصورت یک منطقه ای و یا چند منطقه ای طراحی و ساخته می شوند. در نوع یک منطقه ای تمام بخش های ساختمان که تحت پوشش آن است با شرایط یکنواخت دما و رطوبت هوادهی می شود و در نوع چند منطقه ای به کمک دمپره های مخصوص امکان هوادهی با دما و رطوبت های مختلف به مناطق متفاوت وجود دارد.

فرآیندهای داخل دستگاه هواساز

فرآیندهای داخل دستگاه هواساز عبارتند از:

- ⇐ **گرم کردن هوا:** این فرآیند بوسیله کویل گرمایی آب داغ یا بخار انجام می شود. با توجه به اینکه در این فرآیند مقدار رطوبت موجود در هوا تغییر نمی کند، در روی منحنی رطوبتی فرآیند با یک خط افقی نشان داده می شود که در طول آن رطوبت نسبی کاهش و حرارت محسوس افزایش پیدا می کند.
- ⇐ **سرد کردن هوا:** توسط کویل سرمایی که از داخل آن آب مبرد (تهیه شده در چیلر) یا آب نمک و یا ماده مبرد عبور می کند.
- ⇐ **رطوبت زدن:** این فرآیند بوسیله پاشش آب یا بخار به داخل جریان هوا انجام می شود. در فرآیند پاشش آب حرارت محسوس کاهش و رطوبت نسبی افزایش پیدا می کند.
- ⇐ **خشک کردن:** این فرآیند عکس فرآیند رطوبت زنی است و می تواند بوسیله کویل سرمایی که دمای سطح آن پایین تر از دمای نقطه شبنم هوای عبوری می باشد، صورت گیرد یا اینکه هوا از روی املاح جاذب رطوبت مانند سیلیکات ها عبور داده شود. در تهویه مطبوع معمولاً رطوبت گیری هوا بوسیله کویل سرمایی انجام می شود. در این فرآیند رطوبت نسبی هوا کاهش پیدا می کند.

کنترل سیستمهای تهویه

نیازمندیهای کنترل مؤثر

انجام کنترل مؤثر نیازمند طراحی مناسب و با دقت سیستم مکانیکی و انتخاب مناسب اجزاء است. توجه به نکات زیر توسط طراح سیستم مکانیکی و مهندس کنترل بایستی مد نظر قرار گیرد.

۱. طراحی مناسب سیستم توزیع به منظور تحویل هوا به محیط

- ↪ گسترش سیستم کانال کشی به تمام قسمتهای محیط
- ↪ قرار دادن مجرای خروجی تنها در جایی که هوا، به خوبی مخلوط شده باشد.
- ↪ قرار دادن شبکه های مشبک برگشت هوا، جاییکه کمک به توزیع و ممانعت از اتصال کوتاه شدن هوای مهیا شده باشند.

۲. انتخاب مناسب پخش کننده در مجراهای خروج به محیط

- ↪ از چندین پخش کننده کوچک بجای یک پخش کننده بزرگ باید استفاده کرد.

۳. انتخاب و تعیین اندازه صحیح کویلهای گرمایی

- ↪ کویلها در اندازه ای انتخاب شود که در حد بارهای ماکزیمم شان باشند. از بزرگ بودن بیش از حد کویلها نیز برای کنترل بهتر است اجتناب شود.
- ↪ از چندین کویل داخلی در جاییکه افزایش دمای بالا مورد نیاز است استفاده شود.
- ↪ چندین کنترل دمای پایین برای کویلهای بزرگ باید در نظر گرفت.

۴. انتخاب و تعیین اندازه مناسب تجهیزات تبرید و سرمایش

- ↪ توجه به تقسیمبندی ظرفیت سرمایش در طول چندین کویل
- ↪ در نظر گرفتن بعضی از اشکال باز گرمایش اگر رطوبت زدایی مورد نیاز است.
- ↪ ممانعت از سیکل کوتاه کمپرسورها تحت بار کم با :
 ۱. نصب چندین کمپرسور جاییکه توالی ظرفیت بالا مورد نیاز است.
 ۲. مهیا ساختن اعتدال در بارگذاری و عدم بارگذاری یک کمپرسور تحت بار کم
 ۳. تعیین اندازه تجهیزات سرما ساز با دقت
 ۴. مهیا ساختن مینیمم زمان تاخیر

۵. مهیا ساختن گذرگاه فرعی گاز داغ

⇐ در نظر گرفتن سیستمهای مکانیکی مجزا برای مناطقی که بارهای گرمایی و سرمایی آنها بطور عمده ای با بقیه مناطق فرق می کند.

۶. جلوگیری از لایه بندی در duct ها

⇐ استفاده از اتاق های مخلوط کن یا ابزارهای مکانیکی دیگر در جاییکه مخلوط سازی بسیار مهم است.

⇐ استفاده از فن برای مخلوط سازی هوا. یک فن تک ورودی بسیار مؤثرتر از یک فن دو ورودی عمل مخلوط سازی را انجام می دهد.

۷. مهیا ساختن چیدمان فیزیکی اجزاء سیستم به نحوی که المانهای حس کننده در موقعیت مناسبی باشند.

⇐ در نظر گرفتن فضای کافی بین کویل ها برای نصب المانهای حس کننده .

۸. جایگذاری مناسب المانهای حس کننده

⇐ المانهای حس کننده، روی یک جدار داخلی در جاییکه بتوانند شرایطی را اندازه گیری کنند که مبین همه محیط باشد قرار داده شوند.

⇐ المانهای حس کننده در هوای غیر لایه بندی شده قرار گیرند.

⇐ المانهای فشار هوا و شدت جریان دور از تخلیه های فوری فن قرار داده شوند.

۹. در نظر گرفتن چگونگی چیدمان فیزیکی اجزاء سیستم رطوبت زن

⇐ رطوبت زن ها پایین منابع گرما قرار گیرند.

⇐ کویل های بازگرمایش در پایین کویل های سرمایش قرار گیرند.

۱۰. انتخاب و تعیین اندازه مناسب شیرهای کنترل

۱۱. محافظت از هواسازها در شرایط دمای پایین که احتمال یخ زدگی وجود دارد.

↩ برای کویل های بخار باید توجه کرد به :

۱. مهیا سازی لوله های عمودی
۲. قرار دادن کویل ها بطور صحیح در تله ها
۳. مهیا سازی قطع کننده خلاء
۴. مهیا سازی تله ها از نوع، اندازه و در موقعیت مناسب
۵. مهیا سازی پایه های کافی سرمایش و چکه
۶. جایگذاری شیرهای بخار در نقاط بالا

↩ برای کویل های آب سرد و گرم توجه شود به :

۱. مهیا سازی پمپ های کویل برای اطمینان از ایجاد جریان در کویل در طی زمانهای دماهای زیر انجماد
۲. استفاده از راه حل های ضد انجماد
۳. عمل نمودن تمامی پمپ های آب زمانیکه هوای بیرون زیر ۱.۵ درجه سانتیگراد است.
۴. خطوط و کویل های بیکار را درین شوند.

۱۲. در نظر گرفتن صرفه جویی در مصرف انرژی در طراحی سیستم کنترل و هوا ساز

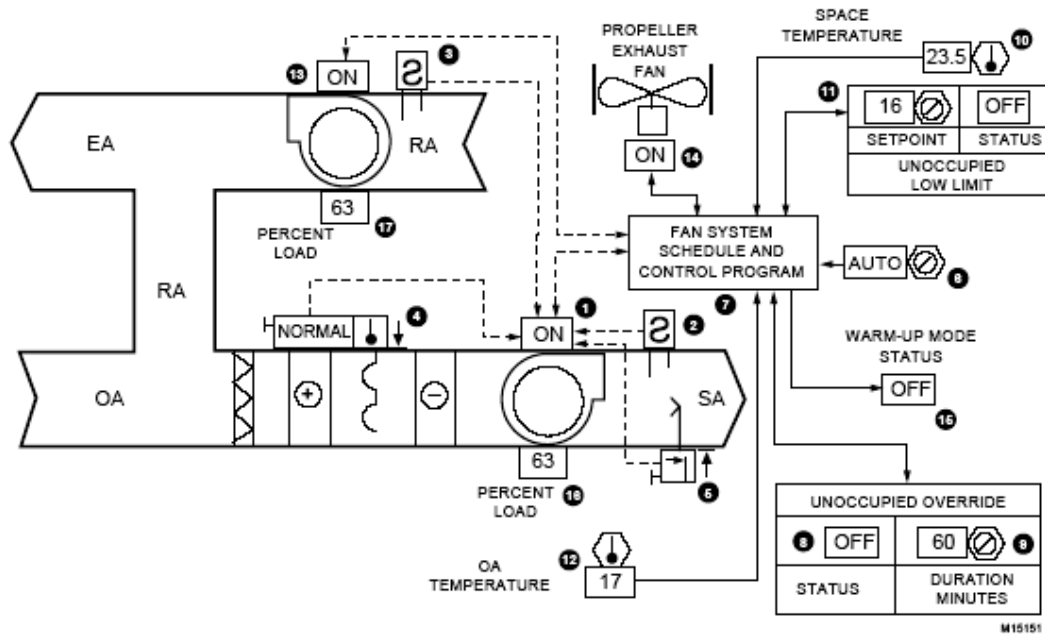
- ↩ برای جدولبندی وضعیت باز نشان از حسگرهای محیط بیشتر از حسگرهای هوای بیرون استفاده شود.
- ↩ نباید هواساز هوای بیرون را وارد ساختمان، جایی که کسی نیست و یا در طی زمان گرمایش زود هنگام، بکند مگر برای تعویض هوای شبانه و یا کیفیت هوای درون مورد نیاز باشد.
- ↩ در جاییکه حذف آفست کنترل، انرژی را جبران می کند یا آسایش را افزایش میدهد از کنترل *PI* استفاده شود.

۱۳. کنترل های دیجیتال شبکه ای برای ساختمانهای با مصرف انرژی و هزینه عملکرد بالا

- ↩ نقاطی از قبیل دمای هوای بیرون در اختیار کنترلرها قرار گیرد.
- ↩ در نظر داشتن استراتژی هایی برای چیلر که دیماندهای سیستم فن را در نظر دارند.
- ↩ در نظر داشتن استراتژی هایی برای سیستم پمپاژ که دیماندهای شیر کنترل را در نظر دارند.
۱۴. طراحان سیستم کنترل باید درک کاملی از سیستم *HVAC* ساختمان داشته باشند.

روشن-خاموش شدن فن هواساز FAN SYSTEM START-STOP CONTROL

FUNCTIONAL DESCRIPTION



شکل (۱-۱) توصیف عملکردی روشن-خاموش شدن فن هواساز

در کنترل *DDC* هواساز دارای یک کنترل کننده است که شامل برنامه نرم افزاری و جدول کارکرد فن می باشد. به هنگام شروع کار فن هواده، فن برگشت هم شروع به کار می کند (نقطه ۱ در شکل ۱-۱). کنترل کننده به هنگام کاهش بیش از حد درجه حرارت (نقطه ۴)، فن ها را خاموش می کند. ردیاب های دود (۲) و (۳) به هنگام ردیابی دود، فن هواده را خاموش می کنند. فشار سنج حد بالا (۵)، چنانچه فشار هوای کانال از حدی بالاتر رفت فن هواده را خاموش می کند. فن ها بصورت " روشن-خاموش-اتوماتیک " هستند و می توان از طریق نرم افزار، حالت مناسب و مورد نظر را به آنها داد. برنامه کنترل فن ها (۷). بسته به نوع برنامه، فن های هواده، برگشت و تخلیه را در زمان های مناسب روشن و خاموش می کند. برای مثال نقطه (۸)، سوییچ نادیده گرفتن برنامه عدم سکونت است که در صورت فشار دادن آن علی رغم عدم وجود ساکنان در ساختمان، هواساز به مدت معینی (۹) به کار می افتد. نقاط (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) اطلاعاتی را در اختیار کاربر می گذارد. نقطه (۱۳) باعث می شود تا کارکرد فن برگشت، برنامه کنترل فن تخلیه را فعال کند. نقطه (۱۴) وضعیت فن تخلیه را نشان می دهد. نقطه (۱۵) وضعیت گرمایش زود هنگام (پیش از شروع به کار، *Warm up*) را نشان می دهد. نقطه (۱۶) مقدار بار فن هواده را در سیستم های *VAV* مشخص می کند. نقطه (۱۷) نیز همین مقدار را برای فن برگشت نشان میدهد. به هنگام نبودن ساکنان در ساختمان، دمپرهای هوای تازه و تخلیه بسته می شوند. همچنین می توان در برنامه، استفاده از

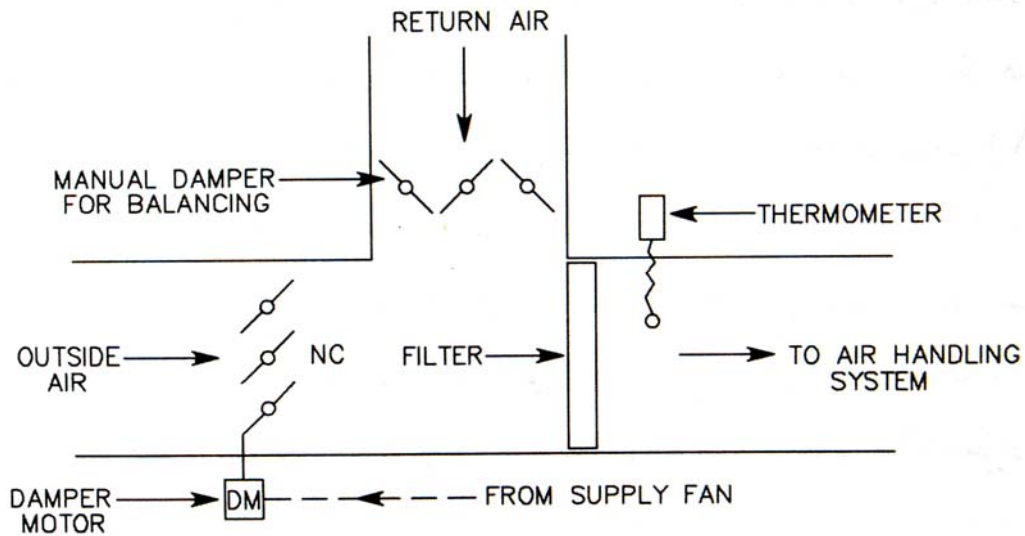
هوای خنک شب هنگام را برای تخلیه و تعویض هوای ساختمان با هوای بیرون (*Night Purge*) در نظر گرفت. این امر به ارتقاء کیفیت هوای ساختمان در روز می انجامد. ویژگیهای این روش کنترل، خاموش شدن سیستم در شرایط ردیابی دود، دمای پایین و فشار بالا می باشد. همچنین روشن-خاموش شدن فن های تخلیه، برگشت و فن هوای ورودی بصورت بهینه انجام می شود.

هوای تازه *Fresh Air*

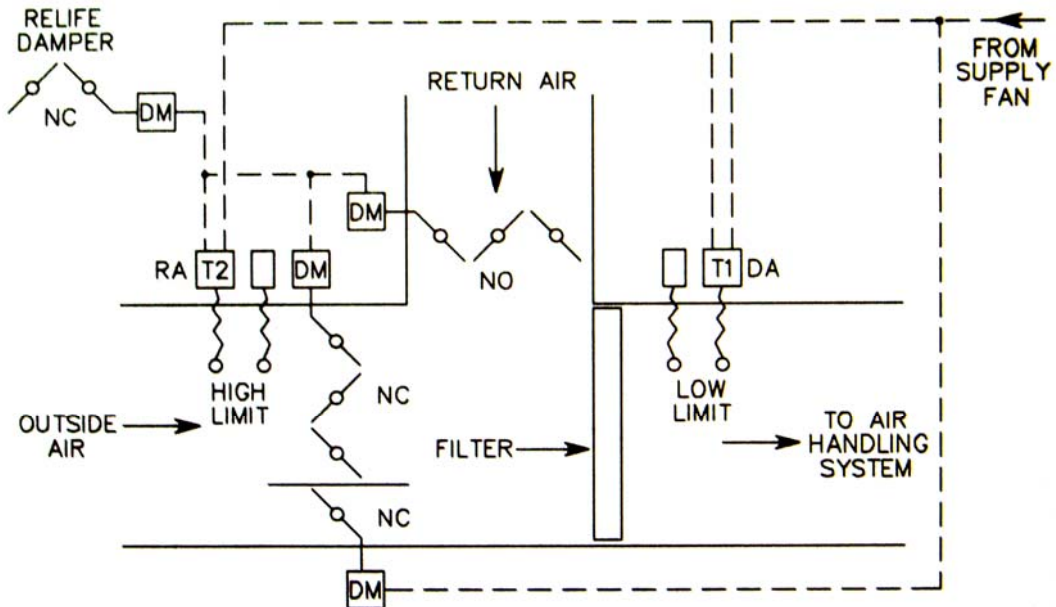
قبل از اینکه به چگونگی کنترل و ورود هوای تازه به ساختمان بپردازیم، لازم است روشن شود که ساختمان به چه میزان هوای تازه نیاز دارد. برخی از ساختمانها از جمله آزمایشگاهها، برخی قسمت های تولیدی کارخانه ها و یا اتاقهای عمل در بیمارستانها نیاز به صد در صد هوای تازه دارند. در اتاقهای تمیز، فشار هوای داخلی اتاق باید برخی اوقات مثبت و در برخی موارد منفی باشد تا باعث جلوگیری از ورود آلودگی به فضا در حالت اول و جلوگیری از خروج ذرات و آلودگی ها به خارج از ساختمان در حالت دوم شود. در هر صورت به منظور مشخص کردن مقدار هوای تازه ورودی به ساختمان، لازم است تا ساختمان مورد بحث از نظر توازن هوایی تازه، تخلیه، نفوذی و غیره مورد بررسی قرار گیرد.

حداقل مقدار هوای تازه *Minimm Fresh Air*

به منظور رفع نیازهای ساکنان ساختمان لازم است تا همواره مقدار حداقل هوای تازه وارد ساختمان شود. به همین منظور برای انجام این امر روش های مختلفی برای تامین هوای تازه در هواسازها ابداع شده است. این روشها در هواسازهای حجم ثابت (*CAV*) با هواسازهای حجم متغیر (*VAV*) تفاوت دارند. در حالت اول کار قدری ساده تر است. بدین ترتیب که از طریق تنظیم حداقل مقدار باز بودن دمپر هوای تازه توسط سویچ مخصوص این کار و یا تنظیم این مقدار روی کنترل کننده های *DDC*، موتور دمپر کاملا دمپر را نمی بندد، بلکه اجازه می دهد تا در بدترین شرایط هم مقدار حداقل هوای تازه وارد هواساز شود. (شکل ۲-۱). در روش دیگر از دو دمپر یکی برای حداقل هوای تازه و دیگری برای تامین هوای مورد نیاز چرخه با صرفه استفاده می شود. (شکل ۳-۱).

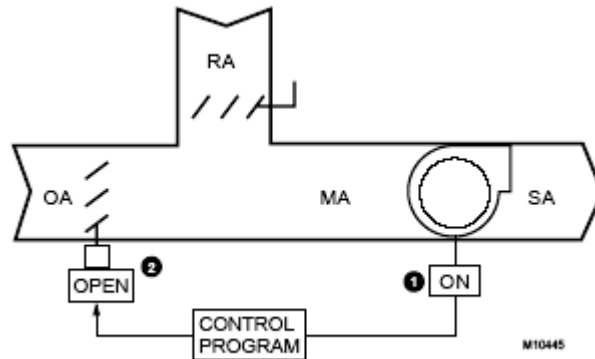


شکل (۱-۲) حداقل هوای تازه



شکل (۱-۳) استفاده از دو دمپر در تأمین حداقل هوای تازه

کنترل حجم ثابت هوای بیرون Fixed Quantity of Outdoor Air Control



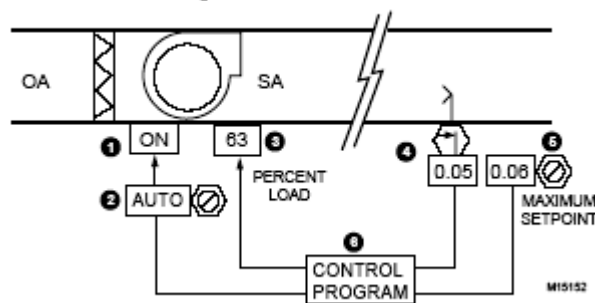
شکل (۱-۴) توصیف عملکردی کنترل حجم ثابت هوای بیرون

با توجه به شکل (۱-۴) سیستم کنترل زمانی که فن روشن می شود فعال می شود و دمپرها با روشن شدن فن باز و با خاموش شدن آن بسته می شوند. در این سیستم حجم ثابتی از هوای بیرون وقتیکه فن فعال است اجازه ورود می یابد و این سیستم متشکل از حداقل تجهیزات تهویه و کنترلی است.

استفاده از یک هواساز برای تامین هوای تازه چندین هواساز

Outdoor Air Fan Control for Multiple AHUs

Functional Description



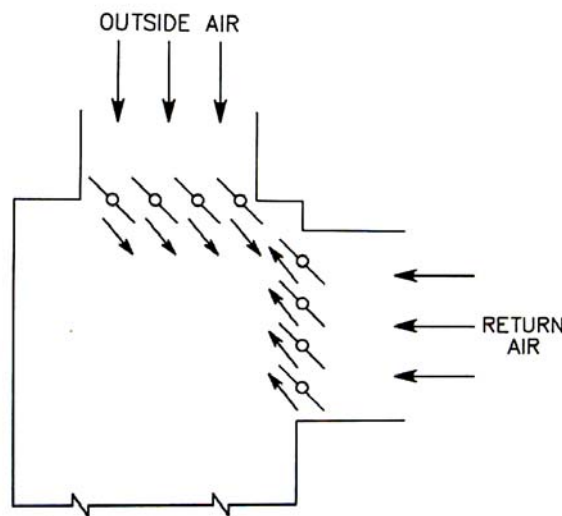
شکل (۱-۵) توصیف عملکردی استفاده از یک هواساز برای تامین هوای تازه چندین هواساز

در برخی موارد از یک هواساز VAV برای تامین هوای تازه چندین هواساز VAV که اغلب در اتاق هواساز در طبقات ساختمان های بلند مرتبه و روی هم استقرار یافته اند، استفاده می شود.

در شکل (۵-۱)، به هنگام ارسال فرمان به فن هواساز از جانب سیستم کنترل مرکزی ساختمان (BMCS) و یا بصورت دستی، فن روشن می شود. از طریق کنترل دمپر هوای تازه توسط فشار استاتیک کانال هوای تازه، میتوان مقدار هوای معینی را وارد ساختمان کرد تا جوابگوی نیازهای کلیه هواسازها از جمله آن یک که به بیشترین مقدار هوای تازه نیاز دارد، باشد. در شکل بالا نقطه تنظیم (set point) فشار کانال و حد بالای آن از طریق برنامه کنترل کننده قابل تنظیم است. از مزایای تامین هوای تازه توسط یک هواساز مرکزی این است که می توان هوای بیرون را کاملا تصفیه و فیلتر کرد و سپس وارد ساختمان نمود. چنانچه لازم باشد می توان از کویل پیش گرمایش و رطوبت زن نیز در این هواساز استفاده کرد. برنامه نرم افزاری هواساز هوای تازه می تواند توسط کنترل مرکزی تنظیم شود به قسمی که کلیه حالات مربوط به صرفه جویی در انرژی را شامل شود. مانند تخلیه هوای ساختمان و تعویض آن با هوای بیرون در شب های خنک تابستان (Night Purge)، گرم کردن ساختمان قبل از شروع کار ساختمان (Warm up) و غیره.

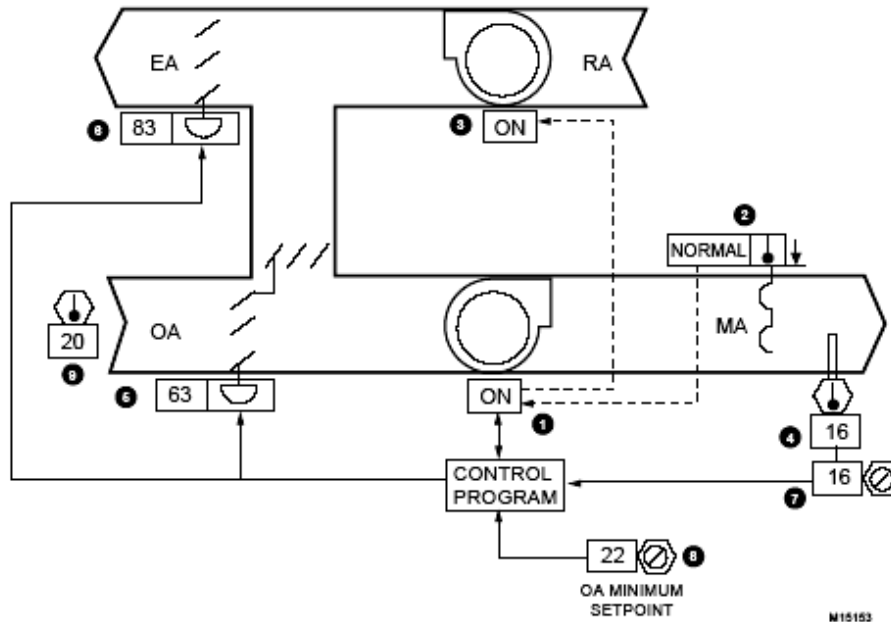
کنترل هوای مخلوط Mixed Air Control

به منظور مخلوط شدن دو هوا با درجه حرارت های مختلف لازم است به چگونگی جعبه مخلوط و استقرار دمپرها هوای تازه و هوای برگشت توجه کرد. گاهی اوقات این امر در مورد مخلوط کردن هوای رخ کویل و هوای کنارگذر خود را نشان می دهد. در هر حال مخلوط شدن کامل دو هوا شرط موفقیت است. اغلب این امر به توسط آرایش دمپرها و گاهی نیز به توسط فن کوچک جداگانه ای انجام می شود.



شکل (۶-۱) نحوه مخلوط سازی مناسب هوای بیرون و برگشت

در شکل (۱-۷) سیستم کنترل هواساز از نوع *DDC* است، از این رو کلیه مقادیری که روی شکل نشان داده شده اند مستقیماً می توانند روی مانیتور دیده شوند.



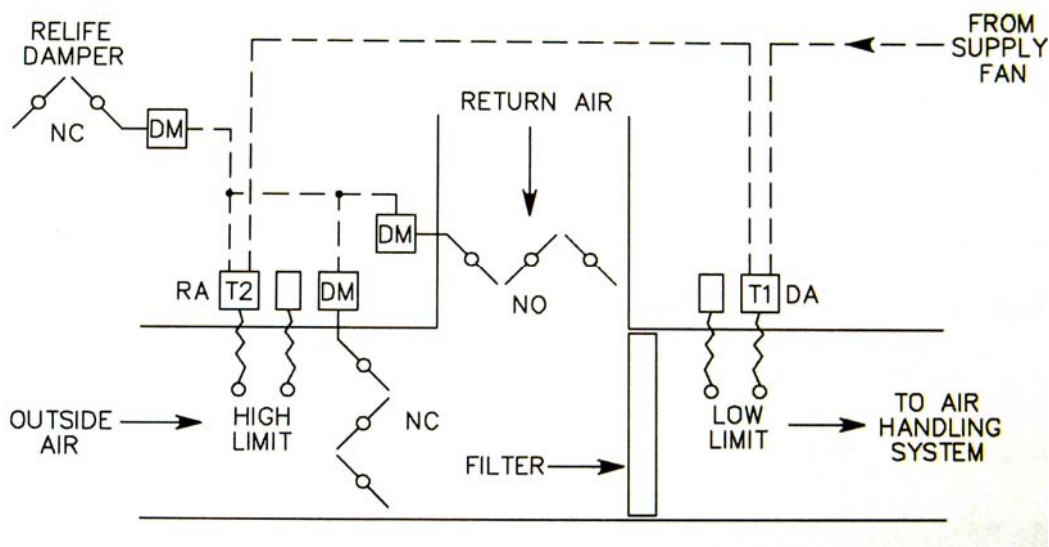
شکل (۱-۷) توصیف عملکردی کنترل هوای مخلوط

با شروع کار فن، سیستم کنترل فعال می شود. دمای هوای مخلوط (نقطه ۴) از طریق کنترل کننده حس شده و دمپره های هوای تازه و تخلیه به نحوی تغییر حالت داده می شوند تا نقطه تنظیم این درجه حرارت ثابت بماند. (۷) نقطه تنظیم دمای مخلوط را نشان می دهد. (۹) دمای هوای بیرون را نشان می دهد. مقادیر نشان داده شده در کنار دمپرها، مقادیر خروجی برنامه کنترل هستند که با درصد باز بودن دمپرها فرق دارند. مقدار حداقل هوای تازه در کنترل کننده مشخص می شود و دمپر هوای تازه به هنگام شروع به کار از این مقدار بسته تر نمی شود. لازم است توجه شود که چنانچه مقدار هوای تازه زیاد باشد و هوای بیرون نیز خیلی سرد باشد شاید نتوان از طریق مخلوط کردن هوای برگشت با هوای تازه به درجه حرارت تنظیم هوای مخلوط رسید. از این رو در این حالت میتوان از کویل پیش گرمایش برای گرم کردن مقدماتی هوای تازه استفاده کرد.

چرخه با صرفه *Economizer Cycle*

بسیار اتفاق می افتد که در حالی که هوای بیرون از دمای مناسبی برخوردار است، لازم است تا قسمتی از ساختمان (زون های داخلی) را خنک کنیم. به منظور این کار غالباً از هوای خنک بیرون استفاده می شود. بدین ترتیب که با کنترل دمپره های هوای تازه، برگشت و تخلیه، دمای هوای ورودی به اتاق کنترل می شود. زمانی که هوای بیرون در

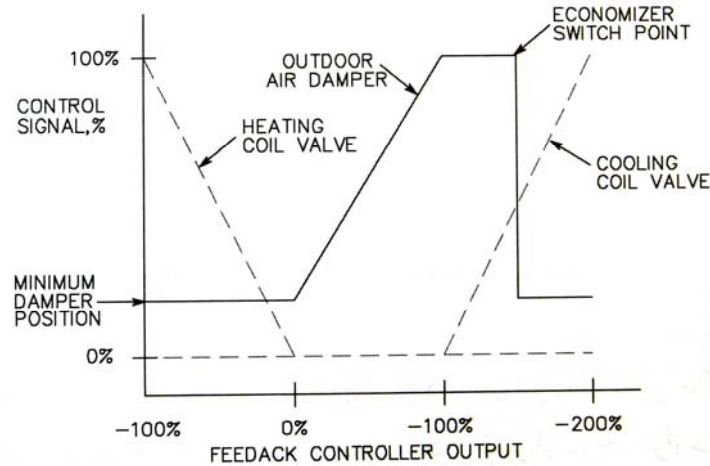
وضعیت زمستانی خود قرار دارد، اتاق نیاز به حداقل هوای تازه دارد. در این حالت دمپره های هوای تازه و تخلیه روی حداقل مقدار خود قرار می گیرند، ولی دمپر هوای برگشت باز است و بیشتر هوا از طریق این دمپر به هواساز برگشت داده می شود. با افزایش درجه حرارت هوای بیرون به دمایی می رسیم که در آن دما هوای تازه با حداقل مقدار خود نیاز های سرمایش اتاق را برطرف می سازد و با آن برابر است. از این نقطه به بعد با افزایش درجه حرارت هوای بیرون لازم است تا مقدار بیشتری از این هوا برای خشی کردن بارهای گرمای داخلی وارد ساختمان شود. بدین ترتیب کنترل کننده با باز کردن بیشتر دمپره های هوای تازه و تخلیه و بستن بیشتر دمپر هوای برگشت، سعی در کنترل درجه حرارت اتاق دارد.



شکل (۸-۱) چرخه باصرفه

در شکل (۸-۱) ترموستات هوای مخلوط $T1$ ، دمپره های هوای تازه، تخلیه و برگشت را کنترل می کند. غالباً زمانی که دمای هوای بیرون بین ۶۰-۵۰ درجه فارنهایت است به منظور حذف بارهای گرمای اتاق به ۱۰۰ درصد هوای تازه نیاز است. از این نقطه به بعد حداکثر مقدار هوای تازه وارد اتاق می شود. ولی چون این هوا نمی تواند به تنهایی بارهای گرمای اتاق را حذف کند دستگاه تبرید هم باید به کمک آن بیاید. این وضعیت ادامه می یابد تا درجه حرارت هوای بیرون به حدود ۷۵-۷۰ درجه فارنهایت برسد. در این حالت هوای بیرون دیگر نه تنها به حذف بارهای گرمای اتاق نیست بلکه با بالا رفتن بیشتر دمای آن، خود بار گرمایی خواهد شد. از این رو لازم است تا در این نقطه مقدار هوای تازه به حداقل کاهش یابد. ترموستات $T2$ ، در شکل فوق، که در هوای خارج نصب شده است این عمل را انجام می دهد و چرخه با صرفه را قطع می کند (شکل ۹-۱). از راه انداز فن به

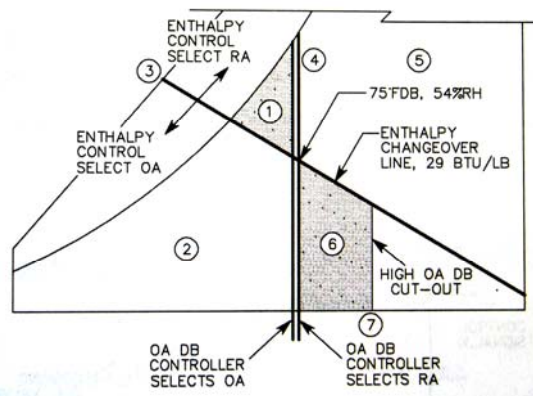
کنترل کننده چرخه با صرفه، اتصالی وجود دارد که با ازکار افتادن فن، دمپرها به حالت متعارف خود باز می گردند.



شکل (۹-۱) شرایط مختلف در چرخه با صرفه

کنترل چرخه با صرفه به چند طریق صورت می گیرد:

- ⇐ توسط درجه حرارت خشک هوای بیرون (در این حالت نقطه قطع چرخه با صرفه جایی است که این درجه حرارت تقریباً برابر با درجه حرارت هوای برگشت می شود)
- ⇐ توسط انتالپی هوای بیرون (نقطه قطع چرخه با صرفه جایی است که انتالپی هوای بیرون تقریباً با انتالپی هوای برگشت - مشخص شده از قبل - برابر می شود)
- ⇐ توسط انتالپی و درجه حرارت خشک هوای بیرون و مقایسه آن با همین مقادیر در هوای برگشت.



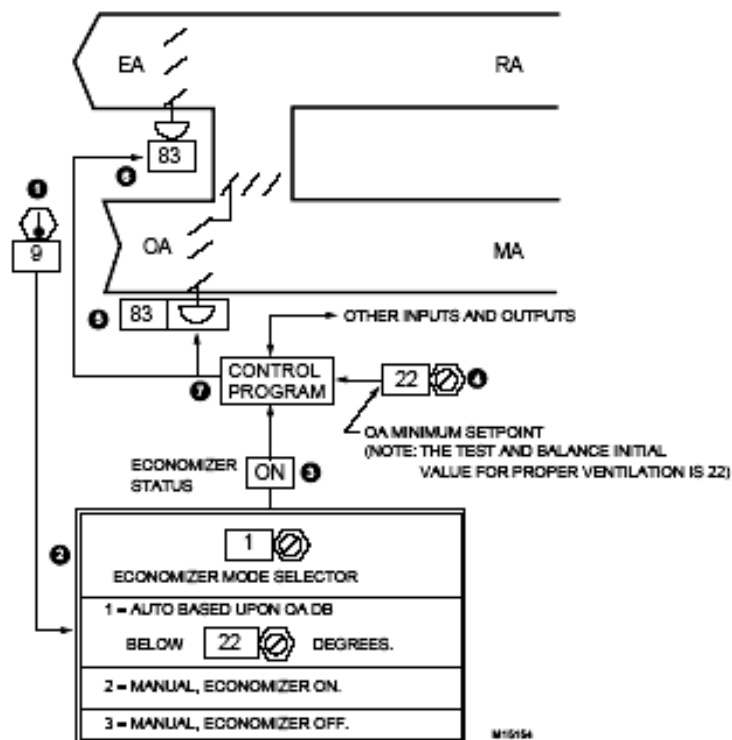
شکل (۱۰-۱) نمودار سایکرومتریک چرخه با صرفه

نگاهی کوتاه به نمودار سایکرومتریک (۱-۱۰) نشان می دهد که در حالت اول، برخی اوقات درجه حرارت خشک هوای بیرون مناسب است (کمتر از درجه حرارت خشک هوای برگشت است). ولی این هوا به سبب بالا بودن رطوبت نسبی و انرژی آن مناسب برای حذف بارهای گرمای اتاق نمی باشد (ناحیه ۱ در شکل بالا). همچنین چنانچه معیار کارکرد چرخه با صرفه، صرفاً انتالیپی هوای بیرون باشد (خط ۳ در شکل بالا، حالت دوم)، چنانچه وضعیت هوا در ناحیه ۶ شکل قرارگیرد، درجه حرارت هوای بیرون بیشتر از درجه حرارت اتاق و رطوبت و انرژی آن کمتر از هوای اتاق است. از این رو در این حالت تا جایی که درجه حرارت هوای بیرون کمتر و یا برابر با درجه حرارت حد بالایی است (نقطه ۷ در شکل)، می توان از هوای بیرون به منظور خنک کردن اتاق استفاده کرد.

چرخه با صرفه - کنترل با توجه به درجه حرارت خشک هوای بیرون

Economizer Cycle Decision-Outdoor Air Dry Bulb Control

Functional Description



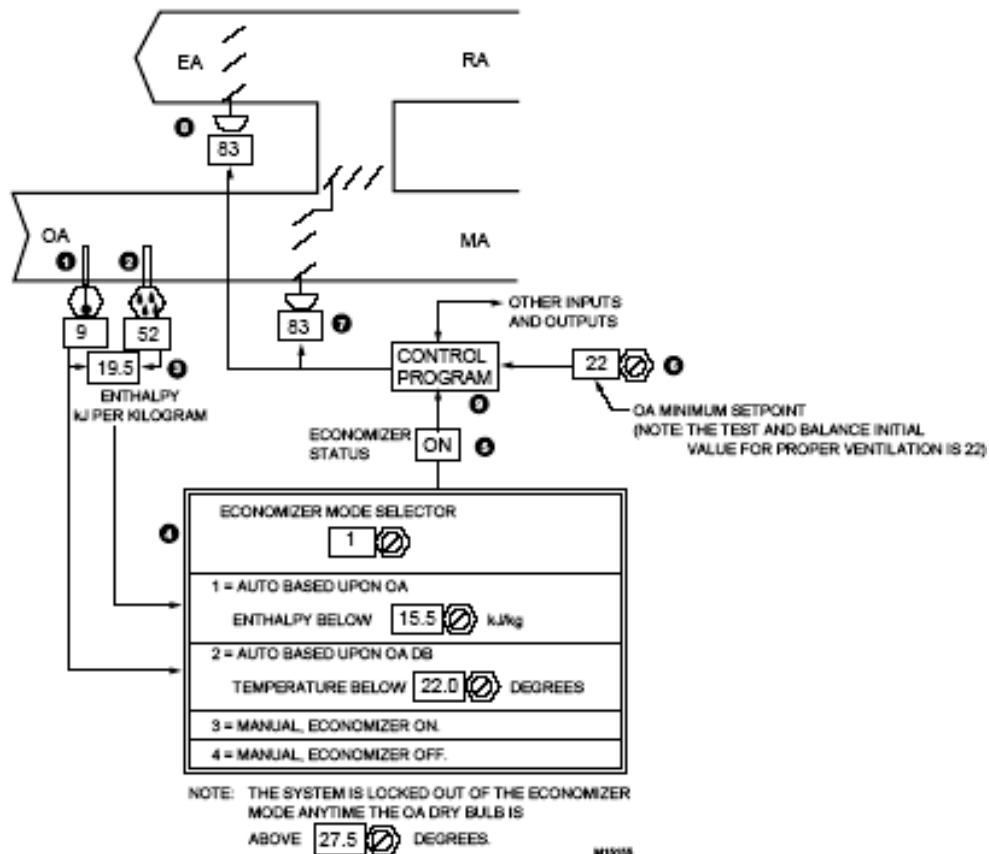
شکل (۱-۱۱) توصیف عملکردی کنترل با توجه به درجه حرارت خشک هوای بیرون

با توجه به شکل (۱-۱۱)، حسگر دمای هوای بیرون را اندازه گیری می کند. نقطه ۷ برنامه کنترل کنترل کننده را نشان می دهد و چارچوب ۲ نیز نقاط تنظیم و اطلاعات مربوط به این کنترل کننده را مشخص می کند. نقطه ۴

نشان دهنده نقطه تنظیم حداقل دمپر هوای تازه است. هر زمانکه دمای هوای بیرون پایین تر از نقطه تنظیم *Economizer* باشد جهت سرمایش بکار گرفته می شود.

چرخه با صرفه - کنترل با توجه به انتالپی هوای بیرون

Economizer Cycle Decision-Outdoor Air Enthalpy Control

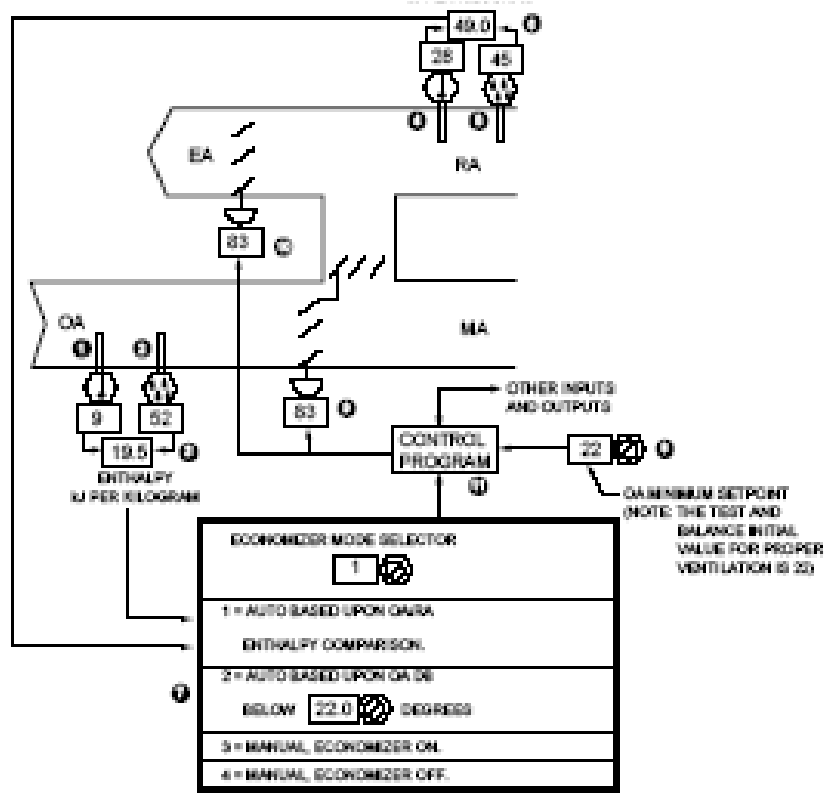


شکل (۱۲-۱) توصیف عملکردی کنترل با توجه به انتالپی هوای بیرون

در شکل بالا حسگرهای دما و رطوبت مقادیر مربوط به هوای بیرون را اندازه گیری می کنند و از روی این دو مقدار انتالپی هوای بیرون بدست می آید. نقطه ۶ نشان دهنده نقطه تنظیم حداقل دمپر هوای تازه است. نقطه ۹ برنامه کنترل کنترل کننده را نشان می دهد و چارچوب ۴ نیز نقاط تنظیم و اطلاعات مربوط به این کنترل کننده را مشخص می کند. در این سیستم هر وقت که انتالپی هوای بیرون کمتر از انتالپی نقطه تنظیم *Economizer* باشد برای سرمایش بکار می رود. انتالپی هوای بیرون شامل تمام حرارت می باشد، از اینرو نسبت به چرخه با صرفه مبتنی بر حرارت خشک در انرژی بیشتر صرفه جویی می کند.

چرخه با صرفه - مقایسه انتالپی هوای برگشت و هوای بیرون

Economizer Cycle Decision-Outdoor/Return Air Enthalpy Comparison



شکل (۱-۱۳) مقایسه انتالپی هوای برگشت و هوای بیرون

در شکل بالا حسگرهای دما و رطوبت مقادیر مربوط به هوای بیرون و نیز هوای برگشت را اندازه گیری می کنند و با توجه به آنها انتالپی هوای بیرون و هوای برگشت بدست می آیند. در این سیستم هوای بیرون هر زمان که انتالپی اش از انتالپی هوای برگشت کمتر باشد برای سرمایش استفاده می شود. از آنجا که انتالپی شامل تمام حرارت است در این روش صرفه جویی بیشتری در انرژی نسبت به چرخه های با صرفه بر اساس هوای خشک و یا انتالپی هوای بیرون خواهد شد.

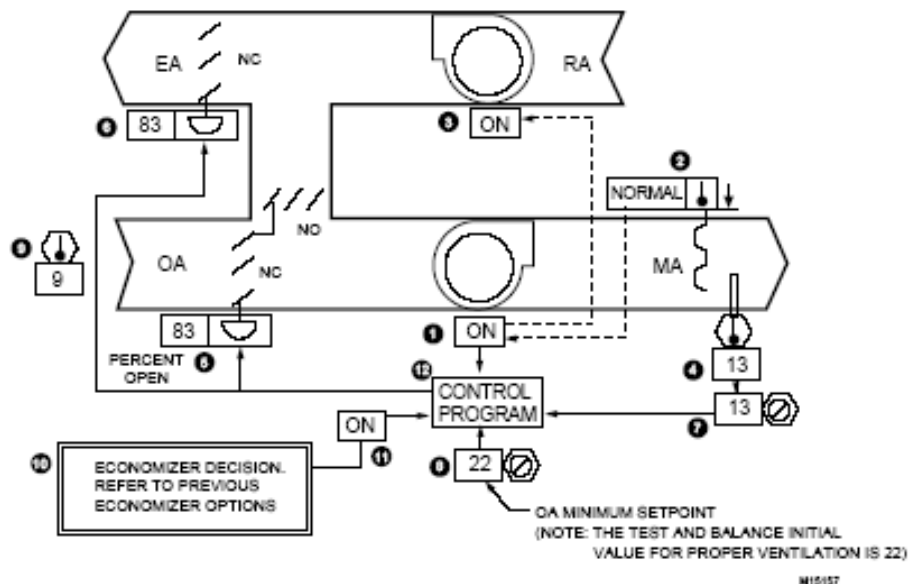
چرخه با صرفه - مقایسه دمای خشک هوای بیرون و برگشت

Economizer Cycle Decision-Outdoor/Return Air Dry Bulb Temperature Comparison

این روش شبیه مقایسه انتالپی است ولی تنها به دمای خشک توجه می کند. این طرح در سیستمهای کوچک اگر دمای هوای برگشت بطور قابل ملاحظه متغیر باشد زمانیکه دمای هوای بیرونی تقریباً بین ۱۶ تا ۲۷ درجه سانتیگراد باشد بهترین است.

Mixed Air Control with Economizer Cycle کنترل هوای مخلوط با چرخه با صرفه

Functional Description



شکل (۱-۱۴) توصیف عملکردی کنترل هوای مخلوط با چرخه با صرفه

در شکل فوق سیستم کنترل وقتیکه فن روشن می شود فعال می شود. دمای هوای مخلوط بوسیله دمپره های مخلوط کننده مهیا می شود. وقتیکه فن خاموش است، دمپر هوای بیرون و دمپر هوای تخلیه بسته میشوند و دمپر هوای برگشت باز می شود و زمانیکه فن روشن است شرایط متناظر برای کنترل دما برقرار می شود. نقطه ۷ نقطه تنظیم برای کنترل دمای هوای مخلوط است و نقطه ۸ مقدار نقطه تنظیم موقعیت دمپر برای حداقل هوای تازه می باشد. برنامه کنترلی نیز هوای مخلوط، حداقل هوای تازه و کنترل با صرفه دمپره های مخلوط کننده را هماهنگ می کند. در این سیستم نسبت مناسبی از هوای بیرون و هوای برگشت برای نگهداشتن دمای مورد نظر برای هوای مخلوط طی زمانهای کاری با صرفه اجازه ورود می یابند. همچنین یک حجم حداقلی از هوای بیرون که بوسیله

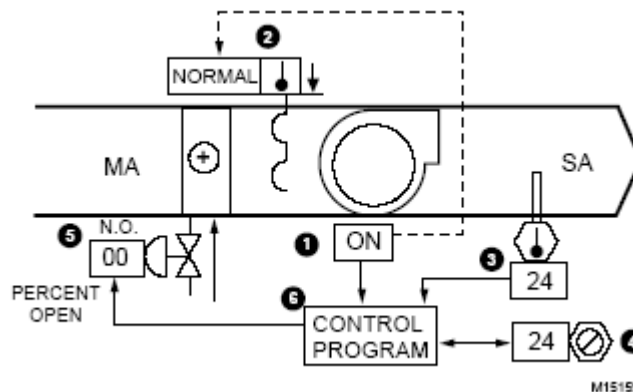
مقدار نقطه تنظیم تصحیحی نرم افزار تعیین شده در تمام زمانها بکار می رود. و زمانیکه هوای بیرون مناسب نیست برنامه *changeover* دمپر هوای بیرون را به موقعیت حداقل اش برمی گرداند.

گرمایش Heating

در تهویه مطبوع، گرمایش اغلب توسط کویل آب گرم و یا کویل بخار تامین می شود. دیگ های اصلی آب گرم و بخار در موتورخانه مرکزی استقرار دارند و آب گرم مورد نیاز را تامین می کنند. روش های دیگر تامین گرمایش استفاده از المان های الکتریکی، پمپ گرمایی و یا کوره های هوای گرم است. گرمایش می تواند به منظور کنترل دمای اتاق و یا کنترل رطوبت به صورت پیش گرمایش هوای تازه یا هوای مخلوط، گرمایش متعارف و یا پس گرمایش صورت گیرد. هر یک از این مراحل، حلقه کنترل مربوط به خود را دارد.

کنترل گرمایش Heating Control

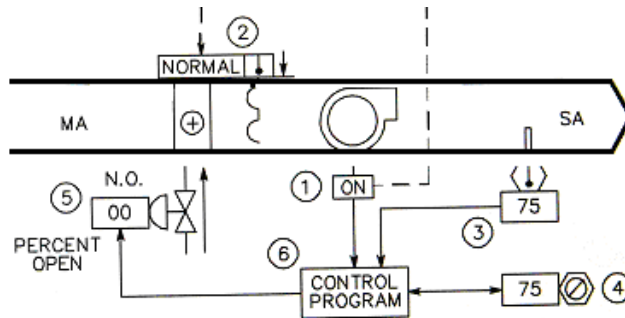
کنترل از طریق هوای مهیا شده (SA)



شکل (۱-۱۵) توصیف عملکردی کنترل از طریق هوای مهیا شده

شیر کنترل معمولاً باز کویل گرمایش که در کانال هواساز پس از جعبه مخلوط قرار گرفته است توسط درجه حرارت هوای ورودی به اتاق (SA) کنترل می شود.

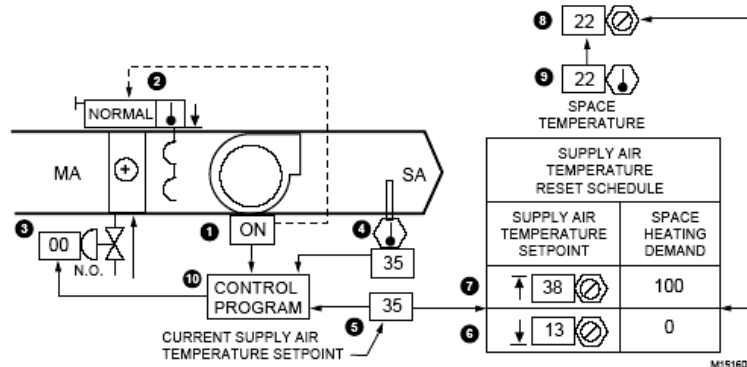
شیر کویل گرمایش از نوع معمولاً باز تدریجی است. بدین صورت چنانچه برق یا هوای فشرده به محرک آن قطع شود، شیر کنترل کویل باز می ماند و از یخ زدن آن جلوگیری می کند. ولی در صورت خاموش شدن هواساز (فن) این شیر هم بسته می شود. شکل (۱-۱۶)



شکل (۱-۱۶) کنترل گرمایش

کنترل از محیط توسط بازنشان (*Reset*) کردن دمای هوای ورودی (*SA*)

Functional Description

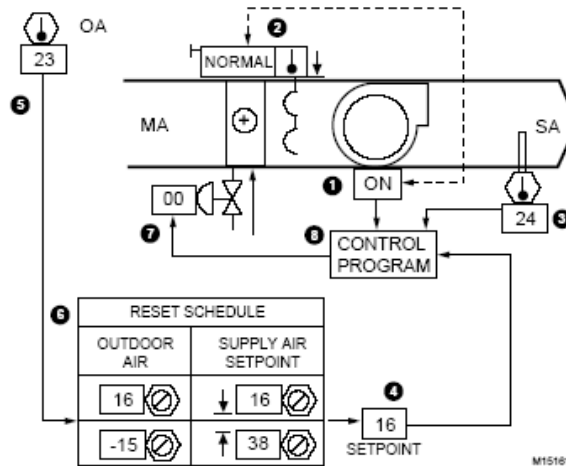


شکل (۱-۱۷) توصیف عملکردی کنترل گرمایش از محیط

در این حالت نیاز به گرمایش در اتاق که توسط انحراف درجه حرارت اتاق از نقطه تنظیم مشخص می شود، درجه حرارت هوای ورودی به اتاق (*SA*) را بازنشان می کند. شکل (۱-۱۷) نقاط بازنشان یعنی ۵۵ و ۱۰۰ درجه فارنهایت در جدول توسط برنامه نرم افزار کنترل کننده قابل تنظیم اند.

بازنشان دمای هوای ورودی با توجه به دمای هوای بیرون

Outdoor Air Temperature Reset of Supply Air Temperature

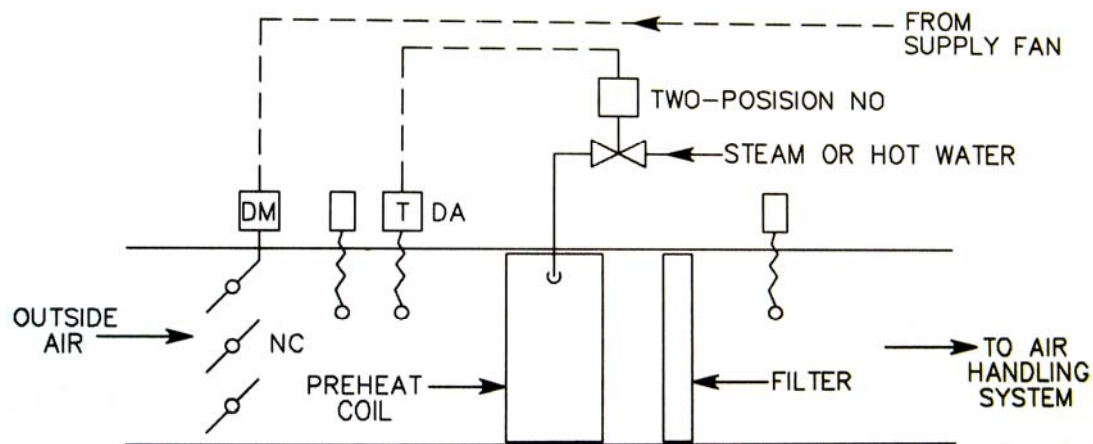


شکل (۱-۱۸) توصیف عملکردی بازنشان دمای هوای ورودی با توجه به دمای هوای بیرون

در این حالت یک جدول بازنشان دمای هوای ورودی به اتاق را در مقایسه با درجه حرارت هوای بیرون بازنشان می کند. جدول مستقیماً توسط برنامه نرم افزاری کنترل کننده به کنترل کننده داده می شود. شکل (۱-۱۸)

Preheating پیش گرمایش

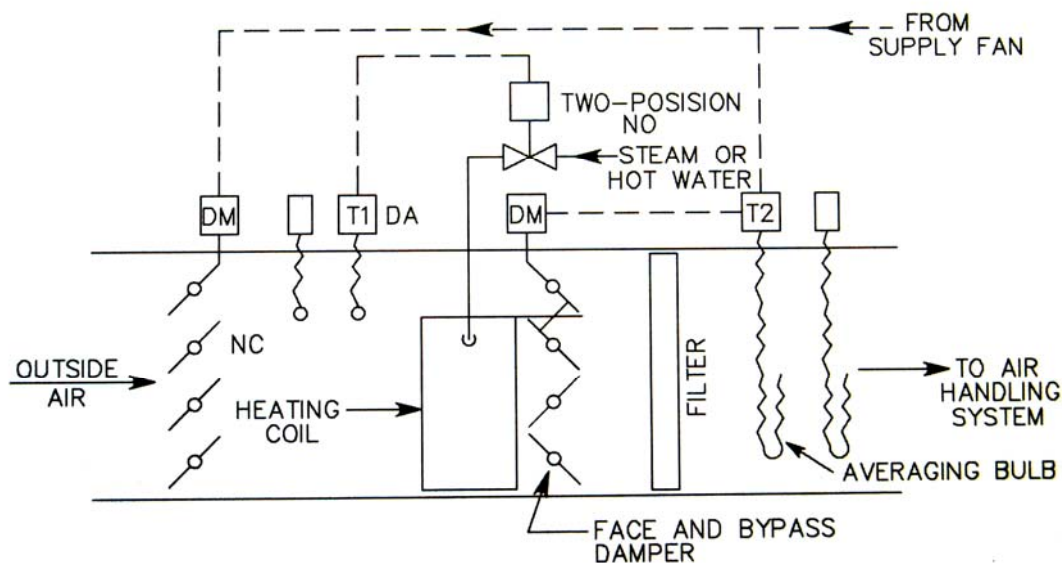
در هوا سازهایی که مقدار زیادی هوای تازه با درجه حرارت پایین وارد آنها می شود، به نحوی که امکان یخ زدن کویل های داخل هوا ساز وجود دارد، اغلب از کویل پیش گرمایش استفاده می شود. در هوا سازهای چند زونه (*multi zone*) و یا دو کاناله (*double duct*) چنانچه درجه حرارت هوای سرد بیرون بسیار کم باشد، لازم است تا آن را به حدود درجه حرارت طراحی پلنوم سرد رسانید. در این جا نیز از کویل پیش گرمایش استفاده می شود. یکی از مسایل مهم کویل های پیش گرمایش، ممانعت از یخ زدن خود آنها است که باید در سیستم کنترل آنها رعایت شود. شکل (1-19) یک کویل پیش گرمایش ساده را نشان می دهد.



شکل (۱-۱۹) کویل پیش گرمایش

در این شکل کویل پیش گرمایش دارای یک شیر دو حالتی است که به توسط ترموستات هوای بیرون عمل می کند. زمانی که درجه حرارت هوای بیرون کمتر از ۳۵ درجه فارنهایت شد: شیر باز می شود و به آب گرم یا بخار اجازه می دهد تا از کویل عبور کند و هوای عبوری از آن را گرم کند. کنترل فوق یک کنترل حلقه باز است (از جایی پس خوراند ندارد) از این رو ظرفیت کویل باید طوری انتخاب شود که درجه حرارت هوای خروجی از آن خیلی گرم نشود و در محدوده مورد نظر باشد. یکی از مسایل مربوط به کویل پیش گرمایش اندازه آن است. بسیار اتفاق می افتد که چنانچه بخواهیم ابعاد کویل پیش گرمایش متناسب با ابعاد هوا ساز باشد: سرعت جریان آب در کویل کاهش می یابد. این امر خود می تواند باعث یخ زدن کویل شود. از این رو یکی از راه حل های این مشکل استفاده از کویل پیش گرمایش همراه با دمپرهای رخ و کنار گذر در هوا ساز است. در این حالت می توان ابعاد کویل را کوچکتر انتخاب کرد و سرعت جریان آب گرم درون آن را بالا برد.

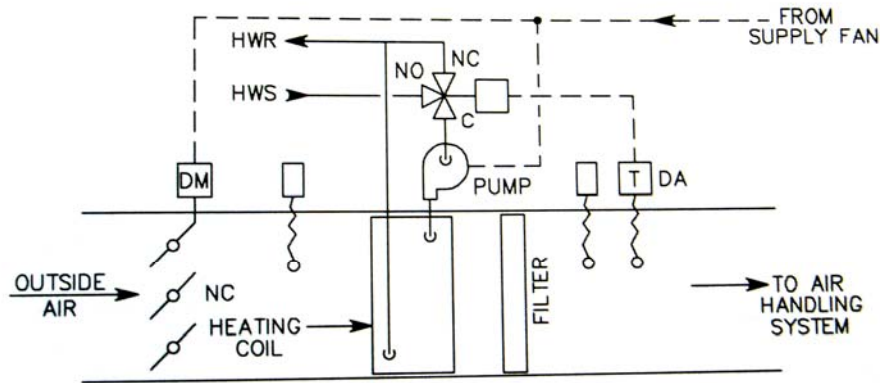
در شکل (۱-۲۰) ترموستات T_2 ، درجه حرارت مخلوط هوای خروجی از کویل پیش گرمایش و دمپر کنارگذر را کنترل می کند و دمپرهای رخ و کنارگذر را طوری تغییر حالت می دهد که این درجه حرارت ثابت بماند. مشکل این راه حل مخلوط کردن مناسب دو هواست، در غیر این صورت هوای سرد در بالای کانال و هوای گرم شده در پایین کانال حرکت خواهند کرد. بدین ترتیب کویل های پایین دست می توانند در هوای سرد زمستانی یخ بزنند.



شکل (۱-۲۰) جلوگیری از یخ زدن کویل پیش گرمایش

ترموستات $T1$ ، مثل حالت قبل دمای هوای بیرون را اندازه می گیرد و چنانچه این دما کمتر از مقدار معینی شد شیر کویل را کاملا باز می کند. کویل پیش گرمایش در این حالت باید همواره در پایین کانال استقرار یابد. جهت دمپره های رخ و کنارگذر هم باید مناسب انتخاب شود تا بتوانند دو هوا را با هم به درستی مخلوط کنند. چنانچه نتوان مخلوط مناسبی از دو هوا به دست آورد و یا به دلیلی نخواهیم از طرح فوق استفاده کنیم، راه حل دیگر استفاده از یک کویل بزرگ با ابعاد هواساز همراه با پمپ سیرکولاسیون برای کویل است. در این حالت، سرعت آب در کویل را می توان به میزان دلخواه در نظر گرفت و باعث جلوگیری از یخ زدگی کویل شد. در عین حال دمپره های رخ و کنارگذر هم در این طرح وجود ندارد و مساله مخلوط کردن دو هوا طبعا در آن منتفی است.

در شکل (۱-۲۱) ترموستات T یا کنترل کننده درجه حرارت، به صورت تدریجی شیر کویل پیش گرمایش را کنترل می کند. درجه حرارت T روی مقدار مورد نظر تنظیم می شود. بدین ترتیب با سرد شدن هوا، شیر کنترل کویل بیشتر باز می شود تا دمای مورد نظر را تامین کند. چنانچه دمای هوای خروجی از کویل بخواهد بالاتر از درجه حرارت تنظیم شده برود، شیر کاملا بسته می شود. حسگر حد پایین در مدار مستقر می شود تا چنانچه به هر دلیل دما پایین رود (پمپ از کار بیفتد و یا آب گرم در جریان نباشد) دمپر هوای تازه را بسته و فن هواده را خاموش کند. پمپ سیرکولاسیون کمک می کند تا همواره مقدار جریان ثابتی از کویل پیش گرمایش عبور کند.



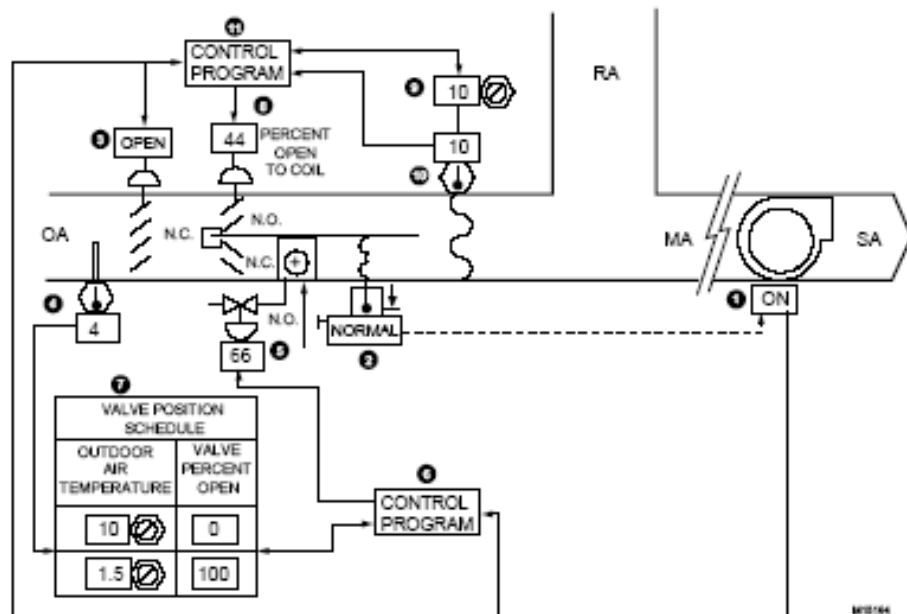
شکل (۱-۲۱) استفاده از پمپ برای جلوگیری از یخ زدن کویل پیش گرمایش

کنترل پیش گرمایش *Preheating Control*

پیش گرمایش اغلب زمانی ضروری است که حجم زیادی از هوای بیرون با دمای پایین باید بوسیله سیستم مناسب شود.

کنترل پیش گرمایش از طریق دمپرها و کنارگذر

Preheat Control with Face and Bypass Dampers



شکل (۱-۲۲) توصیف عملکردی کنترل پیش گرمایش از طریق دمپرها و کنارگذر

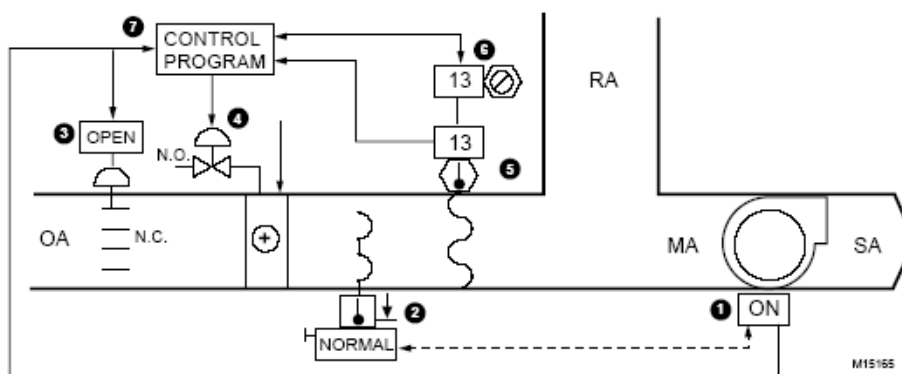
در این حالت کویل گرمایش، هوای سرد بیرون را گرم می کند. درصد باز بودن شیر این کویل توسط دمای هوای بیرون *Reset* می شود. دمپر کنارگذر نیز درجه حرارت هوای خروجی از قسمت کویل و کنارگذر را کنترل می کند (شکل ۲۲-۱).

بدین صورت کویل گرمایش با ظرفیت کامل کار می کند و از یخ زدن آن جلوگیری می شود. به هنگام خاموش شدن فن، چنانچه دمای بیرون کم باشد و امکان یخ زدن کویل وجود داشته باشد، شیر کویل گرمایش اجازه می دهد که دمای هوای خروجی از آن به ۱۰۰ درجه فارنهایت برسد. در صورتی که امکان یخ زدن وجود نداشته باشد این شیر هم بسته می شود.

به منظور درست عمل کردن سیستم فوق، کویل پیش گرمایش لازم است تا دمای هوای بیرون را زیاد گرم نکند و مثلاً به ۵۰ درجه فارنهایت برساند. همچنین لازم است تا از حسگرهایی که میانگین دمای هوا را اندازه می گیرند استفاده شود. و بالاخره این که باید مطمئن شد که هوای عبوری از کویل پیش گرمایش به درستی با هوای عبوری از دمپر کنارگذر مخلوط می شود. در شکل فوق:

نقاط ۱ و ۲، فن را به راه می اندازد. به هنگام شروع کار فن و یا کمی قبل از آن دمپر هوای تازه (۳) به مقدار حداقل خود باز می شود. حسگر دمای هوای بیرون (۴) درصد باز بودن شیر کویل پیش گرمایش (۵) را مطابق جدول ۷ (*Reset*) می کند. برنامه کنترل (۶) هماهنگی لازم بین فن و شیر کنترل را به وجود می آورد. دمپرهای رخ و کنارگذر (۸) توسط دمای هوای خروجی سیستم (۱۰) کنترل می شود. برنامه کنترل (۱۱) کلیه این فرآیندها را هماهنگ می کند.

کنترل از طریق هوای خروجی پیش گرمایش *Control from preheat Leaving Air*



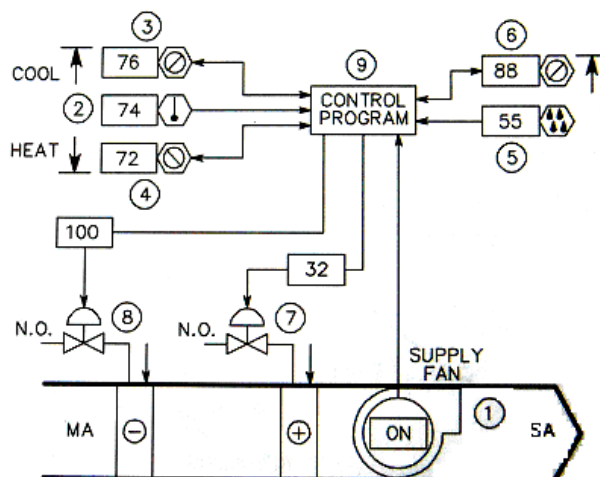
شکل (۲۳-۱) توصیف عملکردی کنترل از طریق هوای خروجی پیش گرمایش

در شکل فوق سیستم کنترل زمانیکه فن روشن می شود فعال می شود و دمپر هوای بیرون با روشن شدن فن فعال و با خاموش شدن فن بسته می شود. شیر گرمایش نیز برای نگهداشتن نقطه تنظیم دمای هوای خروجی از کویل حرارتی بکار می رود.

یک کویل پیش گرمایش حجم زیادی از هوای بیرون با دمای پایین را قبل از ورود آن به سیستم پالایش می کند. در این سیستم حجم ثابتی از هوای بیرون برای تهویه هر زمان که فن روشن است بکار می رود.

کنترل رطوبت *Humidity Control*

مقدار رطوبت اتاق از طریق حسگر رطوبت که یا در اتاق و یا در کانال برگشت هواساز قرار داده می شود اندازه گیری می شود. اغلب فرآیندهای آسایش در تابستان ها به ویژه در مناطقی که رطوبت هوای آن قدری زیاد است، به نوعی رطوبت زدایی نیاز دارند. مقدار رطوبت زدایی به درجه حرارت موثر سطح کویل یا *ADP* آن بستگی دارد. از جانب دیگر پایین رفتن درجه حرارت مایع مبرد و امکان یخ زدن آن، محدودیت دیگری را بر مساله رطوبت زدایی به توسط کویل سرمایش اعمال می کند. برای کویل های آب سرد می توان درجه حرارت موثر سطح کویل (*ADP*) را تا حدود ۴۰ درجه فارنهایت پایین آورد. در این حالت چنانچه شرایط آسایش مد نظر باشد (دمای اتاق حدود ۷۵ درجه فارنهایت) رطوبت اتاق را می توان تا ۳۰ درصد کاهش داد. چنانچه در فرآیند های تولیدی و صنعتی و یا جاهای دیگر نیاز به کاهش بیشتر رطوبت باشد باید از رطوبت زدهای شیمیایی استفاده کرد. به هنگام رطوبت زدایی متعارف، چنانچه کنترل رطوبت اتاق مد نظر باشد از دو حسگر دما و رطوبت در اتاق استفاده می شود. از دو حسگر فوق، دو سیگنال به کنترل کننده *DDC* می رسد. کنترل کننده، هر یک از دو سیگنال را که بیشتر بود انتخاب کرده کنترل را بر اساس آن انجام می دهد. بدین معنی که چنانچه رطوبت اتاق از حد معینی زیادتر شود حسگر رطوبت عملکرد متعارف کنترل کننده را تغییر داده و شیر کنترل کویل سرمایش را کاملا باز می کند تا رطوبت زدایی کامل انجام شود. این امر می تواند باعث کاهش درجه حرارت اتاق شود که در این صورت ترموستات مستقر در اتاق، شیر کویل پس گرمایش را قدری باز می کند تا هوای سرد خروجی از کویل سرمایش کمی گرم شده و مناسب برای ورود به اتاق گردد (شکل ۲۴-۱). چنانچه در این چرخه از یک رطوبت زن هم استفاده شود، فرآیند به نام "چرخه درجه حرارت و رطوبت ثابت" نامیده می شود. در این حالت چنانچه هوای اتاق نیاز به رطوبت داشته باشد از طریق رطوبت زن، رطوبت آن افزایش می یابد.



شکل (۱-۲۴) کنترل رطوبت

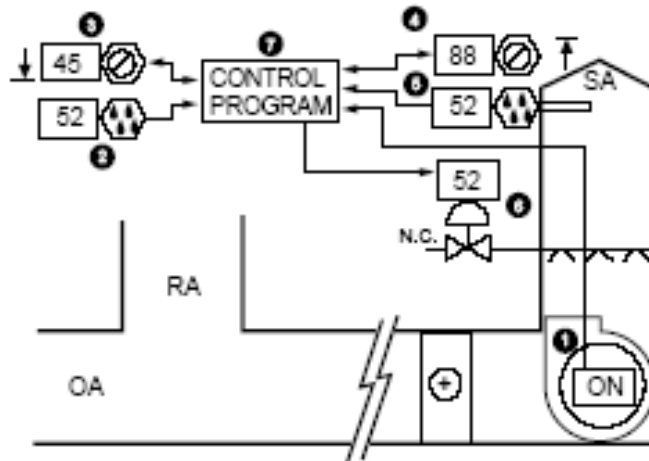
از کویل های سرمایش همراه با پاشش آب سرد نیز برای رطوبت زدایی استفاده می شود ولی هزینه راهبری و تعمیر و نگهداری این سیستم زیادتر از حالت های متعارف است و امروزه کمتر از آنها استفاده می شود. در شکل فوق حسگر رطوبت اتاق (۵ و ۶) و حسگر دمای اتاق (۲, ۳ و ۴) ورودی های کنترل کننده هستند، کنترل کننده نیز به نوبه خود شیر های کنترل آب سرد و آب گرم را مطابق روش بالا کنترل می کند.

رطوبت زنی *Humidification*

اغلب در زمستان ها به سبب خشک بودن هوای بیرون در فرآیند های آسایش نیاز به نوعی رطوبت زنی می باشد. رطوبت زنی به هوا می تواند به چند طریق صورت گیرد:

- ☞ استفاده از تشتک آب (که اغلب آب آن گرم می شود) و عبور هوا از روی آن
- ☞ استفاده از بخار آب خالص و پخش آن در هوای مورد نظر
- ☞ پودر کردن آب و پخش آن در هوای مورد نظر

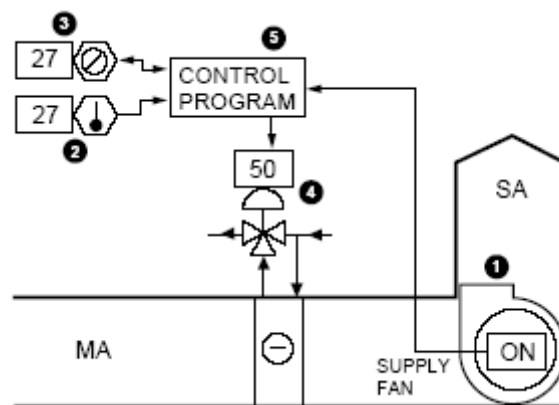
در هر سه حالت از یک حسگر رطوبت و کنترل کننده حد بالا در کانال هوای خروجی از رطوبت زن استفاده می شود، تا چنانچه مقدار رطوبت در کانال از حد معینی فراتر رفت رطوبت زن را قطع کند. غالباً به منظور جذب بهتر رطوبت به توسط هوای عبوری، رطوبت زن بعد از کویل گرمایش قرار داده می شود. شکل (۱-۲۵) یک رطوبت زن را در سیستم کنترل *DDC* نشان می دهد.



شکل (۱-۲۵) فرآیند رطوبت زنی

نقاط ۲ و ۳، حسگر رطوبت و نقطه تنظیم آن در اتاق هستند. این حسگر، سیگنال های خود را به کنترل کننده ۷ ارسال می دارد. کنترل کننده نیز با تغییر وضعیت شیر کنترل رطوبت زن به صورت تدریجی، سعی در کنترل رطوبت اتاق دارد. نقاط ۴ و ۵، حسگر رطوبت و نقطه تنظیم حد بالا در کانال هستند که در صورت افزایش رطوبت کانال به کنترل کننده فرمان داده شیر رطوبت زن را می بندد. به هنگام قطع برق، رطوبت زن قطع می شود (شیر آن از انواع معمولاً بسته (NC) است)

کنترل سرمایش Cooling Control



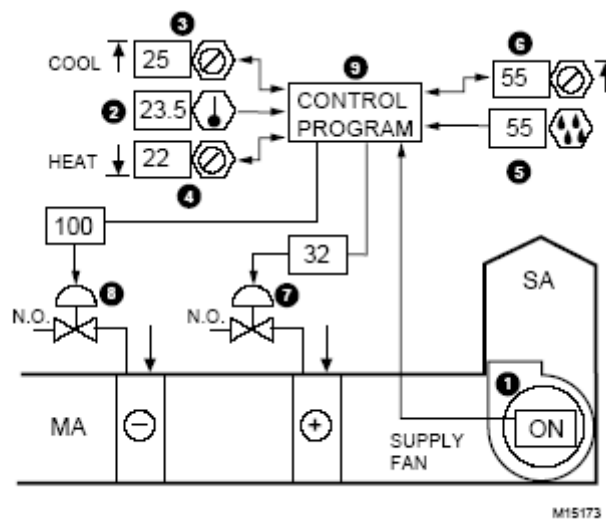
شکل (۱-۲۶) فرآیند کنترل سرمایش

در این سیستم زمانی که فن روشن می شود سیستم کنترل فعال می شود. کنترل PID دمای محیط، شیر سه راهه را برای حفظ دمای محیط تحت نظر می گیرد. شیر آب سرد جریان را از میان یا اطراف کویل که مورد نیاز است برای

فراهم کردن مقدار مناسب سرما جاری می کند. آب سرد شده تحت یک دمای ثابت و حجم متغیر به کویل داده می شود و یک جریان ثابت معین از میان سیستم لوله کشی داخلی حفظ می شود.

کنترل رطوبت زدایی *Dehumidification Control*

کنترل سیستم کویل آب یا انبساط مستقیم *Direct Expansion or Water Coil System Control*



شکل (۱-۲۷) فرآیند کنترل رطوبت زدایی

اجزا

(۱) سیستم کنترل زمانیکه فن روشن می شود فعال می شود.

(۲-۴) حلقه های کنترلی *PI* دمای محیط *set point* های گرما و سرما را با یک ناحیه مرده دارند.

(۵-۶) حسگر و *set point* های رطوبت هوا رطوبت زدایی را فعال می کند.

(۷-۸) موقعیت شیرهای سرد و گرم برای سیکل های گرمایش، سرمایش و رطوبت زدایی. زمانیکه فن

خاموش است شیرها بسته می شوند.

(۹) برنامه کنترلی سرمایش، گرمایش، رطوبت زدایی و فن و کنترل ایتتراک آب داغ را هماهنگ می کند.

کنترل چیلرها *Chillers Control*

کنترل پایه چیلرها از یک حسگر دما که در آب رفت و یا آب برگشت اوپراتور چیلرها قرار داده می شود تشکیل شده است. این حسگر به کنترل کننده ای که ظرفیت چیلر را از طرق مختلف کنترل می کند فرمان می دهد.

کنترل های ایمنی *Safety Controls*

زمانی که شرایط ناایمن بوجود آید، کنترل های ایمنی باید عمل کرده کمپرسور را خاموش کنند. کنترل های ایمنی می توانند *Reset* دستی یا *Reset* اتوماتیک داشته باشند. این کنترل ها عبارتند از:

- ↩ کنترل فشار بالای کندانس
- ↩ کنترل فشار پایین مبرد یا دمای مبرد
- ↩ کنترل دمای بالای موتور
- ↩ کنترل اضافه بار موتور
- ↩ کنترل فشار پایین روغن
- ↩ کنترل دمای پایین تشتک روغن
- ↩ کنترل دمای بالای تشتک روغن
- ↩ اینترلاک جریان آب سرد چیلر
- ↩ اینترلاک جریان آب کندانسور

این کنترل ها همگی از نوع دو حالت (روشن، خاموش) هستند.

ارتباط چیلر با سیستم مدیریت و کنترل مرکزی ساختمان (*BMS*)

اغلب چیلرها همراه با کنترل کننده های *DDC* ساخته و تحویل می گردند. *BMCS* ها معمولا کنترل پمپ های آب چیلر، فن های برج خنک کن، سیستم کنترل چیلر (عملکرد خاموش یا اتوماتیک)، نقطه تنظیم دمای آب سرد چیلر و در برخی موارد نقطه تنظیم مقدار بار حداکثر را بر عهده دارند.

موتورخانه مرکزی سرمایش

در این موتورخانه آب سرد برای توزیع در مدار و از آن جا به ساختمان یا ساختمانها تولید می شود. موتورخانه سرمایش غالبا شامل یک یا چند چیلر است. چیلرها ممکن است از یک نوع و یک ظرفیت یا از یک نوع و چند ظرفیت و دست آخر از چند نوع و در چند ظرفیت انتخاب شوند. انرژی و سوخت مصرفی موتورخانه می تواند انرژی الکتریکی، گاز یا گازوییل باشد. یکی از مسایل مهم در موتورخانه های سرمایش، بهینه سازی مصرف انرژی

از طریق توالی درست کارکرد چیلرها و استراتژی درست کارکرد برج های خنک کن و هماهنگی آنها با چیلرهاست. برنامه کنترل باید بصورت دینامیک در هر لحظه کلیه پارامترها را اندازه گیری کند، آن ها را در الگوریتم مربوطه قرار دهد و بر اساس نتیجه بدست آمده چیلرهایی را وارد مدار کند و یا از مدار خارج سازد. این برنامه همچنین باید کارکرد برج های خنک کن را مد نظر قرار دهد و از طریق کنترل دور فن ها، دمای آب خروجی از برج ها را اندازه گیری کرده، فن ها را همراه با پمپ هایشان از مدار خارج و یا به مدار وارد کند. چنانچه چیلرها از محدوده کارکرد مناسب خارج شدند، کنترل های ایمنی باید اصلاحات لازم را انجام دهند و در صورت ادامه کارکرد نامناسب چیلر، آن را از کار انداخته، اعلام هشدار نمایند.

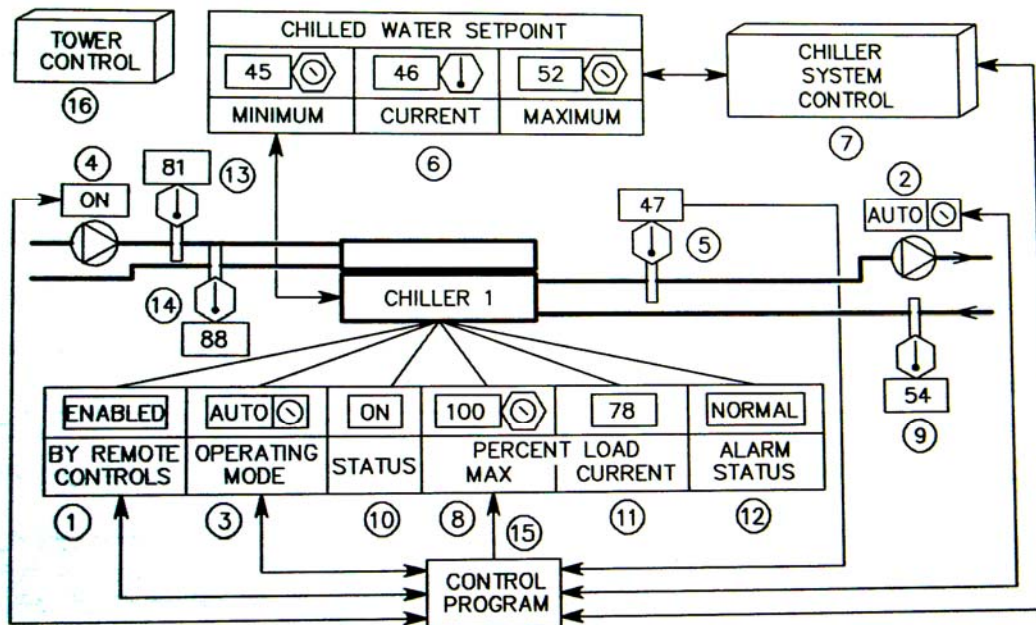
استراتژی متعارف بهینه سازی کامل سیستم سرمایش را می توان در چند نکته زیر بیان کرد:

- ↪ دمای آب سرد خروجی از چیلرها باید به میزانی باشد که مصرف انرژی چیلرها و پمپ ها، در حالی که بار و رطوبت زدایی را پاسخ گو هستند، به حداقل کاهش یابد.
- ↪ در موتورخانه هایی با چند چیلر، چیلرها باید به قسمی وارد مدار شوند که در ضمن حذف بارها، هزینه های راهبری را به حداقل برسانند. از این رو استراتژی کنترل باید تأثیرات فشار هد مبرد و منحنی های راندمان چیلر را در نظر بگیرد.
- ↪ چیلرها در حین کار از گرمای حاصل از کندانسور خود برای فضاهایی که نیاز به گرمایش دارند استفاده کنند.
- ↪ از ذخیره سازی گرمایی استفاده شود. این کار می تواند باعث کاهش اندازه چیلرها گردد.

کنترل DDC یک مدار سرمایش با یک چیلر سانتریفیوژ

در شکل نقطه ۱ زمانی را که چیلر از طریق سیستم هواساز به عمل فراخوانده می شود، مشخص می کند. نقطه ۲ وضعیت پمپ چیلر را که بصورت روشن-خاموش-اتوماتیک است را نشان می دهد. در حالت اتوماتیک پمپ زمانی شروع به کار می کند که سیستم هواساز آنرا خواسته باشد. نقطه ۳ حالت روشن-خاموش-اتوماتیک است، چنانچه کلید روی روشن یا اتوماتیک باشد، جریان آب سرد از چیلر عبور می کند و چیلر هم باید روشن باشد. نقطه ۴ وضعیت پمپ کندانسور را نشان می دهد. زمانی که آب سرد مورد نیاز است، پمپ توسط کنترل های چیلر شروع به کار می کند. نقاط ۵ و ۶ حسگر دمای آب سرد خروجی از چیلر و نقطه تنظیم آنرا نشان می دهند. نقطه ۷ آیکن انتخاب کنترل دینامیک چیلر، در صورت کلیک کردن روی این آیکن صفحه نمایش مربوط به کنترل مرکزی چیلر باز می شود. نقطه ۸ عملکردهای مربوط به محدود کردن بار در سیستم *BMCS* است. نقاط ۹ تا ۱۴

اطلاعات مورد نیاز راهبر می باشند. برنامه کنترل ، هماهنگی های لازم برای کنترل چیلر را انجام می دهد. نقطه ۱۶
 آیکن انتخاب صفحه نمایش کنترل برج خنک کن است.



شکل (۱-۲۸) کنترل سرمایش با چیلر