بسم الله الرحمن الرحيم

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

عملکرد، نگهداری و بهینه‌سازی سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

نشریه شماره ۱۷۲

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۷۷/۰۰/۱۲

۱۳۷۷

فهرستبرگه

مانگر، سموئل، ۱۹٤٦ - Monger, Samuel C.

عملکرد، نگهداری و بهینه‌سازی سیستمهای گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع / [ساموئل مانگر؛ ترجمه حشمت الله منصف].- تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۷.

٥٦٠ص.: مصور، جدول، نمودار.- (سازمان برنامه و بودجه، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ ۱۷۲).

بها: ٤٠٠٠٠ ریال

ISBN 964-425-061-3

عنوان اصلی: HVAC Systems: operation, Maintenance & Optimization.

تهیه شده برای: سازمان برنامه وبودجه، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱. گرمایش - ابزار و وسایل - نگهداری و تعمیر. ۲. تهویه - ابزار و وسایل - نگهداری و تعمیر. ۳. تهویه مطبوع - ابزار و وسایل - نگهداری و تعمیر. ٤. کارایی مکانیکی. الف. منصف، حشمت الله، ۱۳۰٤ - ، مترجم. ب. سازمان برنامه و بودجه. دفتر امور فنی و تدوین معیارها. ج. سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. د. عنوان.

TH ۷۰۱۵/م۲ع۸ ۶۹۷
۱۳۷۷

کتابخانه ملی ایران ۷۱٦-۷۷م

شابک ۳-۰٦۱-۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-061-3

عملکرد، نگهداری وبهینه‌سازی سیستمهای گرمایی، تعویض هواو تهویه مطبوع
تهیه شده در: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

چاپ اول: ۲۰۰۰ نسخه، ۱۳۷۷

قیمت: ٤٠٠٠٠ ریال

چاپ و صحافی: مؤسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

بسمه تعالی

پیشگفتار

آزمایش ، تنظیم و متعادل سازی اجزای مختلف سیستمهای تاسیسات گرمایی ، تعویض هواو تهویه مطبوع ، (Testing , Adjusting and Balancing = TAB) ، را شاید بتوان مهمترین حلقه در زنجیره طراحی ، اجرا ، تحویل، بهره برداری و نگهداری محسوب نمود . چه ، تنها پس از انجام کار دراین مرحله است که مقایسه عملکرد سیستم با اهداف طراحی ممکن میگردد.

کار " آزمایش ، تنظیم و متعادل سازی " تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع هنوز در کشورما ناشناخته است ، که امیدواریم در راستای اهداف نظام فنی و اجرایی کشور، تهیه و تدوین ضوابط و دستورالعملهای آن هر چه زودتر تحقق یابد.

کتاب حاضر ، بعنوان کوششی در راه معرفی و شناخت مراحل کار " آزمایش ، تنظیم و متعادل سازی " تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع و بهینه سازی آن ، ترجمه ای از کتاب

HVAC SYSTEMS (OPERATING, MAINTENANCE & OPTIMIZING)

می باشد که در شرکت خانه سازی ایران ، توسط آقای مهندس حشمت اله منصف ، انجام شده است .

در ترجمه کتاب از انگلیسی به فارسی ، تنظیم مطالب ، شکلها، پیوست ها، و حروف چینی با کامپیوتر، گروهی از کارشناسان همکاری داشته اند که جا دارد از آقایان هنری ملکمی ، سیدعلی طاهری ، فرزین جوکار و خانم فاطمه مهدوی صمیمانه سپاسگزاری شود.

انتظار دارد با ارسال نظریات اصلاحی برای بهبود کیفی در چاپهای بعدی ، این دفتر را یاری فرمایند.

دفتر امور فنی و تدوین معیارها

زمستان ۱۳۷۶

بسمه تعالی

درباره این کتاب

کتاب " SAMUEL MONGER " ، که ترجمه فارسی آن را دردست دارید ، کوششی است درباره شناخت مراحل کار آزمایش ، تنظیم و متعادل سازی اجزای گوناگون سیستم های تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا وتهویه مطبوع و بهینه سازی آن ، نسخه انگلیسی کتاب توسط " PRENTICE - HALL INC. " در سال ۱۹۹۲ منتشر شده است . کتاب ، با سفارش سازمان برنامه و بودجه ، در شرکت خانه سازی ایران به فارسی ترجمه ، تنظیم و آماده چاپ شده است.

کار " آزمایش ، تنظیم و متعادل سازی " تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع (HVAC) در کشور ما هنوز شناخته نیست . در کشورهای صنعتی هم تازه است و مبانی نظری و عملی آن دریکی دو دهه اخیر به صورت " TESTING,ADJUSTING,BALANCING " و مختصر شده آن " TAB " ، تنظیم و تدوین و از طرف مراجع معتبر علمی و فنی منتشر شده است ، از جمله می توان مدارک زیر را نام برد:

۱- از موسسه NEBB:

(NATIONAL ENVIRONMENTAL BALANCING BUREAU)

- PROCEDURAL STANDARDS FOR TESTINC,ADJUSTING,BALANCING-1991
- TESTING,ADJUSTING,BALANCING MANUAL FOR TECHNICIANS-1997

۲- از موسسه ASHRAE:

- PRACTICES FOR MEASURMENT, TESTING,ADJUSTING AND BALANCING. ANCI/ASHRAE 111-1988

۳- از موسسه SMACNA:

- HVAC SYSTEMS - TESTING, ADJUSTING AND BALANCING-1993

وقتی کارلوله کشی و کانال کشی در کارگاه تمام میشود ودستگاهها" نصب " و در حدود " عرف" راه اندازی میگردد ، پیمانکار و دستگاه نظارت معمولاً کار را آمـــاده " تحویل " می دانند . ولی در واقع کار تمام نشده و آماده تحویل نیست و کار پیچیده ، گسترده و طولانی دیگری باقی مانده است تا درستی عمل کرد (PERFORMANCE) دستگاهها و سیستم ها با آن چه در طرح پیـــش بینی شده ، مقایسه و یک بـــه یک " آزمایش ، تنظیم ، متعادل " و باحضور کارشناسان ، گواهی شود.

این بخش از کار ، از نظر تامین شرایط آسایش در فضاهای ساختمان ، ضروری و از نظر اقتصادی ، سود آور است زیرا عمر مفید تاسیسات را افزایش می دهد و موجب صرفه جویی در مصرف انرژی میگردد. به این جهت باید بهای آن نیز پرداخت شود . کار " آزمایش ، تنظیم و متعادل سازی " کاری جدا و متفاوت از کار " تحویل " یا کار "نگهداری " است و نیروی انسانی ماهر، ابزار تست و سطح تـخصص بالایـی را می طلبد و هزینه قابل توجهی را به کارگاه تحمیل می کند ولی انجام آن ، در عین حال روند " تحویل " و " نگهداری " را تسهیل می کند.

برای آن که صاحب کار نسبت به درستی عمل کرد تاسیسات اطمینان یابد باید به کمک دستگاه نظارت که بازوی فنی او محسوب می شود ، دو نوع گواهی به دست آورد :

۱- سازنده یا فروشنده هردستگاه باید گواهی " تست " دستگاه پیشنهادی خود را ارائه دهد . گواهی نامه باید توسط موسسه ای معتبر که صلاحیت این نوع آزمایش را درسطح ملی کسب کرده باشد ، صادر شود.

۲- پیمانکار باید گواهی " آزمایش ، تنظیم و متعادل سازی " تاسیسات مورد تعهد خود را ، برای هر یک از زیر سیستم ها و برای کل سیستم " HVAC " به صورت یک مجموعه به هم پیوسته ، ارائه دهد . گواهی نامه باید توسط موسسه ای معتبر که صلاحیت این نوع آزمایش را در سطح ملی کسب کرده باشد ، صادر شود.

جز شرکت بازرسی و کنترل کیفیت وزارت صنایع سنگین که تاکنون فقط ساخت دیگهای بخار را ، طبق استاندارد شماره ۴۲۳۱ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (BS 2790) بازرسی و کنترل فنی می کند، هنوز در کشور ما موسسات معتبر و با صلاحیتی که وظیفه تست و صدور گواهی را به عهده گیرند، ایجاد نشده است . این کتاب با این امید به فارسی منتشر می شود که دست اندرکاران ساخت و ساز کشور ، به خصوص مهندسان تاسیسات مکانیکی ساختمان ، با ضرورت این وظیفه مهم آشنا شوند ، در راه ایجاد موسسات تحقیقی " آزمایش ، تنظیم و متعادل سازی " دستگاهها و سیستم ها گام های عملی بردارند و آرام آرام زمینه تحقق عملی مراحل ، تنظیم و متعادل سازی تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع در ساختمان های کشور فراهم شود .

حشمت اله منصف - اسفند ماه ۱۳۷۶

مقدمه نویسنده

این کتاب چه کمک هایی می تواند به شما بکند

سیستمهای تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع (HVAC) که در دهه های ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰ طرح و نصب شدند خیلی انرژی بر بودند. این امر دلایل زیادی داشت، پیش از همه اتکاء زیاد به انرژی که آن موقع چیز بدی هم نبود. نرخ هزینه انشعاب خیلی پائین بود. دیگر آن که صورت حساب انرژی متناسب با مقدار مصرف تنظیم می شد نه به شیوه ای که امروز معمول است . تاپیش از زمان بحران نفت ، با افزایش مصرف انرژی قیمت واحد انرژی، به صورت برق یا گاز طبیعی ، کمتر می شد، زیرا هزینه انرژی پائین بود و مثل امروز، توجه بیشتر به هزینه اولیه بود تا هزینه زمان بهره برداری ، و معمار ساختمان و صاحب کار مایل بودند فضای کمتری به تاسیسات مکانیکی اختصاص دهند. معماران عمدتاً به زیبایی ساختمان توجه داشتند و صاحبان ساختمان بیشتر به قابل استفاده بودن فضاها و مشتری پسند بودن آنها فکر می کردند. بنا بر این کانال کشی حجم کمی از ساختمان را اشغال می کرد. کانالهای کوچکتر به معنی افزایش مقاومت در برابر جریان هوا ، به نوبه خود موتور و بادزن بزرگتری را ، برای مقابله با مقاومت زیاد ، طلب میکرد.

در طول این مدت ، تاسیسات HVAC و مهندسان مکانیک در کار توسعه و گسترش سیستمهای مکانیکی جدیدی بودند که برای انتقال انرژی در ساختمان ، بر جریان هوا به عنوان واسط ، بیش از آب تاکید داشت . علاوه بر بازدهی پائین سیستم ها ، این نکته هم مطرح بود که ساختمان ها با عایق کاری کم تری ساخته می شدند. اتلاف گرما به مقدار زیادی صورت می گرفت . در این مدت به ضریب انتقال حرارت عایق ها توجه نمیشد و دمای طراحی فضاهای داخلی تغییر میکرد. دمای طراحی فضاهای داخلی در شرایط زمستان از تقریباً ۷۰ درجه فارنهایت به ۷۵ درجه فارنهایت افزایش یافت. دمای طراحی فضاهای داخلی در شرایط تابستان از ۸۰ درجه فارنهایت کاهش یافت و به ۷۲ درجه فارنهایت یا کمتر رسید. این که دمای سرد کردن در تابستان کمتر از دمای گرم کردن در زمستان پایه طراحی قرار گیرد معمول و متداول شد. مهندسان ، به طور دلخواه و به منظور بهبود شرایط آسایش در داخل ساختمان ، سیستمهای گرمایی و سرمایی هم زمان طراحی میکردند. همه این تغییرات موجب طراحی سیستمهایی بزرگتر و مصرف انرژی بیشتر از نیاز بود.

تاسیسات HVAC، که به این ترتیب طرح و نصب شد، امروز در چه وضعی است ؟ دستگاهها غالباً از کار افتاده و غیرقابل تعمیر هستند. کارکنان مامور بهره برداری آموزش لازم را ندیده اند و گروههای نگهداری خیلی ضعیف هستند. اگر وضع چنین باشد ، که هست ، چه اقداماتی برای بهینه سازی و کاربرد موثر این تاسیسات باید انجام گیرد؟ برای پاسخگویی به این پرسش باید به سه دلیل اصلی لزوم بهینه سازی تاسیسات HVAC و برداشتن قدمهایی در راه بهینه سازی واقعی توجه کنیم.

بهینه سازی سیستمهای HVAC به دلایل زیر ضروری است :

- تصور عمومی این است که سیستمهای مکانیکی بتدریج فرسوده میشوند. ولی این حکم که به نظر بدیهی میرسد از نظر تئوری قطعی و ضروری نیست. اگر سیستمی به خوبی نگهداری شود هرگز نباید فرسوده شود. منظور از نگهداری پیشگیر و پیش بینی شده آن است که با تعویض قطعات معیوب و فرسوده، سیستم برای همیشه قابل بهره برداری باشد.
- امروزه فن آوریهای نوتر و روشهای بهتری برای دست یابی به اهداف سیستمها وجود دارد.
- این تاسیسات ،از نظرانرژی یا از نظر شرایط آسایش ، به طور کامل اجرا نمیشوند (یا هرگز اجرا نشده اند)

دلیل این امر نارسایی در طراحی اولیه و نصب ، یا نگهداری ناکافی و نادرست میتواند باشد. این هر دو اساساً مشکل مدیریت است.

برای بهینه سازی سیستمهای HVAC کارهای زیر باید انجام گیرد:

- شناخت اهداف طراحی سیستم ها
- شناخت مشخصه های عمل کرد سیستم های بادزن ، پمپ ، کمپرسور و دیگر اجزای انرژی بر. به عنوان مثال، در یک مجموعه تجاری تیپ در حدود۳۰ تا ۳۵ درصد انرژی کل توسط بادزن ها مصرف میشود. مصرف انرژی در کمپرسورهای سیستم تبرید مکانیکی ، برحسب نوع سیستم متفاوت ، وحدود ۱۵ درصد کل است . پمپهای گردش آب (دیگ ،چیلر،و پمپهای توزیع) در حدود ۱۰ درصد مصرف میکنند. روشنایی ساختمان و دستگاههای پردازش (کامپیوتر و غیره) بیشتر مصارف انرژی باقی مانده را به خود اختصاص میدهند.
- عمل کرد سیستم و مصرف انرژی مورد ارزیابی قرار گیرد.
- سیستم ها را در جهت ایمنی بیشتر، بازدهی بیشتر انرژی و به منظور تامین بیشتر شرایط آسایش افراد تصحیح کنید.
- تکنسین ها و پرسنل بهره برداری تاسیسات HVAC را در سطح بالاتری آموزش دهید.
- حالتی را سازماندهی کنید که بهینه سازی به عنوان فعالیت گروهی و تیمی به حساب آید. این تیم [1] شامل صاحب کار، مهندس ، معمار، مشاور، تکنسین ، بهره بردار وشرکت های تامین کننده انرژی است. تاسیسات HVAC با مهندس HVAC، طراح ، مهندس تسهیلات ، مهندس موتورخانه ، سرمهندس، مهندس تامین انرژی، مدیریت انرژی ، تکنسین های مدیریت انرژی ، حسابرس انرژی ، تکنسین های HVAC، مکانسینهای HVAC، پرسنل نگهداری ، مکانسین های سیستم تبرید و تکنسینهای متعادل سازی سیستمهای توزیع هوا و توزیع آب ، سر و کار دارد.

این کتاب شما را به گردش هدایت شده ای در سیستمهای مختلف HVAC و اجزای آنها، می برد. کتاب ، با کمک نقشه ها و مثالهای متعدد، نشان می دهد که چگونه اجزای مختلف و سیستمها باید کار کنند، چگونه برای شرایط کار واقعی آزمایش شوند و چگونه کار و عمل کرد آنها را می توان بهبود بخشید. این کتاب یک منبع استثنایی است که در آن فهرست های وارسی، روابط ریاضی ، جدول ها ، نمودارها، منحنیها ، فرم ها و تعاریف مفیدی گنجانده شده است.

این کتاب در زمینه های زیر می تواند به شما یاری رساند:

- شناخت بهتر تاسیسات HVAC، سیستم ها واجزای آن ها.
- ارزیابی عمل کرد سیستمها و مصرف انرژی آنها.
- چه کارهایی برای بهینه سازی سیستمها ، به منظور ایمنی ، بازدهی انرژی و شرایط آسایش ، میتوان انجام داد.
- تعیین اهداف HVAC
- آموزش تکنسین ها ، مکانیسین ها و پرسنل راهبری .

این کتاب به شما می آموزد که :

- چگونه می توان ظرفیت بهره برداری و عمل کرد سیستم مرکزی هوارسانی را ارزیابی کرد (فصل اول).
- چگونه می توان برنامه تعیین عمل کرد سیستم ، مدارک و فرم های آن را تنظیم کرد و به کاربرد (فصل اول).
- چگونه میتوان ارزیابی عمل کرد سیستم و ارزیابی کار موتور را رهبری کرد و کجا وچگونه فشارهای بادزن را اندازه گیری کرد، میزان هوای تازه را تعیین نمود و عمل کرد کویل را از طریق دمای هوا وآب ارزیابی

1 - "TEAM" = Together Everyone Accomplishes More

نمود (فصل اول).

- چگـونه می توان مشخصه های کارکرد کانال های هوا ، دمپرها، شیرهوا، منحرف کننده ها (Diverters)، جعبه های پایانه و دریچه های خروجی سیستم توزیع هوا را تعیین کرد (فصل چهارم).
- قدرت (اسب بخار) موتور بادزن ، بازدهی و سرعت نوک پره بادزن راچگونه می توان محاسبه کرد (فصل دوم).
- برای رسیدن به مشخصه های عمل کرد سیستم چگونه باید از قوانین بادزن استفاده کرد.
- برای پیش بینی عمل کرد بادزن چگونه می توان منحنی های مشخصه و جدول های ظرفیت بادزن را به کاربرد (فصل دوم).
- چگونه می توان منحنی سیستم را رسم کرد و نقطه کار بادزن ها را ، در حالت سری و موازی ، تعیین نمود (فصل دوم).
- چگـونه می تـوان در یـک کـانـال هـوا ، با استفـاده از لولـه پیتـوت در مقطـع عرضـی کانـال (Pitot Tube Traverse) فشـار سرعتی (Velocity Pressure) را قرائت نمـود (فصل سوم).
- مقدار هوای خروجی از دریچه ها را چگونه اندازه بگیریم (فصل سوم).
- با تغییرات چگالی چگونه ارقام قرائت شده روی ابزارهای اندازه گیری را تصحیح کنیم (فصل سوم).
- در سیستم های تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع ظرفیت بهره برداری و عمل کرد مدارهای گردش آب را چگونه مشخص کنیم (فصل پنجم).
- برای مشخص کردن عمل کرد پمپ و سیستم چگونه می توان فشار آب را در پمپ و لوله کـشی اندازه گیری کرد (فصل پنجم).
- منحنی های مشخصه پمپ ها، در حالت های مختلف ، از جمله ترکیب چند پمپ (فصل ششم).
- چگونه می توان قدرت پمپ و بازدهی آن را محاسبه کرد (فصل ششم).
- برای دست یابی به عمل کرد سیستم چگونه می توان از قوانین پمپ استفاده کرد (فصل ششم).
- برای پیش بینی عمل کرد پمپ چگونه می توان از منحنی های پمپ استفاده کرد (فصل ششم).
- چگونه می توان منحنی سیستم را رسم کرد و نقطه کار پمپ ها را، در حالت سری و موازی ، تعیین نمود (فصل ششم).
- دستیابی به مشخصه های سیستم لوله کشی ، تصفیه آب ، کنترل مقدار جریان آب ، کنتورهای جریان، اجزای کنترل فشار، اجزای کنترل هوا و مبدل های گرمایی (فصل هفتم).
- چگونه می توان عمل کرد سیستم های الکتریکی ، سیستم های گرمایی ، سیستم های تبرید و سیستمهای کنترل HVAC را ارزیابی کرد (فصل هشتم).
- اجزای سیستمهای کنترل تاسیسات گرمایی ، تبرید و HVAC (فصل هشتم تا سیزدهم).
- تنظیم برنامه ای برای روند عملیات دستیابی به اهداف بهینه سازی سیستمهای HVAC.
- امکانات بهینه سازی و نوسازی به منظور اعتلای عمل کرد سیستمها از نظر شرایط آسایش و از نظر کاهش مصرف انرژی (فصلهای پانزدهم و شانزدهم).
- چگونه می توان کارکرد هم زمان سیستم های گرمایی و سرمایی ، نشت در کانال کشی ، مصرف برق بیش از نیاز و اتلاف گرما را حذف کرد یا کاهش داد (فصل های پانزدهم و شانزدهم).
- نوسازی سیستم موجود و تغییر آن به سیستم هوارسانی با حجم متغیر (VAV) (فصل های پانزدهم و شانزدهم).
- بهینه سازی سیستمهای هوارسانی یک منطقه ای ، چند منطقه ای ، بازگرم کن (Reheat) و دو کاناله (فصلهای پانزدهم و شانزدهم).
- چگونه می توان سیستمهای هوارسانی با حجم ثابت و حجم متغیر راآزمایش ، تنظیم و متعادل کـرد (فصلهای

هفدهم تا بیست و دوم).

- آزمایش ، تنظیم و متعادل سازی سیستمهای گردش آب (فصل بیست و سوم).
- درباره سیستمهای کنترل بادی (Pneumatic)، الکتریکی و الکترونیکی - شماره ای مستقیم "Direct Digital" (فصل های دوازدهم و سیزدهم).
- بررسی مشخصه های عمل کرد انواع مختلف بادزن ، مسایلی که در انواع بادزن ها وجود دارد، چگونه ظرفیت بادزن ها تعیین می شود، چگونه بادزن انتخاب می شود، منحنی سیستم چگونه ترسیم می شود و معنی آن چیست ، مسایلی که براثر سیستم بادزن و شرایط ورودی و خروجی آن پیش می آید ، چگونه می توان اثر سیستم ، قوانین بادزن ، سرعت و فشار(بادزن و کانال) و قدرت (اسب بخار) را تصحیح کرد (فصل دوم).
- انواع کانال کشی (با مقطع مستطیل ، گرد، بیضی کشیده ، اندازه گذاری ، نسبت طول به عرض مقطع، فولادی گالوانیزه، عایق خارجی، عایق داخلی ، پشم شیشه و کانال های قابل انعطاف)، طراحی کانال کشی، متعلقات و فیتینگ ها و اثر آنها بر سیستم (عبوری ، زانوها و خم ها، پره های هدایت کننده ، دمپرها، وسایل منحرف کننده) ، انواع مختلف وسایل توزیع هوا (دریچه های سقفی ، گریلها، دریچه های رفت، برگشت و تخلیه) ، مشخصه های دریچه ها اثر سطح (Surface Effect)، شیوه کنترل ، سطح موثر، جعبه های انتهایی (یک کاناله ، دوکاناله ، مستقل از فشار، وابسته به فشار، بادزن دار، با فشار سیستم (System Powered)، با حجم ثابت هوا و با حجم متغیر هوا) (فصل چهارم).
- انواع مختلف سیستمهای باحجم متغیر (کنارگذر، با فشار سیستم ، بادزن دار، مستقل از فشار، وابسته به فشار، یک کاناله ، دو کاناله) (فصل چهارم).
- انواع پمپ (تک ورودی ، دو ورودی ، اندازه های ورودی و خروجی) ،مشخصه های پمپ ، منحنی های پمپ، تعیین قطر پروانه و منحنی عمل کرد ، ترسیم منحنی سیستم ، مشخصه های کارکرد، پمپهای سری، پمپهای موازی، قوانین پمپ (سرعت و اندازه پروانه و اثر آن بر فشار دینامیک کل و قدرت (اسب بخار) (فصل ششم).
- مشخصه های سیستم لوله کشی (برگشت مستقیم ، برگشت معکوس ، سیستم های اولیه وثانویه) ، مزایا و معایب هر یک، اجزای سیستم (مخازن انبساط و انقباض ، تخلیه هوای سیستم ، جداکننده هوا (Air Separator) و جای درست نصب آن) ، شیرها (انواع و کارکرد هر یک) ، شیرهای دستی (کشویی، پروانه ای ، توپکی ، کف فلزی و تعادل)، شیرهای خودکار(سه راهه، دوراهه، تعادل ، مخلوط کننده، منحرف کننده، معمولاً باز، معمولاً بسته، قطع سریع، نوع خطی و نوع درصدهای برابر (Equal Percentage) ، کارکرد شیرهای خودکار (کنارگذر یا مخلوط کننده) ، کویلها و مصرف کننده ها (انواع ، کارکرد، لوله کشی ، مبدلها ، جریان موازی یا مخالف) (فصل هفتم).
- چگونه می توان از پمپ به عنوان وسیله اندازه گیری مقدارجریان یا فشار استفاده کرد. چگونه می توان مقدار جریان را برحسب GPM قرائت کرد، چگونه می توان آن را به عنوان جریان سنج به کار برد و با مسایل آن، در حالتی که شیرها و کویلها نصب شده اند ، روبرو شد و از آن به عنوان ابزار اندازه گیری و نمودارهای جریان استفاده کرد (فصل پنجم).
- طراحی و آزمایش هود آزمایشگاهی (فصل بیست و پنجم).

فهرست

شرح	صفحه
فصل اول -ارزیابی عملکرد سیستم - قسمت هوا و هوارسانهای مرکزی	۱ - ۱
آماده کردن برنامه کاربرای تعیین عملکرد سیستم هوارسانی مرکزی	۱ - ۱
فرمهای مورد نیاز گزارش	۱ - ۱
ارزیابی عملکرد سیستم هوارسانی مرکزی	۱ - ۲
ارزیابی شرایط کار موتورالکتریکی	۱ - ۲
اطلاعات محرک	۱ - ۴
اندازه گیری شرایط کار بادزن	۱ - ۸
تعیین کمیت مقدارهوای تازه	۱ - ۲۰
ارزیابی عملکرد سیستم بوسیله دما	۱ - ۲۲
فصل دوم -اجزای تشکیل دهنده سیستم مرکزی - بادزنها	۲ - ۱
نحوه کار بادزنها	۲ - ۱
طبقه بندی بادزنها	۲ - ۱
انواع	۲ - ۱
کلاس فشار	۲ - ۲
جهت چرخش بادزن	۲ - ۲
پهنای چرخ بادزن	۲ - ۲
آرایش اجزای تشکیل دهنده محرک	۲ - ۲
جهت خروج هوا	۲ - ۳
مشخصات بادزنها	۲ - ۴
بادزنهای محوری	۲ - ۴
بادزنهای گریز از مرکز	۲ - ۷
بادزنهای ویژه	۲ - ۱۱
روش محاسبه توان و توان حقیقی بادزن	۲ - ۱۲
روش محاسبه راندمان بادزن	۲ - ۱۳
روش محاسبه سرعت خطی نوک پره بادزن	۲ - ۱۳
روش تعیین عملکرد سیستم با استفاده از قوانین بادزنها	۲ - ۱۴
قوانین بادزن درچگالی استاندارد هوا و سرعت ثابت	۲ - ۱۴
قوانین بادزن با تغییرات چگالی هوا	۲ - ۱۶
قوانین بادزن در سرعت و حجم هوا دهی ثابت	۲ - ۱۷
روش پیش بینی عملکرد سیستم با استفاده از منحنی عملکردبادزن و جداول چند منظوره	۲ - ۱۸

فهرست

شرح	صفحه
چگونگی بدست آوردن نقطه کار سیستم و بادزن	۲ - ۲۰
چگونه با استفاده از منحنی سیستم و بادزن ، نقطه کار فن موازی و سری را پیش کنیم	۲ - ۲۹
چگونه با استفاده از جداول چند منظوره ، بادزن مناسب را انتخاب کنیم	۲ - ۳۱
فصل سوم -ارزیابی عملکرد سیستم هوارسانی	۳ - ۱
چگونه فشار سینتیک اندازه گیری میگردد	۳ - ۱
تعیین نقاط عرضی	۳ - ۱
فاصله گذاری نقاط تست	۳ - ۲
استفاده از روش لوله پیتوت برای ارزیابی ظرفیت عملکرد سیستم	۳ - ۸
چگونه دستگاه را برای تغییرات چگالی هوا تصحیح کنیم	۳ - ۱۵
چگونگی اندازه گیری هوادهی در خروجی از دریچه	۳ - ۱۶
فصل چهارم - اجزای تشکیل دهنده سیستم توزیع هوا	۴ - ۱
کانال کشی	۴ - ۱
شکل و اندازه کانالها	۴ - ۲
افت فشار کانال و نسبت ابعاد	۴ - ۳
فشار در کانال	۴ - ۳
انواع سیستمهای کانال کشی	۴ - ۳
کنترل جریان هوا	۴ - ۵
دمپرها	۴ - ۵
دمپرهای چند تیغه ای	۴ - ۵
دمپرهای دستی	۴ - ۷
شیرهای هوا	۴ - ۸
منحرف کننده ها	۴ - ۸
جعبه های پایانه	۴ - ۹
جعبه های پایانه با حجم هوای ثابت	۴ - ۱۰
جعبه های پایانه با حجم هوای متغیر	۴ - ۱۱
دریچه های هوای رفت	۴ - ۱۹
دیفیوزرهای سقفی	۴ - ۱۹
دریچه های با دمپر و بدون دمپر	۴ - ۲۰
بازشوی هوا	۴ - ۲۰
الگوی جریان هوای خروجی دریچه های رفت	۴ - ۲۰
دریچه های هوای برگشت	۴ - ۲۱
الگوی جریان هوای ورودی به دریچه های برگشت	۴ - ۲۱

فهرست

شرح	صفحه
فصل پنجم - ارزیابی عملکرد سیستم - قسمت آب	۵ - ۱
چگونگی تنظیم برنامه کار	۵ - ۱
چگونگی ارزیابی عملکرد سیستم	۵ - ۲
ارزیابی شرایط کار موتور	۵ - ۲
نوشتن اطلاعات محرک و پروانه پمپ	۵ - ۴
ارزیابی شرایط کار پمپ	۵ - ۶
چگونه می توان اندازه پروانه پمپ را ارزیابی کرد	۵ - ۶
اندازه گیری جریان آب با استفاده از پمپ به عنوان یک جریان سنج	۵ - ۸
چگونه فشار سرعتی را اصلاح کنیم	۵ - ۱۰
چگونگی ارزیابی عملکرد جریان آب	۵ - ۱۳
چگونه با استفاده از دمای آب مقدار جریان را تعیین کنیم	۵ - ۱۳
تعیین مقدار جریان آب با استفاده از جریان سنج ها	۵ - ۱۴
چگونگی میزان کردن شیرهای متعادل کننده	۵ - ۱۷
چگونه بااستفاده از ضریب جریان شیر، جریان آب را اندازه بگیریم	۵ - ۱۷
تعیین مقدارجریان آب از روی مشخصات کویل	۵ - ۱۸
فصل ششم - اجزای تشکیل دهنده سیستم مرکزی گردش آب - پمپها	۶ - ۱
مشخصه پمپهای گریزازمرکزدرتاسیسات گرمایی، تعویض هواوتهویه مطبوع (HVAC)	۶ - ۱
پمپ چگونه کار می کند	۶ - ۱
چگونه فشار مثبت موثر در مکش بر عملکرد پمپ اثر می گذارد	۶ - ۲
توان آب	۶ - ۴
چگونه می توان راندمان پمپ را معین کرد	۶ - ۵
چگونه با استفاده از قوانین پمپ عملکرد آن را پیش بینی کنیم	۶ - ۵
منحنی پمپ	۶ - ۸
چگونه از منحنی سیستم استفاده کنیم	۶ - ۹
چگونه نقطه کار سیستم وپمپ را محاسبه کنیم	۶ - ۱۱
آرایش چند گانه پمپها	۶ - ۱۵
فصل هفتم - اجزای تشکیل دهنده سیستم توزیع آب	۷ - ۱
سیستمهای لوله کشی	۷ - ۱
سیستم بازو سیستم بسته	۷ - ۱
سیستم یک لوله ای	۷ - ۲

فهرست

شرح	صفحه
سیستم دو لوله ای با برگشت مستقیم و معکوس	۷ - ۳
سیستم سه لوله ای با برگشت مستقیم و معکوس	۷ - ۴
سیستم چهارلوله ای با برگشت مستقیم و معکوس	۷ - ۵
مدار لوله کشی اولیه - ثانویه	۷ - ۶
صافی آب	۷ - ۹
کنترل جریان آب	۷ - ۹
شیرهای کنترل دستی	۷ - ۹
شیرهای کنترل خودکار	۷ - ۱۰
جریان سنجها	۷ - ۱۲
محلهای اندازه گیری دما	۷ - ۱۳
محلهای اندازه گیری فشار	۷ - ۱۴
محلهای بالانس کردن	۷ - ۱۴
اجزای کنترل کننده فشار آب سیستم	۷ - ۱۴
شیرهای کنترل فشار	۷ - ۱۴
مخازن کنترل فشار	۷ - ۱۴
مخزن انبساط باز	۷ - ۱۵
مخزن انبساط بسته	۷ - ۱۵
اجزای کنترل هوای سیستم	۷ - ۱۷
جدا کننده های هوا	۷ - ۱۸
هواگیرها	۷ - ۱۸
مبدل های گرمایی	۷ - ۱۸
کویل های تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع	۷ - ۱۹
لوله کشی کویل های آبی درتاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع	۷ - ۱۹
نحوه محاسبه میانگین لگاریتمی اختلاف دما در تبادل گرما	۷ - ۲۰
فصل هشتم - ارزیابی عملکرد زیر سیستم های برقی ، گرمایی و تبرید	۸ - ۱
زیر سیستم های برقی	۸ - ۱
فرمهای گزارش	۸ - ۱
ارزیابی عملکرد سیستم های برقی	۸ - ۲
اندازه گیری پارامترهای برقی	۸ - ۴
زیر سیستم های تاسیسات گرمایی	۸ - ۵
فرمهای گزارش	۸ - ۶
ارزیابی عملکرد سیستم های گرمایی	۸ - ۶
بازرسی شیر اطمینان فشار	۸ - ۷

فهرست

شرح	صفحه
بازبینی دمای آب و کنترل های سطح آب	۸ - ۷
تعیین راندمان احتراق دیگ	۸ - ۷
نحوه اندازه گیری دمای دودکش دیگ	۸ - ۸
تعیین مقدار هوای اضافی و اکسیژن مورد نیاز	۸ - ۹
معین کردن مقدارگاز کربنیک و منوکسیدکربن	۸ - ۹
کنترل فشار سوخت	۸ - ۹
آزمایش برای تائید وجود دود	۸ - ۹
آزمایش تله های بخار برای نشتی	۸ - ۹
زیر سیستم های تبرید	۸ - ۱۰
فرمهای گزارش	۸ - ۱۰
ارزیابی عمل کرد سیستمهای تبرید	۸ - ۱۱
اندازه گیری دمای کندانسور هوایی و سرعت هوا	۸ - ۱۱
اندازه گیری دمای کندانسور آبی و دمای آب	۸ - ۱۱
تعیین عملکرد حرارتی برج خنک کن	۸ - ۱۱
فصل نهم - اجزای تشکیل دهنده زیر سیستم تاسیسات گرمایی	۹ - ۱
تاسیسات گرمایی با بخار	۹ - ۱
رده بندی فشار سیستم های گرمایی با بخار	۹.- ۳
تله های بخار	۹ - ۳
تاسیسات گرمایی با آبگرم	۹ - ۴
دیگها	۹ - ۴
فصل دهم - اجزای تشکیل دهنده زیر سیستم تبرید	۱۰ - ۱
مبردها	۱۰ - ۱
رابطه فشار - دما	۱۰ - ۲
سیستم مکانیکی تراکمی تبرید	۱۰ - ۲
سیستم تراکمی تبرید	۱۰ - ۲
مرحله اول - تبخیر	۱۰ - ۸
مرحله دوم - تراکم	۱۰ - ۸
مرحله سوم - تقطیر	۱۰ - ۹
مرحله چهارم - انبساط	۱۰ - ۹
مرحله تخلیه گرما در برج خنک کن	۱۰ - ۱۰

فهرست

شرح	صفحه
اجزای تشکیل دهنده سیکل تبرید	۱۰ - ۱۰
کمپرسورها	۱۰ - ۱۱
کمپرسورهای ضربه ای	۱۰ - ۱۳
کمپرسورهای دورانی	۱۰ - ۱۴
کمپرسورهای گریز از مرکز	۱۰ - ۱۵
اواپراتورها	۱۰ - ۱۵
کندانسورها	۱۰ - ۱۶
مخزن دریافت کننده	۱۰ - ۱۶
ابزارهای اندازه گیری	۱۰ - ۱۷
برجهای خنک کن	۱۰ - ۱۷
انواع	۱۰ - ۱۷
طرز کار	۱۰ - ۱۷
مقدار آب تلف شده و تخلیه زمانی	۱۰ - ۱۸
آب کمکی	۱۰ - ۱۹
فصل یازدهم - چیلرهای آب	۱۱ - ۱
چیلرهای مکانیکی	۱۱ - ۱
چیلر گریز از مرکز	۱۱ - ۱
مبردهای جذبی	۱۱ - ۱
فصل دوازدهم - ارزیابی عملکرد سیستم کنترل در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع	۱۲ - ۱
ارزیابی عملکرد سیستم کنترل	۱۲ - ۱
روش کلی	۱۲ - ۱
ارزیابی عملکرد سیستم کنترل بادی	۱۲ - ۳
ارزیابی عملکرد سیستمهای کنترل برقی ، الکترونیکی و دیجیتال مستقیم	۱۲ - ۷
بهینه سازی کنترل	۱۲ - ۱۱
سیستم های بادی	۱۲ - ۱۱
کلیات	۱۲ - ۱۱

فهرست

شرح	صفحه
فصل سیزدهم - اجزای تشکیل دهنده سیستم کنترل	۱۳ - ۱
سیستم کنترل پنوماتیک	۱۳ - ۱
سیستمهای کنترل الکتریکی - الکترونیکی	۱۳ - ۲۱
فصل چهاردهم - تعیین اهداف بهینه سازی و بازسازی تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع	۱۴ - ۱
ارزیابی تاسیسات گرمایی،تعویض هواوتهویه مطبوع به منظورتشخیص لزوم بهینه سازی	۱۴ - ۱
تعیین اهداف بهینه سازی و باز سازی	۱۴ - ۳
چگونه فرصتهای بهینه سازی و بازسازی را اولویت بندی کنیم	۱۴ - ۴
اهداف بهینه سازی و بازسازی تاسیسات را دریک برنامه بلند مدت ادغام کنید	۱۴ - ۵
فصل پانزدهم - راه اندازی ، نگهداری با بهینه سازی و بازسازی دستگاههای تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع	۱۵ - ۱
فهرست بازرسی بهره برداری ، نگهداری و بهینه سازی هوارسانی	۱۵ - ۱
نگهداری و بهینه سازی فیلترها	۱۵ - ۲
نگهداری کویل ها	۱۵ - ۲
نگهداری بادزن ها	۱۵ - ۲
فهرست بازرسی بهره برداری ، نگهداری و بهینه سازی سیستم گردش آب	۱۵ - ۶
آزمایش جهت چرخش پمپ	۱۵ - ۷
بازرسی حفره زایی پمپ	۱۵ - ۷
استفاده از اکونومایزر	۱۵ - ۷
استفاده از سیستم های جریان متغیر	۱۵ - ۹
موتورها	۱۵ - ۱۳
نگهداری موتورها	۱۵ - ۱۴
اندازه گیری توان	۱۵ - ۱۵
اندازه گیری ولتاژ	۱۵ - ۱۵
اندازه گیری جریان موتور	۱۵ - ۱۶
کنترل موتور	۱۵ - ۱۷
حفاظت موتور از بار بیش از حد	۱۵ - ۱۷

فهرست

شرح	صفحه
فصل شانزدهم - بهسازی سیستمهای یک منطقه ای، باکویل دوباره گرمکن، چند منطقه ای و دو کانالی	۱۶ - ۱
رهنمودهای عمومی برای بهبود مصرف انرژی	۱۶ - ۱
بهینه سازی تهویه و کنترل آن	۱۶ - ۳
بهبود مصرف انرژی در سیستمهای تک منطقه ای	۱۶ - ۶
بهینه سازی سیستم کنترل تاسیسات گرمایی	۱۶ - ۷
بهینه سازی کنترل گرمایی و سرمایی	۱۶ - ۱۰
بهینه سازی کار اکونومایزر	۱۶ - ۱۱
کنترل رطوبت	۱۶ - ۱۷
سیستم دوباره گرمکن	۱۶ - ۱۹
سیستم های چند منطقه ای	۱۶ - ۲۵
سیستم های دو کاناله	۱۶ - ۲۹
فصل هفدهم - آزمایش سیستمهای هوارسانی با حجم هوای ثابت	۱۷ - ۱
کارهای دفتری بمنظور آماده شدن برای بازرسی و آزمایش درکارگاه	۱۷ - ۱
بازرسی محلی	۱۷ - ۱۴
بازرسی ساختمان	۱۷ - ۱۴
بازرسی از هوارسانها	۱۷ - ۱۴
بازرسی سیستم توزیع هوا	۱۷ - ۱۴
آزمایش در محل	۱۷ - ۱۵
گزارش اطلاعات اجزای تشکیل دهنده سیستم	۱۷ - ۱۵
تنظیم کنترل خودکار دما برای شرایط سرمایی نامی	۱۷ - ۱۸
تمام دمپرها و منحرف کننده ها را تنظیم کنید	۱۷ - ۱۹
مقدار کل هوا را اندازه گیری کنید	۱۷ - ۲۰
فصل هیجدهم - متعادل سازی نسبی قسمتهای کم فشارسیستمهای مختلف	۱۸ - ۱
اندازه گیری مقدار جریان	۱۸ - ۱
استفاده از سرعت سنج	۱۸ - ۱
کاربرد هودهای هواگیر برای اندازه گیری مقدار هوا	۱۸ - ۲
متعادل سازی تناسبی	۱۸ - ۲
انشعاب A	۱۸ - ۱۳

فهرست

شرح	صفحه
فصل نوزدهم - آزمایش ، تنظیم و متعادل کردن - شرایط نهایی	۱۹ - ۱
معادلات	۱۹ - ۱
ارزیابی عملکرد اکونومایزر	۱۹ - ۳
نحوه تغییر سرعت بادزن	۱۹ - ۴
مثال ۱ - ۱۹	۱۹ - ۶
متعادل کردن سیستم هوای برگشت	۱۹ - ۷
متعادل کردن سیستم هایی که بادزن برگشت دارند	۱۹ - ۸
گزارش کردن آمار نهایی	۱۹ - ۹
فصل بیستم - آزمایش ، تنظیم و متعادل کردن - سیستم فرضی	۲۰ - ۱
کارهایی که بایستی در دفتر انجام شود	۲۰ - ۱
آزمایش کارگاهی	۲۰ - ۶
متعادل کردن توزیع هوا در کارگاه	۲۰ - ۱۸
متعادل سازی انشعابها در محل نصب	۲۰ - ۱۸
تنظیم هوای سیستم در محل نصب	۲۰ - ۱۸
تنظیم سیستم هوای برگشت و هوای تازه در محل نصب	۲۰ - ۱۹
اطلاعات نهایی تست در محل	۲۰ - ۲۲
فصل بیست ویکم - آزمایش، تنظیم ومتعادل کردن سیستمهای باحجم ثابت، چند منطقه ای دو کانالی و ایندکشن	۲۱ - ۱
هوارسان با دمپرهای اختلاط هوا و سیستمهای چند منطقه ای	۲۱ - ۱
نحوه متعادل کردن	۲۱ - ۱
هوارسان های با جعبه اختلاط هوا و سیستمهای دو کانالی	۲۱ - ۳
مراحل متعادل کردن	۲۱ - ۴
هوارسانها و واحدهای ایندکشن	۲۱ - ۶
مراحل متعادل کردن	۲۱ - ۶
سیستمهای تخلیه یا برگشت هوا	۲۱ - ۸
مراحل متعادل سازی	۲۱ - ۸

فهرست

شـرح | صفـحه

فصل بیست ودوم - آزمایش ، تنظیم و متعادل کردن سیستمهای با حجم متغیر مستقل از فشار و متکی به فشار ۱ - ۲۲

مراحل عمومی متعادل کردن ۱ - ۲۲
تنظیم پای کار جعبه های با حجم متغیر ۵ - ۲۲
مراحل کار ۵ - ۲۲
متعادل سازی سیستمهای متکی به فشار و بدون ضریب همزمانی ۶ - ۲۲
نحوه متعادل سازی سیستمهای متکی به فشار با ضریب همزمانی ۸ - ۲۲
نحوه متعادل سازی سیستمهای متکی به فشار جعبه بادزن دار با ضریب همزمانی ۱۰ - ۲۲
نحوه متعادل سازی سیستمهای مستقل از فشار یک کاناله ۱۲ - ۲۲
نحوه متعادل سازی سیستمهای دو کانالی مستقل از فشار ۱۴ - ۲۲
نحوه متعادل سازی سیتسمهای مستقل از فشار با هوادهی اولیه متغیر و ثانویه ثابت و جعبه های حجم متغیر بادزن دار که بطور سری بسته شده اند ۱۷ - ۲۲
نحوه متعادل سازی جعبه های حجم متغیر بادزن دارموازی بسته شده مستقل از فشار با هوادهی اولیه و ثانویه متغیر ۱۹ - ۲۲
نحـوه متعادل سازی جعبه های حجم متغیر مستقل از فشار با هوادهی اولیه متغیر و هوای ثانویه القایی ۲۲ - ۲۲
نحوه متعادل سازی جعبه های حجم متغیر با سیستم هوادهی اولیه و ثانویه متغیر ۲۴ - ۲۲
نحوه متعادل سازی سیستمهای با حجم متغیر با جعبه های از نوع کنار گذر و هوای اولیه ثابت و هوای ثانویه متغیر ۲۶ - ۲۲

فصل بیست وسوم - آزمایش ، تنظیم و متعادل کردن سیستمهای آبی ۱ - ۲۳

کارهای دفتری ۱ - ۲۳
بازدید کارگاهی ۷ - ۲۳
آزمایشهای محلی ۸ - ۲۳
مراحل عمومی متعادل سازی سیستم های آبی ۱۱ - ۲۳
جریان کل را اندازه بگیرید ۱۱ - ۲۳
برای سیستم های مجهز به شیرهای دو راهه ۱۲ - ۲۳
برای سیستم هایی که مجهز به شیر سه راهه هستند ۱۲ - ۲۳
سیستم توزیع آب را بطور تناسبی تنظیم کنید ۱۳ - ۲۳
مراحل کلی ۱۳ - ۲۳
متعادل کردن تناسبی با استفاده از جریان سنج برای اندازه گیری مستقیم ۱۴ - ۲۳
متعادل سازی تناسبی با استفاده از افت فشار ۱۵ - ۲۳
روشهای خاص ۱۵ - ۲۳

فهرست

شرح	صفحه
متعادل سازی تناسبی با استفاده از اندازه گیری دما	۲۳ - ۱۶
اطلاعات دیگر برای متعادل کردن سیستم های آبی	۲۳ - ۱۷
سیستم های با جریان ثابت	۲۳ - ۱۷
سیستم های با جریان ثابت و مدار ثانویه جریان متغیر	۲۳ - ۱۷
سیستم های با مدار اولیه جریان ثابت و مدار ثانویه جریان متغیر	۲۳ - ۱۷
سیستم های با جریان متغیر	۲۳ - ۱۷
متعادل سازی تناسبی سیستم های با جریان متغیر	۲۳ - ۱۹
عیب یابی سیستم های با جریان متغیر	۲۳ - ۱۹
فصل بیست وچهارم - آزمایش ، تنظیم و متعادل سازی یک سیستم آبی فرضی	۲۴ - ۱
فصل بیست وپنجم - ارزیابی عملکرد سیستم - طراحی و آزمایش سیستمهای ویژه و هودهای آزمایشگاهی	۲۵ - ۱
هودهای آزمایشگاهی	۲۵ - ۱
اصول کارهودها	۲۵ - ۳
هودهای معمولی با حجم ثابت (CAV)	۲۵ - ۳
هودهای معمولی با حجم متغیر هوا (VAV)	۲۵ - ۴
ارزیابی عملکرد سیستم : آزمایش هودهای آزمایشگاهی	۲۵ - ۵
نحوه آزمایش مقدار حجم هوا و سرعت عبوری هود	۲۵ - ۸
مراحل آزمایش دود	۲۵ - ۹
طراحی هودهای آزمایشگاهی و سیستم تخلیه هوا	۲۵ - ۹
کانالهای افقی و قائم تخلیه هوا	۲۵ - ۱۳
الگوی حرکت هوا درخارج و داخل ساختمان	۲۵ - ۱۵
راهنمای عیب یابی هودهای آزمایشگاهی	۲۵ - ۱۶
جریان معکوس هوا	۲۵ - ۱۶
جریان هوا دراتاق	۲۵ - ۱۶
جریانهای سرگردان	۲۵ - ۱۷
سرعتهای ورودی	۲۵ - ۱۸
کنترل تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع	۲۵ - ۱۹
کلیات	۲۵ - ۱۹
آزمایش کنترلها	۲۵ - ۱۹
کنترل دما و فشار اتاق با سیستمهای حجم متغیر	۲۵ - ۱۹

فهرست

شرح	صفحه
استانداردهای سازمان بهداشت و ایمنی شغلی (OSHA)	۲۲ - ۲۵
خط مشی اداره آزمایشگاه	۲۳ - ۲۵
پیوست A- تعاریف	۱
تعاریف عمومی	۱
تعاریف مربوط به هوا	۳
تعاریف مربوط به اتاق تمیز	۵
تعاریف مربوط به کنترل ، عمومی	۶
تعاریف مربوط به کنترل ، بخش الکتریکی و الکترونیکی	۸
تعاریف مربوط به کنترل ، بخش پنوماتیک	۱۲
تعاریف الکتریکی	۱۳
تعاریف مربوط به انرژی	۱۴
تعاریف مربوط به بادزن	۱۵
تعاریف مربوط به تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع و دستگاههای و اجزای تشکیل دهنده آنها	۱۵
تعاریف مربوط به ابزار دقیق	۲۵
تعاریف مربوط به آزمایشگاه	۲۵
تعاریف مربوط به موتور	۲۹
تعاریف مربوط به توان	۲۹
تعاریف مربوط به سایکرومتریک	۳۰
تعاریف مربوط به پمپ	۳۱
تعاریف مربوط به تبرید	۳۲
تعاریف مربوط به آب	۳۴
پیوست B - اختصارات	۳۷
پیوست C - جداول	۴۱
پیوست D - رابطه ها	۵۴
رابطه های کلی	۵۴
رابطه های جریان هوا	۵۷
رابطه های مساحت	۶۰
رابطه های تسمه V شکل	۶۱
قطر دایره معادل کانال مستطیلی	۶۱

فهرست

شـرح | صفـحه

رابطه های کنترل ۶۱
رابطه های کویل سرمایی ۶۳
رابطه های الکتریکی ۶۴
رابطه های هزینه / صرفه جویی در مصرف انرژی ۶۷
رابطه های بادزن ۶۷
رابطه های جریان سیال ۶۹
رابطه های تبادل گرما ۶۹
رابطه های توان ۷۰
رابطه های پمپ ۷۰
رابطه های تبرید ۷۱
رابطه های کمپرسور ضربه ای ۷۴
رابطه های دما ۷۴
رابطه های جریان آب ۷۶

پیوست E - چک لیست های اطلاعات و ارزیابی سیستم ها ۷۸
توزیع هوا - ارزیابی دما ۹۰
نحوه کار ۹۰
ارزیابی عملکرد کویل سرمایی و گرمایی ۹۰
نحوه کار ۹۰

پیوست F - امکانات بهینه سازی ۹۱
سیستم های انرژی بر ۹۱
سیستم های مربوط به اشخاص ۹۱
سیستم های غیر انرژی بر ۹۱

فصل اول - ارزیابی عمل کرد سیستم- قسمت هوا و هوارسانهای مرکزی

در این فصل شما ارزیابی (verification) ظرفیت کار و عملکرد (performance) سیستم هوارسان را که شامل بادزن ، موتور و کویل است فرا میگیرید و همچنین نحوه آماده کردن برنامه کار به منظور تعیین عمل کرد سیستم که شامل مدارك و فرمهایی است به شما نشان داده خواهد شد. ارزیابی عمل کرد سیستم شامل نحوه اندازه‌گیری شرایط کار موتور ، نحوه اندازه‌گیری فشار بادزن ، تعیین مقدار هوای تازه و ارزیابی عملکرد کویل به کمک دمای آب و هوا میباشد.

آماده کردن برنامه کار برای تبیین عمل کرد سیستم هوارسانی مرکزی

تمام مدارکی که در زیر فهرست شده است همیشه در دسترس نمیباشد ولی هر اندازه اطلاعات بیشتری جمع‌آوری کنید، آشنایی شما با سیستم بیشتر خواهد شد که در اینصورت میتوانید راه‌حلهای بهتری برای بهینه‌سازی (optimization) سیستم ارائه دهید. کوشش کنید مدارك زیر را از پیمانکار تاسیسات مکانیکی بدست آورید:

- نقشه‌های مهندسی
- نقشه‌های کارگاهی
- نقشه‌های ازبیلت " As-built "
- نقشه‌های شماتیک
- گزارشهای قبلی در مورد بالانس کردن هوا

از پیمانکار تاسیساتی یا سازنده ، مدارك زیر را بگیرید:

- کاتالوگ دستگاهها
- مشخصات بادزنها و ظرفیت آنها
- منحنی عملکرد بادزنها
- روش توصیه شده برای آزمایش دستگاهها
- دستورالعملهای بهره‌برداری و نگهداری
- شرح کار و ظرفیت جعبه تقسیم‌ها (terminal boxes)

قبل از شروع اندازه‌گیری عملی در محل ، نقشه هوارسانها، مشخصات و کاتالوگ دستگاهها را مطالعه نموده و خود را با سیستم هوارسانی و اهداف طرح آشنا سازید. اطمینان حاصل کنید که تمام دستگاهها و سیستم توزیع هوا روی نقشه‌ها و در گزارشها به درستی و به روشنی مشخص شده باشند. اگر تعدادی از دستگاهها و اجزای مختلف آنها در مرحله اندازه‌گیری عمل کرد سیستم نیاز به بازرسی و دقت نظر خاص دارند، سعی کنید آنها را در زمان بررسی نقشه‌ها و مدارك شناسائی کنید.

فرمهای مورد نیاز گزارش

در صورت نیاز فرم گزارش زیر را برای هر یک از سیستمهای هوارسانی تهیه کنید:

- مشخصات موتور و برگ آزمایش آن

- مشخصات محرك (drive) و برگ آزمایش آن
- مشخصات دستگاه هوارسان و برگ آزمایش آن

این فرمها در سطور بعدی این فصل ارائه و توضیح بیشتری درباره آنها داده خواهد شد.

ارزیابی عمل کرد (performance) سیستم هوارسانی مرکزی

برای تبیین ظرفیت کار (operating capacity) و عمل کرد سیستم هوارسانی مرکزی کارهای زیر را انجام دهید:

- شرایط کار موتور را بررسی کنید.
- اطلاعات مربوط به محرك (drive) را بنویسید.
- سرعت و فشار بادزن را اندازه‌گیری کنید.
- مقدار هوای تازه را اندازه بگیرید.
- اگر نیاز است ، دمای هوا را اندازه بگیرید.

ارزیابی شرایط کار موتور الکتریکی

- ولتاژ، جریان و ضریب توان (power factor) موتور را برای تعیین شرایط کار آن اندازه‌گیری کنید. ولتاژ جریان بوسیله ولت متر و آمپرمتر پرتابل قابل خواندن است . عموما" اندازه‌گیری الکتریکی در تابلوی کنترل و یا کلید قطع جریان (disconnect box) انجام میشود. ولتاژ اندازه‌گیری شده باید در حدود ۱۰ درصد نسبت به ولتاژ نوشته شده بر پلاك موتور کمتر یا بیشتر باشد. اگر نیست ، آنرا در گزارش قید کنید. جریان اندازه‌گیری شده نباید بیش از مقدار مندرج در پلاك موتور باشد. اگر چنین است ، سرعت بادبزن را کاهش دهید تا مقدار آن برابر با حداکثر آمپر داده شده روی پلاك موتور بشود. اندازه‌گیری ضریب توان بوسیله ضریب توانمتر انجام میشود که ممکن است یک آمپرمتر و وات متر و یا یک آمپرمتر و وات - ساعت متر باشد.
- سرعت دورانی موتور را از روی پلاك آن یادداشت کنید. سرعت دوران واقعی موتور معمولا" اندازه‌گیری نمیشود. سرعت دورانی پلاك موتور را در گزارش بعنوان سرعت ثابت یادداشت میکنند مگر اینکه موتور محرك چند سرعته (VDF) داشته باشد که در اینصورت باید در گزارش قید شود.

در صورتیکه موتور یا بادزن تازه نصب شده و یا تعمیراتی روی آنها انجام شده باشد، رله حرارتی محافظ اضافه‌بار (Thermal over load protection devices) موتور را چک کنید. جهت چرخش موتور را کنترل کنید که مطمئن شوید بادزن در جهت درست دوران میکند. برخی از بادزنهای گریز از مرکز حتی اگر در جهت خلاف بچرخند فشار قابل اندازه‌گیری و دبی قابل توجهی ، گاهی تا ۵۰ درصد مقدار اسمی ، تولید میکنند. در بادزنهای محوری ، اگر موتور خلاف جهت بچرخد ، جهت جریان هوا عوض میشود . برای کنترل چرخش ، موتور را به اندازه‌ای که بادزن از جا کنده شود روشن و خاموش کنید. ممعمولا" جهت چرخش صحیح بوسیله فلش (arrow) روی بدنه نشان داده میشود، اگر نشده است برای کنترل جهت چرخش بادزنهای ورودی دوگانه (double-inlet) ، باید از طرف موتور بایستید و نگاه کنید و بادزنهای تک ورودی (single-inlet) را باید از جهت مقابل ورودی آن نگاه کرد. بدین ترتیب شما قادر خواهید بود که جهت چرخش درست را که در جهت عقربه‌های ساعت یا خلاف آن است معین کنید، اگر جهت درست نباشد، جای هر کدام از فازها را (در مورد موتورهای سه فاز) عوض کنید. در موتورهای تک فاز، جای سرسیم موتور را در جعبه تقسیم آن عوض کنید.

فهرست بازرسی (Check List) برای اندازه‌گیری شرایط کار موتور

- ولتاژ ، جریان و ضریب توان را اندازه بگیرید.
- سرعت حک شده برپلاك موتور را یادداشت کنید.
- رله حرارتی محافظ اضافه‌بار را کنترل کنید.
- جهت چرخش موتورها را کنترل کنید.
- اطلاعات زیر در مورد موتور و استارتر آن که روی پلاك (nameplate) نوشته شده در فرم آزمایش یادداشت نمائید(شکل ۱-۱).
- سازنده
- اندازه قاب (frame-size)
- قدرت
- فاز
- فرکانس
- سرعت موتور، دور در دقیقه (rpm)
- ضریب عمر (service factor)
- ولتاژ
- مقدار آمپر
- ضریب توان
- راندمان
- اندازه استارتر
- رله محافظ اضافه بار

شکل ۱-۱ برگ آزمایش و مشخصات موتور

پروژه	داده شده	مهندس مسئول:		
		موجود	داده شده	موجود
شماره بادزن یا پمپ				
اطلاعات موتور				
سازنده				
اندازه قاب				
قدرت				
فاز				
فرکانس				
دو در دقیقه				
ضریب عمر				
ولتاژ				
آمپر				
ضریب توان				
راندمان (بهره‌وری)				
قدرت حقیقی				
اندازه استارتر				
رله‌محافظ اضافه‌بارحرارتی				
یادداشتها:				

اطلاعات محرك (Taking Drive Information)

بادزن را خاموش کنید و حفاظ تسمه را بردارید. اطلاعات مربوط به موتور، پولی‌های بادزن و تسمه‌ها را بخوانید. همچنین اندازه شافت را بگیرید و فاصله بین مراکز شافت فن و موتور را تعیین کنید. همزمان میتوانید فاصله تنظیم قاب موتور (motor-frame adjustment) را اندازه‌گیری کنید. این فاصله تنظیم برای جا انداختن تسمه پیش بینی شده است که در صورت لزوم میتواند کوتاه یا بلند بشود. اگر با این تنظیم تسمه موجود کشش مناسب را بدست نیاورد یا پولی تغییر کرده باشد تسمه باید عوض شود.

قبل از ادامه این مطلب بهتر است ، چند واژه مربوط به محرك را تعریف کنیم :

- پولی بادزن، پولی متحرك (driver pully) سوارشده روی شافت بادزن است .
- پولی موتور، پولی محرك (driver pully) سوارشده روی شافت موتور است . پولی موتور ممکن است ثابت یا با شیار قابل تنظیم باشد.
- پولی قابل تنظیم شیاری (adjustable groove sheaves)، یا بطور ساده پولی قابل تنظیم، بنام پولی سرعت متغیر یا پولی شیب متغیر نیز شهرت دارند. پولی قابل تنظیم یعنی اینکه شیار جای تسمه‌ها روی پولی میتواند جابجا شود.
- پولی ثابت یعنی اینکه شیار جای تسمه‌ها روی پولی تنظیم نیستند. از این پولیها معمولا" برای فن استفاده میشود.

بطور کلی پس از بالانس کردن سیستم توزیع هوا، پولی قابل تنظیم موتور را با پولی ثابت عوض میکنند. علت این امر این است که پولیهای ثابت ارزانتر هستند و با آن سائیدگی (wear) تسمه‌ها کمتر است.

تسمه‌های ذوزنقه‌ای (V-belts) - دو نوع تسمه ذوزنقه‌ای استفاده میشود. تسمه‌های سبک برای قدرت کمتر از یک اسب (اندازه 2L تا 5L) و تسمه‌های صنعتی برای کارهای سنگین (اندازه A تا E). تسمه‌های سبک معمولا" برای پولیهای کوچک استفاده میشوند زیرا اینهااز تسمه‌های صنعتی قابل انعطاف ترند. بعنوان مثال، مقطع تسمه "5L" و "B" هر دو یک اندازه است ولی چون "5L" قابل انعطافتر است از آن برای پولیهای با زمان کارکرد کم (light-duty) و پولیهای کوچک استفاده میشود. در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع (HVAC) معمولا" برای محرك، تسمه‌های با مقاطع کوچک و پولی کوچک ترجیح دارد. از پولیهای چند تسمه‌ای (multiple belt sheaves) برای کاهش تنش (stress) تسمه‌ها استفاده میشود. قطر اصلی (pitch diameter) اندازه‌ای است که به محل تماس وسط تسمه روی شیار پولی اشاره دارد. حال میتوانیم کار خود را در مورد تسمه‌ها و سایر اجزای محرك ادامه دهیم . بعد از برداشتن حفاظ تسمه‌ها، تعداد آنها را بشمارید و نام سازنده و شماره‌ای که روی تسمه مهر خورده یادداشت کنید. سطح خارجی پولی را نگاه کنید و شماره قطعه را (part number) که نشانگر اندازه پولی است بنویسید.

بعنوان مثال ممکن است روی پولی بادزن Brawning 3MVB\84Q و روی پولی موتور 3MVP 70B 84P نوشته شده باشد (شکل ۲-۱). با مراجعه به کاتالوگ سازنده در این مثال برونینگ) روشن میشود که پولی بادزن دارای ۳ شیار ثابت است و میتواند به تسمه "B" با قطر اصلی (pitch diameter) ۱۸/۴ اینچ یا تسمه "A" به قطر اصلی ۱۸ اینچ مجهز شود. اندازه قطر خارجی ۱۸/۷۵ اینچ و اندازه بوش در حدود Q_1 قرار میگیرد. اعداد و حروف روی پولی موتور نشانگر این است که پولی قابل تنظیم و دارای ۳ شیار است ، حدود قطر اصلی ۷ الی ۸/۴ اینچ برای تسمه "B" و ۶/۹ الی ۸ اینچ برای تسمه "A" است . قطر خارجی ۸/۶۸ اینچ و اندازه بوش در حدود P2 میباشد. اندازه بوشها نشان میدهد که Q_1 برای اندازه شافت $^{3}/_{4}$ الی $^{11}/_{16}$ ۲ و از $^{3}/_{4}$ الی $^{3}/_{4}$ ۱ اینچ مناسب میباشد.

جدول ۲-۱

پولیهای با دور متغیر				
شماره قطعه		قطر		
بوش	پولی	خارجی	حدود شیب	
			تسمه "B"	تسمه "A"
P2	3MVP70B84P	8.68	7.0-8.4	6.9-8.0

پولی‌های مقابل (Companion Sheaves)				
شماره قطعه		قطر		
بوش	پولی	خارجی	شیب	شیب
			تسمه "B"	تسمه "A"
اندازه بوش				
Q1	3MVB184Q	18.75	18.4	18.0

قطرهای بوش	
حدود قطر	شماره بوش
$^{3}/_{4}$"-1$^{3}/_{4}$"	P2
$^{3}/_{4}$"-2$^{11}/_{16}$"	Q1

اگر روی پولی شماره قطعه نوشته نشده است، قطر خارجی آن را اندازه بگیرید و با مراجعه به کاتالوگ سازنده اندازه قطر اصلی را معین کنید، اکثر سازندگان هر دو عدد قطر خارجی و قطر اصلی را در کاتالوگ می‌نویسند. اگر نتوانستید قطر اصلی را در کاتالوگ پیدا کنید، خودتان با دقت و بوسیله خط کش یا نوار حدود اندازه قطر اصلی را اندازه بگیرید . اگر سرعت موتور و فن معلوم باشد میتوان از معادله محرك که بصورت "$Pd_M \times RPM_M = Pd_F \times rpm_F$" است قطر اصلی بادبزن یا موتور را محاسبه کنید.

در این رابطه :

Pd_M= قطر اصلی پولی موتور

RPM_M= دور در دقیقه موتور

Pd_F= قطراصلی پولی بادزن

rpm_F= دو در دقیقه بادزن

فهرست بازرسی اطلاعات محرك

- برای ایمنی خود بهتر است بادزن را خاموش کنید و کلید تابلوی کنترل آن را نزد خود نگهدارید تا کسی غیر از شما نتواند بادبزن را روشن کند.
- حفاظ تسمه را بردارید .
- اطلاعات محرك را روی برگ آزمایش (شکل ۳-۱) بنویسید.
- اطلاعات پولی را بنویسید. به سطح پولی نگاه کنید و شماره قطعه را که نشانگر اندازه اصلی آن است بنویسید. اگر شماره قطعه ندارد با اندازه‌گیری یا استفاده از فرمول اندازه قطر اصلی آن را تعیین کنید.
- اندازه شافت را بگیرید و یادداشت کنید، فاصله بین شافتها را هم بنویسید.
- تعداد تسمه‌ها، نام سازنده واندازه آن را ثبت نمائید. به‌درجه کشش تسمه‌ها و تنظیم بودن آنها توجه کنید. فاصله قابل دسترسی تنظیم کشش تسمه را یادداشت کنید با کم و زیاد کردن فاصله پولی موتور و بادزن میتوانید از خریدن تسمه جدید فارغ شوید.
- حفاظ تسمه‌ها را سرجایش بگذارید.

شکل ۳-۱ برگ آزمایش و اطلاعات محرك

پروژه:		مهندس مسئول:		
	داده شده	موجود	داده شده	موجود
شماره بادزن				
اطلاعات محرك				
اندازه شافت بادزن				
اندازه شافت موتور				
فاصله شافتها				
اندازه پولی فن				
ثابت یا قابل تنظیم				
اندازه پولی موتور				
ثابت یا قابل تنظیم				
سازنده تسمه				
تعداد تسمه‌ها				
اندازه تسمه				
مقداراندازه تنظیم موتور				
میزان بودن				
کشش				
یادداشتها:				

اندازه‌گیری شرایط کار بادزن (Measuring Fan Operation)

از روی نقشه‌ها یا مشخصات ، مقدار هوای دریچه‌های رفت را جمع کنید و با بادبزن مقایسه نمایید. در مورد بادزنهای برگشت و تخلیه نیز همین کار را انجام دهید . تفاوتها را با هم تطبیق کنید. برای اندازه‌گیری سرعت بادزن از وسایل نوع تماس مستقیم (کرونومتری یا دیجیتال) و یا نوع بدون تماس (عکس یا استروبسکپ) میتوانید استفاده کنید.

فشار کل و یا فشار استاتیک بادزن را در بدنه و در مدخل ورودی یا در کانال ورودی و کانال خروجی اندازه بگیرید. فشار استاتیک دو طرف کویلها و فیلترها را نیز اندازه بگیرید.

برای اندازه‌گیری فشار بادزن، نخست یک سوراخ آزمایش (test hole) در بدنه بادبزن ، در کانال

ورودی و خروجی و یا هر جای دیگر که نیاز است با مته ایجاد کنید. یک سوراخ به قطر $^{3}/_{8}$ اینچ برای لوله استاندارد پیتوت (pitot tube) که قطر آن $^{5}/_{16}$ اینچ است کافی است . گاه لازم است سوراخ بزرگتر باشد. تیوب حساس (sensing tube) را بوسیله خرطومی به یک فشارسنج وصل کنید. فشارسنجهای متداول در تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع (HVAC) از نوع پر شده با مایع یا الکترونیکی و یا مانومتر خشک میباشد. فشار هوا در تاسیسات (HVAC) به اینچ ستون آب (in.WC) یا اینچ آب با فشارسنج (in.WG) اندازه‌گیری میشود، تمام فشارهای خوانده شده را در برگ آزمایش و اطلاعات دستگاههای هوارسان (شکل ۴-۱) یادداشت کنید.

فهرست بازرسی ارزیابی شرایط کار بادزن

اطلاعات و مشخصات زیر را که از پلاك شناسائی (nameplate) و یا نقشه‌ها برداشت میکنید یا واقعا" موجود است در برگ آزمایش اطلاعات دستگاه هوارسان (شکل ۴-۱) وارد کنید:

- سازنده
- شماره سریال
- مدل
- سرعت بادزن ، دور دقیقه
- جهت چرخش
- ظرفیت ، فوت مکعب دور دقیقه (CFM)

شکل ۴-۱ برگ آزمایش و اطلاعات دستگاه هوارسان

پروژه :		مهندس مسئول :		
شماره دستگاه				
محل نصب				
فضایی که هوارسانی میشود				
	داده شده	موجود	داده شده	موجود
اطلاعات فن				
سازنده				
جهت چرخش				
ظرفیت				
راندمان				
نوع				
اندازه چرخ				
سرعت نوك پره فن				

فشار فن : فشار استاتیک ، فشار کل ، فشار استاتیک خارجی یا کل				
	داده شده	موجود	داده شده	موجود
فشار کل ورودی				
فشار استاتیک خروجی				
فشار استاتیک فن				
فشار کل ورودی				
فشار کل خروجی				
فشار کل فن				
فشار استاتیک ورودی				
فشار استاتیک خروجی				
فشار استاتیک کل				
فشاراستاتیک‌خارجی‌درمدخل ورودی				
فشاراستاتیک خارجی درخروجی				
فشار استاتیک خروجی				

ادامه شکل ۴-۱ برگ آزمایش و اطلاعات دستگاه هوارسان

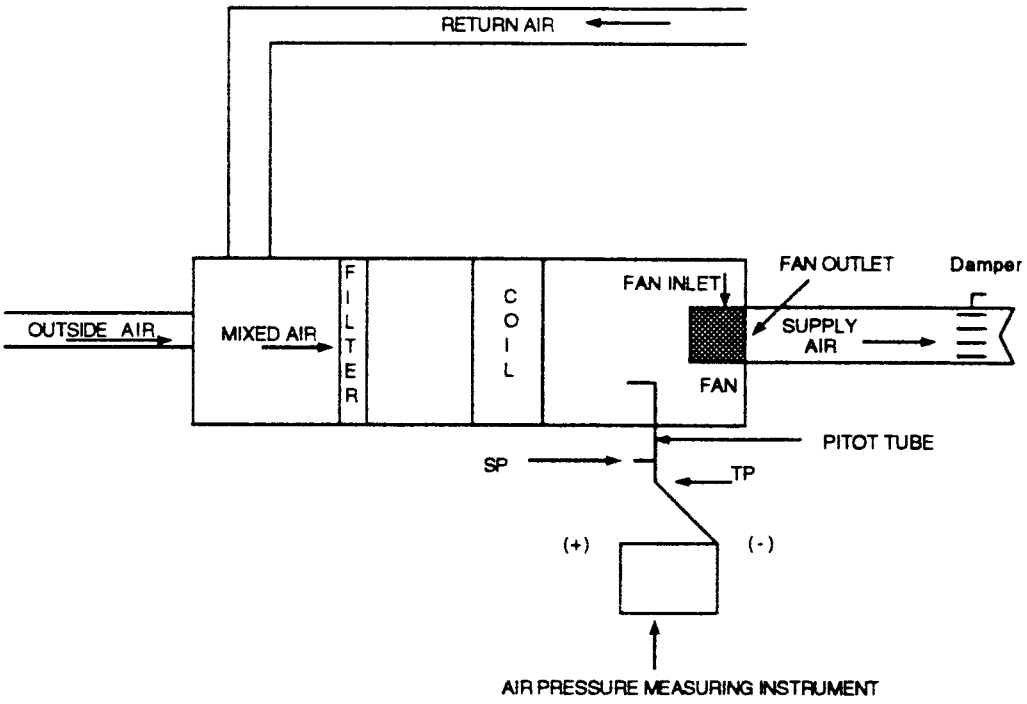
پروژه :		مهندس مسئول :	
اختلاف فشار : فیلتر ، کویل گرمائی ، کویل سرمایی			
	داده شده	موجود	داده شده	موجود
فشاراستاتیک دروردی فیلتر				
فشاراستاتیک درخروجی فیلتر				
اختلاف فشار استاتیک فیلتر				
فشاراستاتیک دروردی کویل گرمایی				
فشاراستاتیک درخروجی کویل گرمایی				
اختلاف فشاراستاتیک کویل گرمایی				
کویل سرمایی خشک یا خیس				
فشاراستاتیک دروردی کویل سرمایی				
فشاراستاتیک درخروجی کویل سرمایی				
اختلاف فشاراستاتیک کویل سرمایی				
شماره بادزن				
مقدار هوا ، فوت مکعب در دقیقه (CFM)				
	داده شده	موجود	داده شده	موجود
هوادهی کل بادزن				
هوادهی کل در خروجی بادزن				
کل هوای تازه				
کل هوای برگشت				
دمای هوا، خشک ، مرطوب ، رطوبت نسبی (RH%)				
	داده شده	موجود	داده شده	موجود
دمای خشک هوای رفت				
دمای مرطوب هوای رفت				
رطوبت نسبی هوای رفت				
دمای خشک هوای برگشت				

ادامه شکل ۴-۱ برگ آزمایش و اطلاعات دستگاه هوارسان

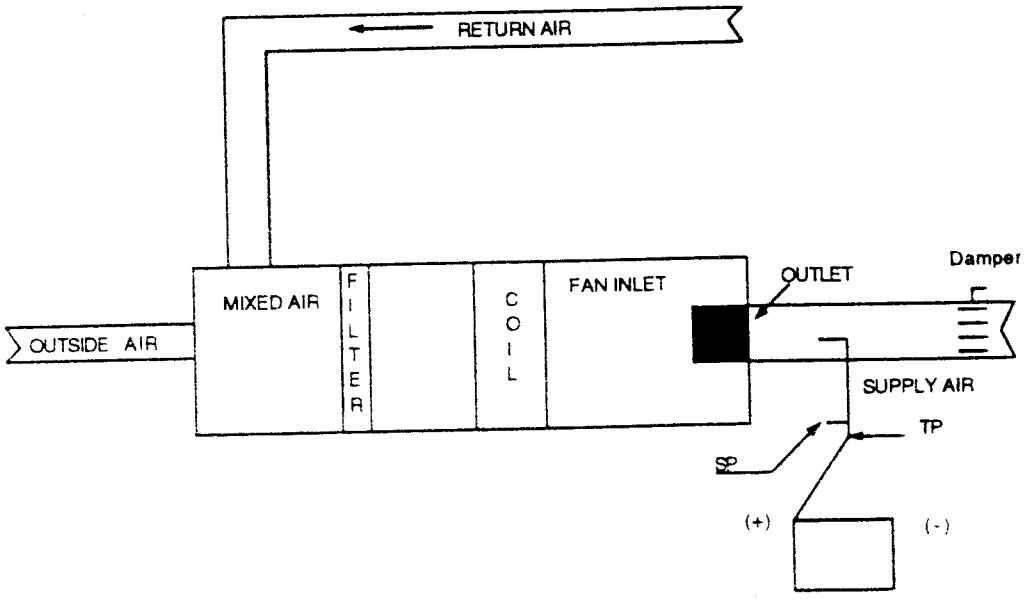
پروژه :		مهندس مسئول :	
	داده شده	موجود	داده شده	موجود
دمای مرطوب هوای برگشت				
رطوبت نسبی هوای برگشت				
دمای خشک هوای تازه				
دمای مرطوب هوای تازه				
رطوبت نسبی هوای تازه				
دمای خشک هوای مخلوط				
دمای مرطوب هوای مخلوط				
رطوبت نسبی هوای مخلوط				
دمای خشک ورودی به‌کویل سرمایی				
دمای خشک خروجی‌ازکویل سرمایی				
دمای‌مرطوب ورودی به‌کویل سرمایی				
دمای‌مرطوب خروجی‌ازکویل سرمایی				
رطوبت نسبی اتاق (RH%)				
وضعیت سیستم				
بادزن				
کانال				
یادداشتها:				

نحوه اندازه‌گیری فشار کل (Total Pressure) بادزن

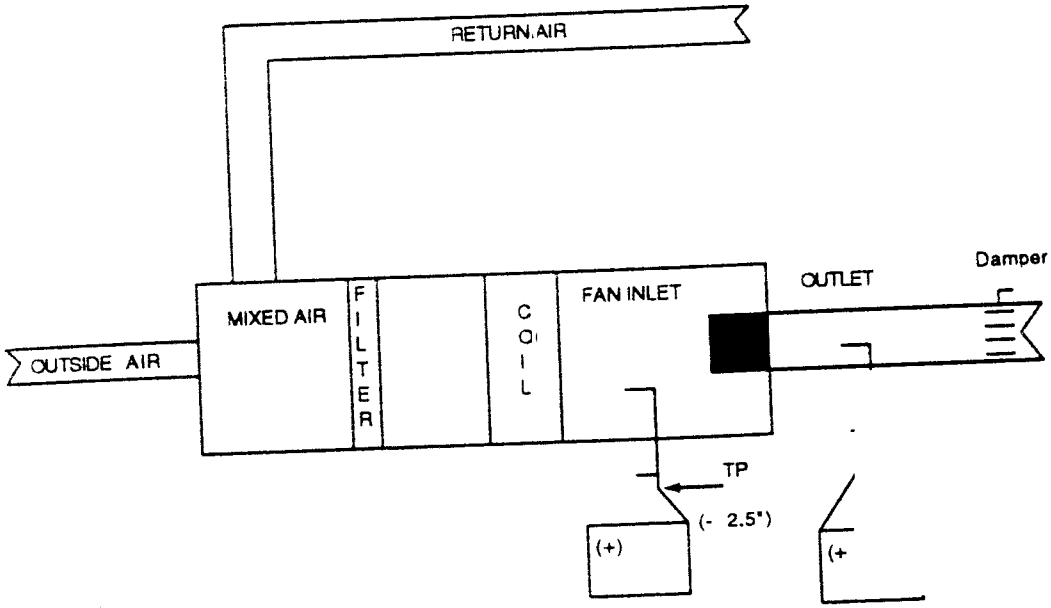
فشار کل (TP) برابر با جمع فشار استاتیک (SP) و فشار سینتیک (VP) در نقطه اندازه‌گیری است. (TP=SP+VP), فشار کل ممکن است بیشتر یا کمتر از فشار آتمسفر باشد و میتواند علامت مثبت (+) یا منفی (-) داشته باشد. برای اندازه‌گیری فشار کل در قسمت مکش فن ، دهانه لوله پیتوت را به طرف منفی (-) دستگاه وصل کنید (شکل ۵-۱). برای اندازه‌گیری فشار کل در خروجی فن، دهانه فشار کل لوله پیتوت را به قسمت مثبت (+) دستگاه وصل کنید (شکل ۶-۱). اندازه‌گیری فشار کل در ورودی بادزن ممکن است برای مشخص کردن فشار کل فن (شکل ۷-۱) یا فشار استاتیک فن (شکل ۸-۱) باشد.



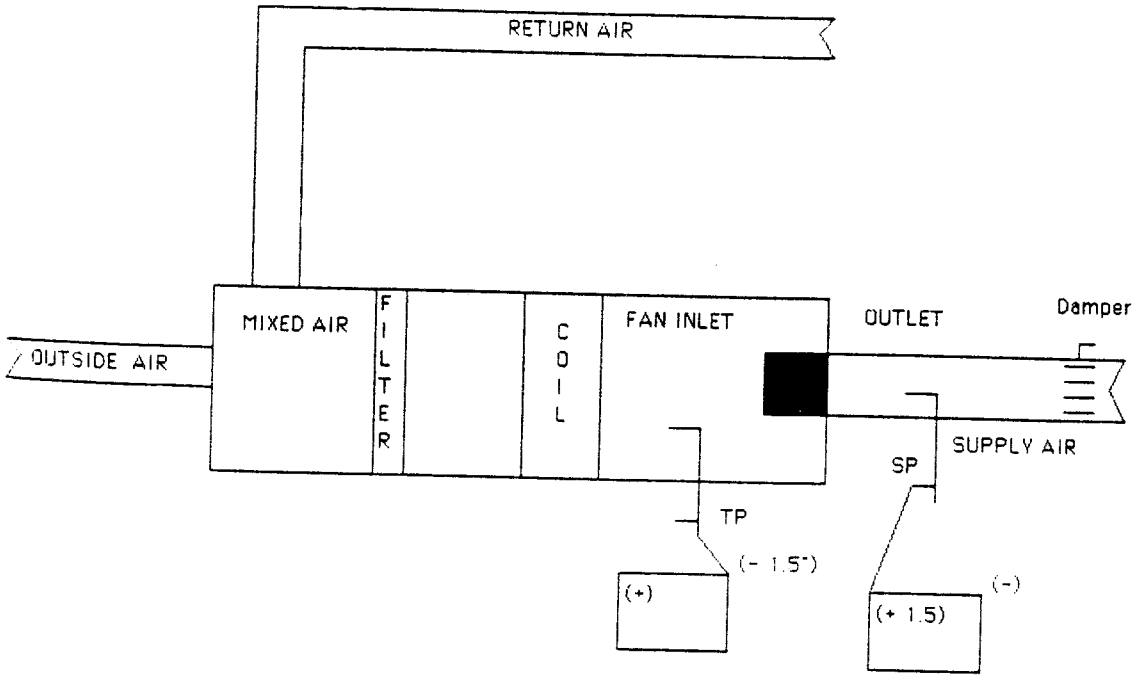
شکل ۵-۱ اندازه‌گیری فشار کل در مکش بادزن



شکل ۶-۱ اندازه‌گیری فشار کل در خروجی بادزن



شکل ۷-۱ اندازه‌گیری فشار کل بادزن



شکل ۸-۱ اندازه‌گیری فشار استاتیک بادزن

نحوه اندازه‌گیری فشار استاتیک بادزن

فشار استاتیک (SP) فشار یا نیرویی است که درون یا خارج از دستگاه هوارسان به جداره کانال و بدنه دستگاه وارد میشود. فشار استاتیک ممکن است بیشتر یا کمتر از فشار آتمسفر باشد و می‌تواند علامت مثبت (+) یا منفی (-) داشته باشد. برای اندازه‌گیری فشار استاتیک در قسمت مکش بادزن ، دهانه فشار استاتیک لوله پیتوت را به قسمت منفی (-) دستگاه وصل کنید. برای اندازه‌گیری فشار استاتیک در قسمت خروجی بادبزن ، دهانه فشار استاتیک لوله پیتوت را به قسمت مثبت (+) دستگاه وصل کنید.

اندازه‌گیری فشارکل و فشار استاتیک بادزن

فشار کل بادزن (TP_F) اندازه انرژی کل مکانیکی فن است که به هوا داده میشود. این فشار در واقع مقدار افزایش فشار کل در ورودی و خروجی فن را نشان میدهد. طبق رابطه (۱-۱):

رابطه ۱-۱ : فشار کل بادزن

$$TP_F = TP_o - TP_I$$

فشار کل فن $= TP_F$

فشار کل در خروجی فن $= TP_o$

فشار کل در ورودی فن $= TP_I$

برای بدست آوردن فشار کل بادزن، فشار کل ورودی و خروجی را جمع جبری نمایید. بعنوان مثال در شکل

۱-۷ ، فشار کل ورودی ۲/۵- اینچ ستون آب و فشار کل خروجی ۳/۵+ اینچ آب است، بنابراین فشار کل بادزن برابر ۶ است [(۲/۵-)-۳/۵+].

فشار استاتیک بادزن برابر با فشار کل منهای فشار سینتیک است (TP_F-VP_F). فشار سینتیک بادزن VP_F در واقع فشار سینتیک در خروجی بادزن است (فشار سینتیک خروجی). فشار سینتیک خروجی (VP_O) فشاری است که بستگی به سرعت هوا در خروجی بادزن دارد. سرعت خروجی (OV) یک عدد نظری است که در واقع سرعت یکنواخت در خروجی بادزن را نشان میدهد. سرعت خروجی از رابطه ۱-۲ و فشار سینتیک بادزن از رابطه ۱-۳ بدست می‌آید:

رابطه ۱-۲ : سرعت خروجی بادزن

$$OV = \frac{CFM}{\text{سطح مقطع}}$$

سرعت خروجی در نقطه خروج از بادزن =OV - فوت در دقیقه (FPM)

سطح مقطع دهانه خروجی - مساحت ناخالص دهانه خروجی بادزن به فوت مربع

ظرفیت هوادهی به فوت مکعب در دقیقه =CFM

رابطه ۱-۳ : فشار سینتیک بادزن

$$VP_F = \left[\frac{OV}{4005}\right]^2$$

VP_F= فشار سینتیک بادزن

4005=عدد ثابت برای هوای استاندارد

$h_v(P_a) = 0.62 V^2$ ← پاسکال ← m/s

رابطه ۱-۴ : فشار استاتیک بادزن
که از روابط زیر بدست می‌آید:

$SP_F = SP_o - TP_I$

$SP_F = TP_F - VP_F$

$TP_F = TP_O - TP_I$

$VP_F = VP_O$

$SP_F = TP_O - TP_I - VP_O$

$TP_O = SP_O + VP_O$

$SP_F = SP_O + VP_O - TP_I - VP_O$

SP_F= فشار استاتیک بادزن

SP_O= فشار استاتیک در خروجی بادزن

VP_O= فشار سینتیک در خروجی بادزن

بنابراین کافی است شما فشار کل ورودی و فشار استاتیک خروجی را اندازه گرفته و با هم جمع جبری کنید. بعنوان مثال ، در شکل ۸-۱ ، فشار کل ورودی ۱/۵- و فشار استاتیک خروجی ۱/۵+ اینچ ستون آب است . بنابراین فشار استاتیک بادزن برابر با عدد ۳ است [(۱/۵-)-۱/۵+] .

عمل کرد بادبزن (Fan Performance) با استفاده از فشار استاتیک و فشار کل بادزن و منحنی آن ارزیابی میشود. این موضوع در فصل دوم بحث خواهد شد.

اندازه‌گیری فشار استاتیک کل و فشار استاتیک خارجی بادزن

فشار استاتیک کل بادزن (TSP) در رابطه ۵-۱ تعریف شده است و از جمع جبری فشار استاتیک اندازه‌گیری شده در دهانه ورودی بادزن و دهانه خروجی بادزن به دست می‌آید.

رابطه ۵-۱ : فشار استاتیک کل بادزن

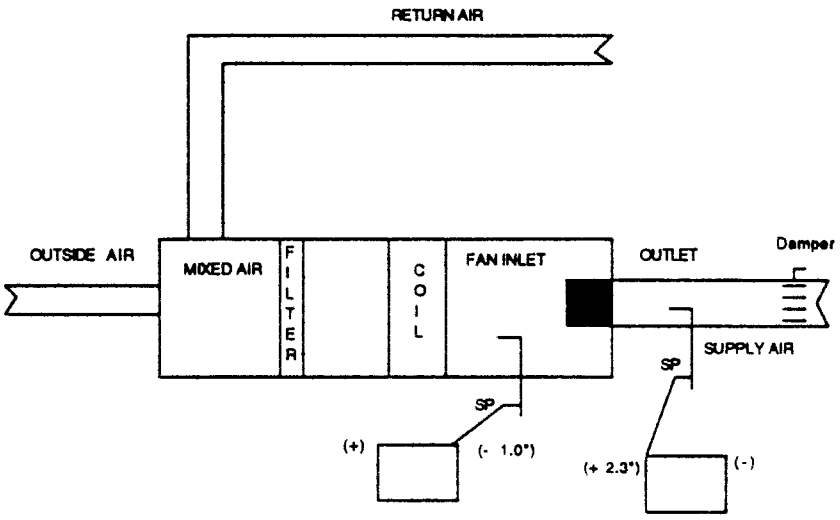
$$TSP = SP_O - SP_I$$

فشار استاتیک کل بادزن =TSP

فشار استاتیک در خروجی بادزن =SP_O

فشار استاتیک در ورودی بادزن =SP_I

در شکل ۹-۱ فشار استاتیک ورودی ۱/۰- و خروجی ۲/۳+ اینچ ستون آب است ، بنابراین فشار استاتیک کل بادزن برابر ۳/۳+ میباشد[(۱/۰-)-۲/۳+].



شکل ۹-۱ اندازه‌گیری فشار استاتیک کل بادزن

فشار استاتیک خارجی (ESP) فشار استاتیک کل است که در کانال خارج از دستگاه هوارسان اندازه‌گیری شده است ، طبق رابطه ۶-۱ .

رابطه ۶-۱ : فشار استاتیک خارجی

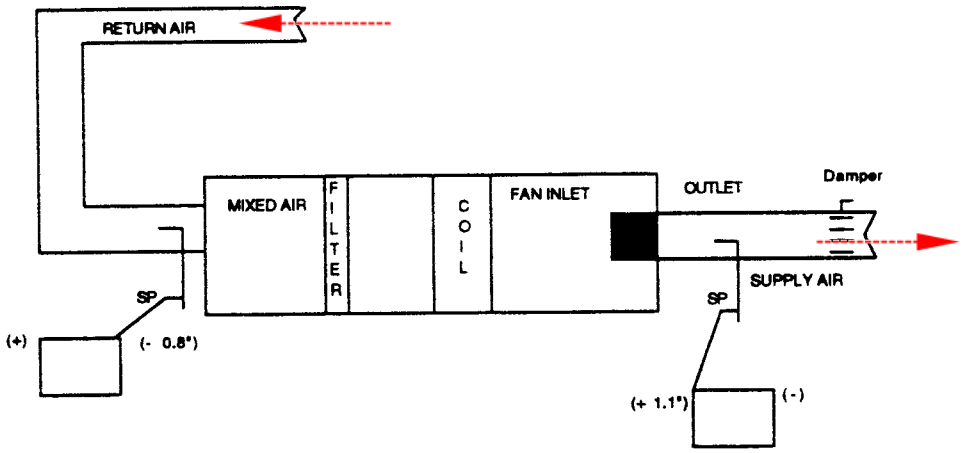
$ESP= SP_O - SP_I$

فشار استاتیک خارج از دستگاه =ESP

فشار استاتیک در کانال خروجی درست در نقطه خروج از دستگاه $=SP_O$

فشار استاتیک در کانال ورودی درست در نقطه خروج از دستگاه $=SP_I$

در شکل ۱۰-۱ فشار استاتیک خروجی برابر با ۱/۹ [(۰/۸-)-۱/۱+] اینچ ستون آب است. طراح بوسیله فشار استاتیک خروجی اندازه‌گیری شده منحنی سیستم را رسم مینماید. منحنی سیستم در فصل دوم مورد بحث قرار میگیرد.

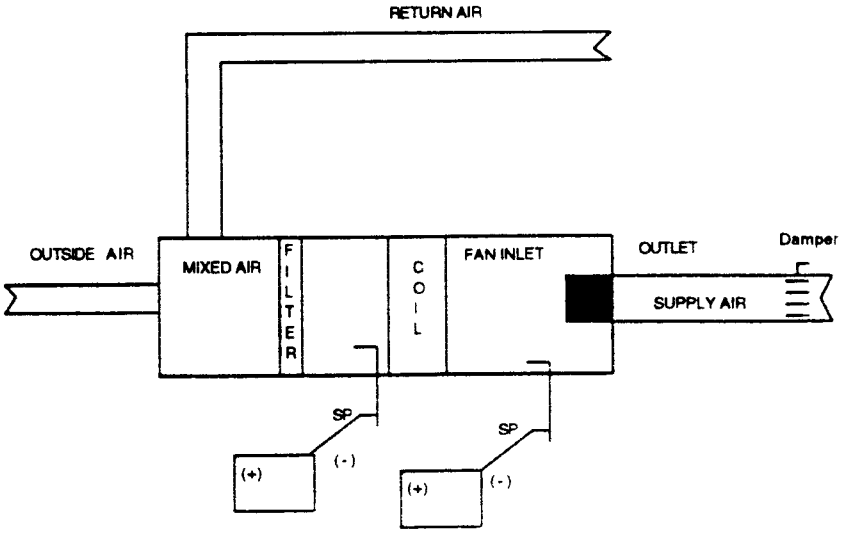


شکل ۱۰-۱ اندازه‌گیری فشار استاتیک خروجی بادزن

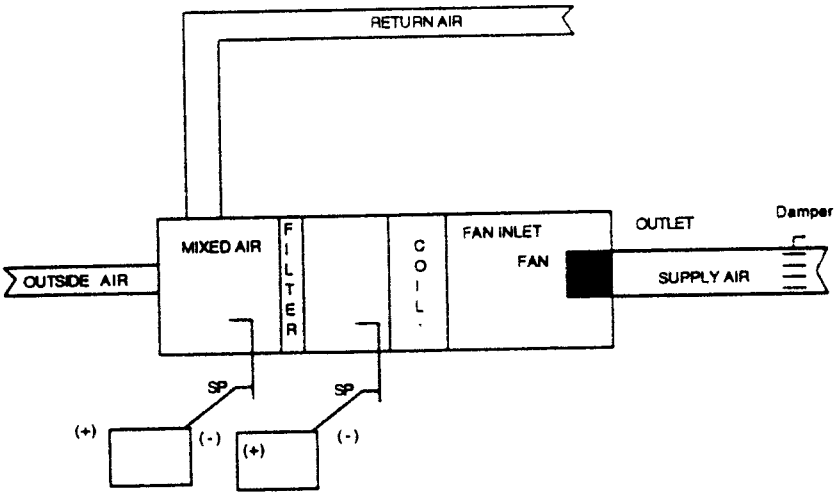
نحوه اندازه‌گیری افت فشار استاتیک در دو طرف کویلها و فیلترها

اندازه‌گیری فشار استاتیک باید در ورودی و خروجی کویل (شکل ۱۱-۱) و ورودی و خروجی فیلتر (شکل ۱۲-۱) و هر نقطه دیگر (مانند زیر) که لازم باشد صورت گیرد:

- در نقاط عرضی (traverse points) لوله پیتوت در کانال .
- در دو طرف اجزای مختلف سیستم مانند دمپرهای کنترل، دمپرهای آتش و دود، زانو و غیره .
- در هر کجا که حس شود مانعی بوجود آمده است .
- در همه نقاط لازم به منظور ترسیم پروفیل فشار استاتیک دستگاه هوارسان یا سیستم کانال کشی .



شکل ۱۱-۱ اندازه‌گیری افت فشار استاتیک در کویل



شکل ۱۲-۱ اندازه‌گیری افت فشار استاتیک در فیلتر

تعیین کمیت مقدار هوای تازه

برای روشن کردن عمل کرد سیستم تهویه مطبوع (HVAC)، ما ناچاریم کل هوای رفت ، کل هوای برگشت و کل هوای تازه را اندازه‌گیری کنیم.

تعیین مقدار هوای تازه با اندازه‌گیری مستقیم

اندازه‌گیری مستقیم هوای تازه با استفاده از نقاط عرضی لوله پیتوت روش مناسبی است ولی عملا" در خیلی از موارد امکان اجرای آن نیست . بهترین روش بعدی برای تعیین مقدار هوای تازه این است که هوای برگشت را بوسیله نقاط عرضی لوله پیتوت اندازه بگیریم و بهمین روش مقدار کل هوای رفت را نیز تعیین کنیم. سپس مقدار هوای برگشت را از مقدار هوای رفت کم کنیم . این محاسبه مقدار هوای تازه را بدست میدهد.

(مقدار هوای برگشت – مقدار هوای رفت = مقدار هوای تازه)

روش دیگر اندازه‌گیری مقدار هوای تازه بوسیله "Anemometer" است ، که البته در اکثر موارد بسیار مشکل است و نتیجه هم دقیق نمی‌باشد.

تعیین کردن مقدار هوای تازه با اندازه‌گیری دمای هوا

روش مستقیم دیگر اندازه‌گیری هوای رفت همه دریچه‌ها و کم کردن مقدار هوای برگشت از آن است.

اندازه‌گیری مقدار هوای تازه با استفاده از دما

هرگاه اندازه‌گیری مستقیم میسر نباشد، مقدار هوای تازه میتواند با اندازه‌گیری دمای هوای مخلوط، هوای رفت، هوای برگشت و هوای تازه محاسبه شود.

اندازه‌گیری زمانی انجام میشود که اختلاف دمای هوای رفت و هوای برگشت حداکثر باشد (مثلا" تابستان و یا زمستان). اندازه‌گیری دما در کانال رفت، برگشت و هوای تازه در یک نقطه کافی است چون در هر یک دمای هوا یکی است اما در جعبه اختلاط هوا(mixing box) برای رسیدن به دمای واقعی هوای مخلوط، در چند نقطه دما اندازه‌گیری شده و سپس میانگین گرفته میشود. یک روش این است که دما در مرکز هر یک از فیلترها اندازه‌گیری شده و آنگاه میانگین گرفته شود. از ترمومتر دیجیتالی یا چند سنسوری (sensor-multi) استفاده کنید ، همچنین با اندازه‌گیری دما در چند نقطه جعبه اختلاط هوا شما قادر خواهید بود که لایه‌بندی هوا (stratification) را تشخیص دهد، لایه‌بندی دمای هوا موجب میشود که در کویلها تبادل حرارتی بخوبی صورت نگیرد و سبب توقف فن شود و گاه باعث یخزدگی کویلها گردد.

از رابطه‌های ۷-۱ و ۸-۱ برای تعیین درصد مقدار هوای تازه استفاده کنید.

رابطه ۷-۱ – درصد هوای تازه

$$\%OA = \frac{RAT - MAT}{RAT - OAT} \times ۱۰۰$$

رابطه ۸-۱ - درصد هوای تازه

$$\%OA = \frac{RAT - [SAT - ۰/۵(TSP)]}{RAT - OAT} \times ۱۰۰$$

درصد هوای تازه، فوت مکعب در دقیقه = %OA
دمای هوای برگشت = RAT
دمای هوای مخلوط = MAT
نیم درجه در اینچ فشار استاتیک (۰/۵هرگاه موتور خارج از جریان هوا است، و ۰/۶ هرگاه موتور در معرض جریان هوا است).
فشار استاتیک کل در دو طرف بادزن = TSP
دمای هوای تازه = OAT
دمای هوای رفت = SAT

مثال ۱-۱ : برای تعیین درصد هوای تازه که وارد بادزن (fan unit) میشود، از ترمومتر دیجیتال استفاده کنید و دما را در عرض (traverse) قسمت فیلترها اندازه بگیرید. میانگین دمای هوای مخلوط ۶۷ درجه فارنهایت است . دمای هوای برگشت ۷۷ و هوای تازه ۳۵ درجه فانهایت است.
مقدار هوای تازه از محاسبه ۲۳/۸ درصد به دست می‌آید.

$$\%OA = \frac{RAT - MAT}{RAT - OAT} \times ۱۰۰$$

$$\%OA = \frac{۷۷ - ۶۷}{۷۷ - ۳۵} \times ۱۰۰$$

$$\%OA = \frac{۱۰}{۴۲} \times ۱۰۰$$

$$\%OA = ۲۳/۸$$

مثال ۲-۱ : دمای هوای رفت برای تعیین مقدار هوای تازه اندازه‌گیری شده است . دمای هوای رفت ۷۲ درجه فارنهایت است . دمای هوای برگشت ۷۷ و هوای خارج ۹۵ درجه فارنهایت است . افزایش فشار در دو طرف فن، ۲ اینچ (TSP) است . موتور خارج از جریان هوا است .
درصد مقدار هوای تازه از محاسبه ۳۳/۳ درصد به دست می‌آید.

$$\%OA = \frac{RAT - [SAT - ۰/۵(TSP)]}{RAT - OAT} \times ۱۰۰$$

$$\%OA = \frac{۷۷ - [۷۲-۰/۵(۲)]}{۷۷ - ۹۵} \times ۱۰۰$$

$$\%OA = \frac{۶}{۱۸} \times ۱۰۰$$

$$\%OA = ۳۳/۳$$

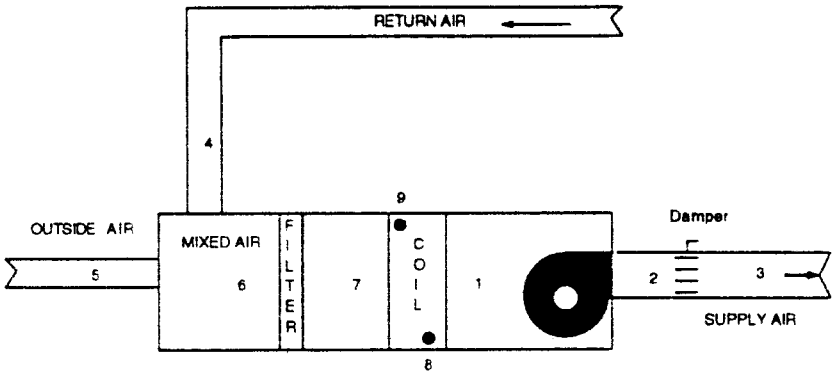
ارزیابی عمل کرد سیستم بوسیله دما

بطور کلی ارزیابی عمل کرد سیستم بوسیله دما ،هراندازه هم دقیق باشد فقط یک تخمین است . اگر از اندازه‌گیری دمابه این منظور استفاده میشود ، مطمئن شوید که ابزار به تازگی کالیبره شده‌اند و طبق دستورالعمل سازنده مورد استفاده قرار میگیرند. بعلاوه ، تمام سطوح فلزی محل اندازه‌گیری باید تمیز باشند و نهایتا" ، باید با حوصله رفتار کرد و زمان کافی برای ثبت دقیق به ابزار داد.

محل اندازه‌گیری دما

در بعضی از موارد برای اندازه‌گیری دما از سوراخهای آزمایش (test holes) تعبیه شده برای اندازه‌گیری فشار هوا استفاده میشود. بطور کلی دمای نقاط زیر اندازه‌گیری میشود:

- در کانال برگشت هوا
- در کانال هوای رفت
- در پلنوم هوای مخلوط
- قبل و بعد از مبدلهای گرمایی مثل کویلهای آب و گرمکنهای برقی و غیره
- قبل و بعد از بادزن
- در کانال هوای رفت
- دریچه‌های هوای رفت
- دریچه‌های هوای برگشت



نقطه اندازه‌گیری	T.P	S.P	V.P	دمای هوا	دمای آب
1	X	X		X	
2	X	X		X	
3		X	X	X	
4		X	X	X	
5		X	X	X	
6		X		X	
7		X			
8					X
9					X

TP = TOTAL PRESSURE ـــــــــــــــ فشار کل
SP = STATIC PRESSURE ـــــــــــــــ استاتیک
VP = VELOCITY PRESSURE ـــــــــــــــ سینتیک
FOR PITOT TUBE TRAVERSE ـــ برای اندازه‌گیری با لوله پیتوت

شکل ۱۳-۱ نقاط اندازه‌گیری دما و فشار در کانالها و دستگاه هوارسان

نحوه تعیین عمل‌کرد مبدلهای گرمایی با استفاده از دمای آب و هوا

برای مبدلهای گرمایی که تنها دمای خشک اندازه‌گیری میشود، مانند هیترهای برقی ، کویلهای گرمایی، کویل سرمایی خشک ، کویل کندانسور هوایی و مانند آنها، از رابطه ۹-۱ استفاده کنید.

رابطه ۹-۱ : گرمای محسوس، هوا

$$BTUH_s = CFM \times ۱/۰۸ \times \Delta T$$

$BTUH_s$= بی تی یو در ساعت گرمای محسوس

CFM= فوت مکعب در دقیقه

۱/۰۸= عدد ثابت

ΔT= اختلاف دمای خشک بین هوای ورودی و خروجی کویل

برای مبدلهای گرمایی که تنها دمای مرطوب اندازه گرفته میشود، مانند کویل سرمایی مرطوب ، از رابطه ۱۰-۱ استفاده کنید.

رابطه ۱۰-۱ : گرمای کل ، هوا

$$BTUH_t = CFM \times ۴/۵ \times \Delta h$$

$BTUH_t$= بی تی یو در ساعت ، گرمای کل

CFM= فوت مکعب در دقیقه

۴/۵= عدد ثابت

Δh= تغییرات مقدار کل گرمای هوای رفت ، بی تی یو در پوند

(این عدد از منحنی‌های سایکرومتریک یا جداول مشخصات مخلوط هوا و آب اشباع بدست می‌آید)

برای مبدلهای گرمایی آبی از رابطه ۱۱-۱ استفاده کنید.
رابطه ۱۱-۱ : گرمای کل ، هوا
$BTUH= gpm \times ۵۰۰ \times \Delta T_W$

بی تی یو در ساعت ، آب =BTUH
گالن آب در دقیقه =gpm
عدد ثابت =۵۰۰
اختلاف دمای آب ورودی به کویل و آب خروجی از کویل، فارنهایت $=\Delta T_W$

مثال ۳-۱ : عمل کرد کویل را از روی دمای آب و هوا بررسی کنید، دمای آب ورودی به کویل سرمایی مرطوب ۴۵ و خروجی آن ۵۸ درجه فارنهایت است . دبی آب در کویل مستقیما" اندازه‌گیری شده و ۳۴ گالن در دقیقه است . مقدار هوای اندازه‌گیری شده ۵۹۸۰ فوت مکعب در دقیقه‌است . دمای مرطوب هوای ورودی ۶۶ و خروجی آن ۵۴ درجه فارنهایت است .

تبادل گرما را از دمای آب حساب کنید:

$BTUH= gpm \times ۵۰۰ \times \Delta T_W$
$BTUH=۳۴ \times ۵۰۰ \times ۱۳$
$BTUH=۲۲۱۰۰۰$

تبادل گرما را از دمای هوا حساب کنید:

$BTUH_T= CFM \times ۴/۵ \times \Delta h$
$BTUH_T=۵۹۸۰ \times ۴/۵ \times ۸/۲۱$
$BTUH_T=۲۲۰۹۳۰$

$۶۶ ^\circ_F$ WB=۳۰/۸۳Btu/lb
$۵۴ ^\circ_F$ WB=۲۲/۶۲Btu/lb
۸/۲۱ Btu/lb

این اندازه‌گیری عملکرد کویل را نشان میدهد(۲۲۱ هزار در مقابل ۲۲۰۹۳۰ بی‌تی‌یو در ساعت)

مثال ۴-۱ : عمل کرد کویل گرمایی را بوسیله دمای هوا تعیین کنید. دمای هوا به کویل ۶۸ و خروج از آن ۱۰۰ درجه فارنهایت است . دبی هوا ۲۵۰۰ فوت مکعب در دقیقه است .

$BTUH_s= CFM \times ۱/۰۸ \times \Delta T$
$BTUH_s=۲۵۰۰ \times ۱/۰۸ \times ۳۲$
$BTUH_s=۸۶۴۰۰$

فصل دوم - اجزای تشکیل دهنده سیستم مرکزی - بادزنها

اولین قسمت این فصل به شناسایی بادزن، طبقه‌بندی (categories)، مشخصات (characteristics) و آرایش (arrangement) تعدادی بادزن در یک مجموعه اختصاص دارد. این قسمت چگونگی محاسبه قدرت، راندمان و سرعت نوك پره (tip speed) بادزن را آموزش میدهد. خواهید آموخت که چگونه با استفاده از قوانین بادزنها، عملکرد (performance) سیستم را معین کنید. همچنین چگونگی استفاده از منحنی‌های عملکرد بادزن و جداول چند منظوره آن، برای پیش بینی عملکرد بادزن آموخته خواهد شد. در پایان این فصل قادر خواهید بود منحنی کار سیستم را رسم کنید و نقطه کار (operating point) بادزنهای موازی و سری را پیدا کنید. با استفاده از قوانین بادزن، منحنی عملکرد بادزن و منحنی کار سیستم، می‌توانید تغییرات سرعت دورانی بادزن و یاتغییرات کانال‌کشی سیستم را محاسبه کنید و بصورت ترسیمی نمایش دهید.

نحوه کار بادزنها

هنگامیکه بادزن میچرخد، نیروی گریز از مرکز هوا را به سمت بیرون پرتاب میکند و در این لحظه فشار دهانه ورودی فن کاهش می‌یابد. با کم شدن فشار دهانه ورودی، هوا با فشار آتمسفر به داخل بادزن رانده میشود. هوا با سرعت نسبتا" زیاد از چرخ بادزن (fan wheel) خارج میشود. سپس در محفظه بادزن (fan housing) سرعت کاهش می‌یابد و به فشار تبدیل میشود. اندازه قطر چرخ بادزن و سرعت دورانی آن معین کننده فشار بادزن هستند. بیشتر بادزنها در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، هوارسانی با حجم ثابت (constant volume) هستند، به استثناء مواقعی که مقدار هوای ورودی و خروجی به وسیله موتورهای با فرکانس متغیر یا دمپرهای کنترل متغیر باشد. این بادزنها "حجم متغیر" نامیده میشوند. در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع بادزنها ماشینهایی با فشار پایین محسوب میشوند که فشار خروجی آنها، حدود ۱۰ اینچ ستون آب و کمتر میباشد.

طبقه بندی بادزنها

انواع بادزنهایی که در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع به کار میروند به سه گروه اصلی تقسیم میگردند: محوری، گریز از مرکز و بادزنهای ویژه. در مورد هر یک از این سه گروه بعدا" در این فصل بطور مفصل صحبت خواهد شد ولی در سطور بعدی هر یک را به اختصار معرفی خواهیم کرد.

بادزنهای محوری (axial fans) بادزنهایی هستند که جهت جریان در چرخ به موازات محور آنها است. این بادزنها در انواع ملخی (propeller)، لوله محوری (tubeaxial) و پره محوری (vaneaxial) رده‌بندی میشوند.

بادزنهای گریز از مرکز (centrifugal fans) بادزنهایی هستند که جهت جریان هوا نسبت به محور، شعاعی (radial) یا دایره‌وار (circular) است. پنج رده از این بادزنها عبارتند از خمیده به جلو (forward curved)، خمیده به عقب (backward curved)، خمیده به عقب بطور اریب (backward inclined)، آئرودینامیکی (airfoil) و شعاعی (radial).

بادزنهای ویژه بادزنهایی با طراحی متفاوتند، مانند مکنده‌های پشت بامی گریز از مرکز یا محوری و بادزنهای گریز از مرکز لوله‌ای (tubular) که بنام بادزن خطی (inline) هم شهرت دارد.

علاوه براینها بادزنها از نظر نوع ساخت و کلاس فشار هم طبقه‌بندی میشوند که به جهت چرخش، آرایش اجزای محرك، محل موتور، جهت خروج هوا و پهنای چرخ (width of wheel) مربوط میشود.

کلاس فشار (Pressure Class)

کلاسهای فشار (IV, III, II, I) براساس فشاری است که فن تولید میکند. هرچه کلاس فشار بالاتر باشد، نمایانگر ساخت سنگین‌تر، فشار، سرعت و ظرفیت بیشتر است.

جهت چرخش بادزن

جهت گردش چرخ در بادزنهای گریز از مرکز یا در جهت عقربه‌های ساعت (CW) یا خلاف جهت عقربه‌های ساعت (CCW) است.

برای معین کردن جهت چرخش بادزنهای گریز از مرکز، باید از طرف محرك ایستاد و به آنها نگاه کرد. منظور از جهت محرك، طرفی است که موتور قرار دارد و با شکل بندی (configuration) بادزنها متفاوت است. در بادزنهای تک ورودی (single inlet) و تک عرضی (single wide) که خلاصه آن (SISW) است، جهت محرك طرفی است که مقابل دهانه ورودی قرار دارد. در بادزنهای دو ورودی (double inlet) و دو عرضی (double wide) که خلاصه آن (DIDW) است، جهت محرك، طرفی است که محرك قرار دارد. در بادزنهایی که دو محرك دارند، طرفی که قدرت بیشتری دارد، جهت محرك تلقی میشود. در بادزنهای محوری معمولا" جهت حرکت هوا بوسیله یک فلش روی بدنه آنها مشخص است. هنگام کابل‌کشی موتور بادزن، جهت چرخش باید مشاهده و در صورت لزوم تصحیح گردد. جهت چرخش درست بادزن بسیار مهم است. در بادزن گریز از مرکز که خلاف جهت میچرخد، دبی هوا ممکن است تا ۵۰ درصد یا بیشتر کاهش یابد.

پهنای چرخ بادزن (width of fan wheel)

بادزنهای گریز از مرکز ممکن است تک ورودی تک عرضی، یا دو ورودی دو عرضی طراحی شده باشند. در بادزنهای محوری از مشخصه پهنا استفاده نمی شود. بادزنهای تک ورودی تک عرضی فقط یک فن و یک ورودی دارند. چون در بادزنهای SISW، موتور مقابل ورودی قرار میگیرد، یاتاقانهای بادبزن در معرض جریان هوا نیستند. بهمین دلیل از این نوع بادزنها در کاربردهایی که لازم است کانال ورودی به بادزن وصل شود و یا دمای هوا زیاد است استفاده میشود.

بادزنهای DIDW دارای دو فن هم عرض هستند که در مجاور یکدیگر روی یک محور سوار میشوند و در داخل یک پوسته (housing) قرار میگیرند. هوا از دو طرف وارد چرخ فن میشود. از این بادزنها در کاربردهایی که حجم هوا زیاد است و سیستم ورود هوا بصورت باز است استفاده میشود.

آرایش اجزای تشکیل دهنده محرك

منظور از آرایش بادزن، محل قرار گفتن محرك نسبت به بادزن است. آرایشها از یک تا ده شماره گذاری شده‌اند. آرایش بادزن را در کاتالوگ سازنده می‌توان یافت.

جهت خروج هوا

جهت خروج بادزنهای گریز از مرکز (شکل ۱-۲) همانند چرخش آن، باید از طرف محرك دیده شود. (مثل اینکه بادزن روی زمین نشسته باشد). اگر زاویه خروج هوا، بسمت بالا یا پایین، بطور مشخص معین نشده باشد، اینطور فرض میشود که هوا با زاویه ۴۵، ۱۳۵، ۲۲۵ یا ۳۱۵ درجه نسبت به خط قائم و هماهنگ با جهت چرخش خارج میشود. زاویه ۳۶۰ درجه به معنای خروج هوا به سمت بالا (up blast) می‌باشد و آن را به "UB" نشان میدهند. زاویه بالا ۴۵ درجه از خط قائم با چرخش در جهت عقربه‌های ساعت به شکل TAUCW45 نوشته میشود.

بادزنهای محوری با مشخصه جهت خروج هوا تعریف نمیشوند. علایم بادزنهای گریزازمرکز عبارتند از:

- در جهت عقربه‌های ساعت Clockwise (CW) .
- در خلاف عقربه‌های ساعت Counterclockwise (CCW).
- خروج افقی از بالا Top Horizontal Discharge (TH or THD) .
- خروج از بالا و اریب به سمت پایین
  Top Angular Down Discharge (TAD or TADD).
- خروج از پایین Down Blast Discharge (DB or DBD).
- خروج از پایین و اریب به سمت پایین
  Bottom Angular Down Discharge (BAD or BADD).
- خروج از بالا و اریب به سمت بالا
  Top Angular Up Discharge (TAU or TAUD).
- خروج از بالا Up Blast Discharge (UB or UBD).
- خروج از پایین و اریب به سمت بالا
  Bottom Angular Up Discharge (BAU or BAUD).
- خروج افقی از پایین Bottom Horizontal Discharge (BH or BHD) .

خروج قائم از بالا

خروج از بالا و اریب به سمت بالا

خروج افقی از بالا

خروج قائم از پایین

شکل ۱-۲ انواع تیپ جهت چرخش و جهت خروج هوا در جهت حرکت عقربه‌های ساعت

مشخصات بادزنها (Characteristics of Fans)

بادزنهای محوری

طبقه‌بندی عمومی بادزنهای محوری عبارتند از: ملخی (P)، لوله محوری (TA) و پره محوری (VA).

جدول ۱-۲ تفاوتهای این سه نوع بادزن را نشان میدهد.

جدول ۱-۲ مشخصات عمومی سه نوع بادزن محوری

	P	TA	VA
- ساختمان بادزن و چرخ آن			
محفظه ساده دایره‌ای	x		
استوانه لوله‌ای		x	
لوله با پره‌های یکنواخت کننده			x
پره یک جداره	x	x	
پره‌های آئرودینامیکی (دو جداره)		x	x
پره‌های بلند و ناف (nub) کوچک		x	
پره‌های کوتاه و ناف بلند			x
دو پره یابیشتر و با ساخت سبک	x		
چهار یا هشت پره و ساخت سنگین		x	x
پره‌های با زاویه قابل تنظیم			x
- دامنه فشار استاتیک			
فشار پایین. معمولا" "۳/۴ اینچ و کمتر	x		
فشار متوسط. معمولا" تا ۳ اینچ		x	
فشار متوسط تا زیاد			x

ادامه جدول ۱-۲ مشخصات عمومی سه نوع بادزن محوری

	P	TA	VA
- مقدار هوا و خروج آن			
جریان هوا موازی محور است	x	x	x
خروج هوا به شکل دایره یا حلزونی	x	x	
تیغه‌هایی که شکل حلزونی خروج هوا را یکنواخت میکند			x
- راندمان			
کم	x		
متوسط		x	
زیاد			x
حداکثر راندمان در حداکثر مقدار هوا	x	x	x
- حدود توان			
کمترین مقدار در حداکثر مقدار هوا	x	x	x
بالاترین مقدار در کمترین مقدار هوا	x	x	x
توان با افزایش فشار استاتیک زیاد میشود	x	x	x

نمونه کاربرد

در کاربردهای با فشار پایین مورد استفاده است (P).
در کاربردهای با هوادهی زیاد و فشار کم استفاده میشود (P).
برای گردش هوا و تخلیه آن بدون اتصال کانال (P).
در کاربردهای با فشار متوسط ، و هوادهی متوسط تا زیاد (TA).
برای اتصال کانال ،تخلیه دود، کیوسکهای رنگ زنی و فرهای خشک کن (TA).
در کاربردهایی که نیاز به توزیع هوای خوب بعد از بادزن باشد (VA).
در کاربردهای با فشار متوسط و زیاد، هوادهی متوسط تا زیاد (VA).

مشخصات منحنی‌های عمل کرد

منحنی عمل کرد بادزن در سمت چپ نقطه حداکثر فشار و براثر واماندگی آئرودینامیکی (AERODYNAMIC STALL) نقطه فرورفتگی دارد. از کار کردن بادزن در این محدوده باید خودداری کرد (TA,VA).

علایم اختصاری :
بادزن ملخی P= (propeller)

بادزن لوله‌ای محوری TA= (Tubeaxial)
بادزن پره محوری VA= (Vaneaxial)

بادزنهای ملخی (Propeller Fans)

این نوع بادزن هوادهی زیاد با فشار کم دارد. یکی از کاربردهای نمونه این بادزنها جریان دادن هوا در یک اتاق یا تخلیه هوا از آن است. از بادزن‌های ملخی بزرگ گاهی در برجهای خنک کن استفاده میشود. بدنه این بادزنها معمولا" یک پوسته دایره‌ای (ring enclosure) است و معمولا" دو یا چند عدد پره یک جداره دارند. بادزنهای ملخی معمولا" راندمان خوبی ندارند. یکی از مشخصه‌های بادزن ملخی این است که توان کار (operating horsepower) که بنام توان حقیقی (Brake horsepower) خوانده میشود، در حداکثر مقدار هوا کمترین، و در حداقل مقدار هوا بیشترین میزان را دارد.

یک مثال در این مورد بادزن‌های ملخی خانگی است. چنانچه به این نوع بادزن نگاه کنید، درمی‌یابید که روی کلید بادزن اولین حالت، حالت خاموش (off)است. حالت بعد دور حداکثر(high)، حالت بعد متوسط(medium) وسپس دور کم (low) قرار دارد. علت این نوع طراحی این است که وقتی بادزن روشن میشود، مقدار جریان و توان حقیقی حداقل، و در حالت(low)، حداکثر است.

بادزنهای لوله محوری (Tubeaxial Fans)

این بادزنهای ملخی سخت کار (heavy duty) هستند که در مواردی مانند تخلیه هودها، کیوسکهای رنگ زنی و فرهای خشک کن کاربرد دارند. چرخ بادزن لوله محوری در یک استوانه لوله‌ای محصور شده است و شبیه چرخ بادزن ملخی است. تفاوت اساسی این بادزن با ملخی در این است که تعداد پره‌ها بیشتر (۴ تا ۸ عدد) است و ساخت آنها ضخیم‌تر و سنگین‌تر است. راندمان بادزنهای لوله محوری بیش از ملخی است و در حداکثر هوادهی بالاترین راندمان را دارد. همانند بادزن ملخی، توان بادزنهای لوله محوری در حداکثر هوادهی کمترین میزان را دارد.

بادزنهای پره محوری (Vaneaxial Fans)

این بادزنها در واقع همان بادزن لوله محوری هستند ولی تیغه‌های یکنواخت کننده دارند. این بادزنها در تاسیسات تهویه مطبوع (HVAC) برای هوارسانی با کانال به ساختمانهای اداری و دیگر ساختمانهای تجاری استفاده میشود. بدنه این بادزن شبیه لوله محوری است و فقط تیغه هدایت کننده برای یکنواخت کردن جریان هوا به آن اضافه میشود. این نوع بادزن در میان انواع بادزنهای محوری بالاترین راندمان را داراست. چرخ بادزنهای پره محوری کوتاهتر و ناف آن بزرگتر از لوله محوری است ولی همانند لوله محوری و ملخی، توان کاری‌اش در حداکثر مقدار هوا کمترین میزان است.

بادزنهای گریز از مرکز

این بادزنها در چهار گروه طبقه‌بندی میشوند که عبارت است از: تیغه خمیده به جلو (FC)، تیغه خمیده به عقب (BC)، یا به صورت اریب (BI)، آئرودینامیکی (AF) و شعاعی (R). جدول ۲-۲ تفاوتهای این چهار نوع را نشان میدهد.

جدول ۲-۲ مشخصات عمومی چهار نوع بادزن گریز از مرکز

	FC	BC	BI	AF	R
ساخت بادزن و چرخ آن					
۲۴ تا ۶۴ پره کم عمق	x				
انحنای پروانه در جهت چرخش	x				
چرخها معمولا" به قطر ۲۴ اینچ یا کوچکتر است	x				
چند چرخ ممکن است روی یک محور باشد	x				
ساخت سبک	x				
۱۰ تا ۱۶ پره (پره‌های با انحنا)		x			
انحنای پره‌ها در خلاف جهت چرخش		x		x	
ساخت متوسط و سنگین وزن		x	x	x	
۱۰ تا ۱۶ پره مسطح (flat)			x		
پره‌ها نسبت به جهت چرخش خمیده و اریب‌اند			x		
۱۰ تا ۱۶ عدد پره به شکل آئرودینامیکی دارد				x	
انحنا پره‌ها در خلاف جهت چرخش				x	
۶ تا ۱۰ عدد پره (پره مسطح)					x
نوك پره‌هانسبت به‌مرکزچرخ بطورشعاعی قرار گرفته‌اند					x
ساخت سنگین وزن					x
حدود فشار استاتیک					
کم تا متوسط	x				
متوسط تا زیاد		x	x	x	x
زیاد					x
میزان هوادهی و جهت خروج آن					
جریان نسبت به محور عمود است	x	x	x	x	x
خروج هوا افقی از بالا یا پایین	x	x	x	x	x
خروج هوا قائم از بالا یا پایین	x	x	x	x	x
خروج هوابطورواریب ازبالا یاپایین چرخ بسمت پایین	x	x	x	x	x
خروج هوابطورواریب ازبالا یاپایین چرخ بسمت بالا	x	x	x	x	x

ادامه جدول ۲-۲ مشخصات عمومی چهار نوع بادزن گریز از مرکز

	FC	BC	BI	AF	R
راندمان کم تا متوسط متوسط بالاترین راندمان در میان بادزنهای گریز از مرکز کمترین راندمان در بین بادزنهای گریز از مرکز	x	x	x	x	x
مشخصات توان با افزایش هوادهی و کاهش فشار استاتیک توان بطور پیوسته افزایش می‌یابد. "حالت اضافه بار شدنی (overloading)" (FC,R). با افزایشی در هوادهی توان زیاد میشود ولی فقط تا نقطه سمت راست راندمان حداکثر، و سپس به تدریج کاهش می‌یابد. " حالت اضافه بار نشدنی nonover loading " (AF,BI,BC).					
کاربردهای تیپ - در کاربردهایی با فشار و هوادهی کم و متوسط مانند دستگاههای خانگی و یکپارچه (package units) (FC). - در کاربردهای صنعتی با فشار و هوادهی متوسط و زیاد که ممکن است گرد وخاك باعث سایش (erosion) پره‌های آئرودینامیکی شود (BC,BI). - در کاربردهای صنعتی و تجاری با فشار و هوادهی متوسط تا زیاد و برای تاسیسات تهویه مطبوع (BC,BI,AF). - در کاربردهای صنعتی تخلیه مواد زاید با فشار و سرعت زیاد (R).					
مشخصات منحنی عمل کرد **(Performance curve characteristics)** - حداکثر زمان در سمت راست حداکثر فشار اتفاق می‌افتد وقتی بادزن حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد میزان هوادهی را میدهد (FC). - یک فرو رفتگی (dip) در سمت راست حداکثر فشار منحنی					

ادامه جدول ۲-۲ مشخصات عمومی چهار نوع بادزن گریز از مرکز

	FC	BC	BI	AF	R
وجود دارد که در بعضی مواقع باعث میشود نقطه کارکرد بادزن نوسان یابد (FC). - منحنی فشار شیب بیشتری نسبت به خمیده به عقب ، و اریب و آئرودینامیکی دارد و راندمان کمتری هم نسبت به این بادزنها دارد (FC). - نقطه فرو رفتگی در سمت چپ حداکثر فشار وجود ندارد و بهمین دلیل عمل کرد (operation) بادزن ثابت تر و قابل پیش بینی‌تر است (BC,BI,AF). - حداکثر راندمان در ۵۰ الی ۶۵ درصد هوادهی اتفاق می‌افتد (BC,BI,AF). - ممکن است نقطه فرو رفتگی در سمت چپ حداکثر فشار منحنی داشته باشد ولی نه به‌اندازه بادزنهای پره‌های پیش خمیده. معمولا" این فرو رفتگی آن قدر نیست که اشکالی ایجاد کند (R).					
علایم اختصاری: - بادزن با پره‌های خمیده به جلو FC- Forward Curved Fan - بادزن با پره‌های خمیده به سمت عقب BC- Backward Curved Fan - بادزن با پره‌های خمیده به سمت عقب و اریب inclined Fan BI- Backward - بادزن آئرودینامیکی AF- Airfoil Fan - بادزن شعاعی R- Radial Fan					

بادزن با پره‌های خمیده به جلو(The Forward Curved Fan)

این بادزن گاهی به نام بادزن قفس سنجابی (squirrel cage) خوانده میشود و بطور عام در دستگاههای خانگی و کاربردهای کوچک صنعتی و تجاری استفاده میشود. بدنه بادزن سبک وزن است. چرخ دارای ۲۴ تا ۶۴ پره کم‌عمق است که‌انحنای آن درجهت چرخش است. قطر چرخ معمولا" ۲۴ اینچ یا کوچکتر است و ممکن است دو یا چند چرخ روی یک محور سوار شوند. یکی ازمشخصه‌های این بادزن این است که وقتی مقدار هوا کم است توان کارهم کم‌است و به‌تدریج که میزان هوادهی زیاد میشود توان نیز افزایش می‌یابد.

بادزن با پره‌های خمیده به عقب و خمیده به عقب و اریب
(The Backward Curved Fan and Backward Inclined Fans)

چرخ این بادزنها دارای ۱۰ الی ۱۶ پره است که خمیدگی یا اریبی آنان خلاف جهت چرخش است. توان کار این بادزنها با افزایش مقدار هوا ازدیاد می‌یابد (فقط تا یک نقطه مشخص) و سپس رو به کاهش می‌گذارد. به همین دلیل به اینها، بادزن " اضافه بار نشدنی non overloading " می‌گویند. بعبارت دیگر، اگر موتور الکتریکی آن درست انتخاب شود، صرفنظر از مقدار هوادهی، هیچگاه بیش از حداکثر آمپر نوشته شده بر پلاك مشخصات را نخواهد کشید. راندمان بادزنهای با پره خمیده به عقب (backward) بیشتر از پیش خمیده ولی کمتر از آئرودینامیکی است.

بادزنهای آئرودینامیکی (The Airfoil Fans)

بالاترین راندمان را در گروه بادزنهای گریز از مرکز دارد. چرخ بادزن ۱۰ الی ۱۶ پره آئرودینامیکی مشابه بال هواپیما دارد و خمیدگی پره‌های آن در خلاف جهت چرخش است. همانند بادزنهای با پره خمیده به عقب توان کار تا یک نقطه با میزان هوادهی افزایش می‌یابد ولی پس از آن به تدریج کم میشود. بنابراین، بادزنهای آئرودینامیکی هم " اضافه بار نشدنی " هستند.

بادزنهای رادیال (شعاعی)

در کاربردهای سنگین صنعتی مانند جمع آوری زواید و خاك اره ماشینهای برش چوب استفاده میشود. بدنه آن سنگین وزن است. چرخ بادزن هم معمولا" سنگین ساخته میشود و پره‌های باریک و با قطر زیاد دارد. چرخ حدود ۶ الی ۱۰ پره پارویی (paddle) دارد که گاهی اوقات برای حفاظت به آن لایه مخصوصی اضافه میشود.
این بادزنها کمترین راندمان را در گروه خود دارند. با ازدیاد مقدار هوادهی توان کار هم افزایش می‌یابد. بنابراین بادزنهای شعاعی همانند بادزنهای با پره پیش خمیده از نوع " اضافه بار شدنی " هستند.

بادزنهای ویژه

رده‌بندی بادزنهای ویژه شامل گریز از مرکز لوله‌ای (Tubular Centrifugal) یا خطی (inline)، مکنده‌های گریز از مرکز پشت بامی (power roof ventilator) و مکنده‌های محوری پشت بامی است. دو بادزن اخیر بسیار کوچک هستند و معمولا" برای تخلیه توالتها و فضاهای زیر شیروانی استفاده میشوند. آنها با فشار استاتیک کم و توان و راندمان پایین کار میکنند.

بادزنهای گریز از مرکز لوله‌ای یا خطی

- **ساخت چرخ** - چرخ در یک بدنه استوانه‌ای شکل لوله‌ای قرار میگیرد و پره‌های آن از نوع خمیده به عقب یا اریب یا آئرودینامیکی است .
- **دامنه فشار استاتیک** - کم
- **مقدار هوادهی و جهت خروج آن** - هوا نسبت به محور بطور عمودی خارج میشود. بعد جهت خود را ۹۰ درجه با عبور از پره‌های هدایت کننده (vane) عوض میکند و سپس در امتداد محور بادزن به راه خود ادامه میدهد.
- **راندمان** - کمتر از بادزنهای با پره خمیده به عقب یا اریب است.
- **مشخصات توان** - این بادزن هم " اضافه بار نشدنی " است.
- **نمونه کاربرد**- روی هوای برگشت وقتی که موضوع صرفه‌جویی در جا مطرح باشد استفاده دارد.
- **مشخصات منحنی عملکرد**- بطور کلی، نقطه فرو رفتگی در سمت چپ منحنی حداکثر فشار را ندارند.

نحوه کار این بادزنها ثابت و قابل پیش بینی و شبیه بادزنهای با پره خمیده به عقب است، جز آن که ظرفیت، فشار و راندمان کمتری دارند.

روش محاسبه توان (horsepower) و توان حقیقی (brake horsepower) بادزن

اسب بخار تئوریک برای به حرکت درآوردن بادزن، در صورتی که راندمان بادزن صد درصد باشد، اسب بخار هوا (ahp-air horsepower) نامیده میشود. رابطه ۱-۲ اسب بخار هوا را می‌دهد. توان واقعی که لازم است بادزن را به گردش درآورد، توان حقیقی (bhp-brake horsepower) نامیده میشود. روابط ۲-۲ و ۳-۲ برای محاسبه این توان است.

علائم اختصاری زیر در روابط یاد شده استفاده خواهد شد.

ahp = اسب بخار هوا
CFM = حجم هوادهی (فوت مکعب در دقیقه)
P = فشار فن (اینچ ستون آب)
6356= عدد ثابت برای هوا
bhp = توان حقیقی
SP_F = فشار استاتیک فن
SE_F = راندمان استاتیک فن
TP_F = فشار کل فن
TE_F = راندمان کل فن

رابطه ۱-۲ : اسب بخار هوا

$$ahp = \frac{CFM \times TP_F}{6356}$$

رابطه ۲-۲ : توان حقیقی

$$bhp = \frac{CFM \times SP_F}{6356 \times SE_F}$$

رابطه ۳-۲ : توان حقیقی

$$bhp = \frac{CFM \times TP_F}{6356 \times TE_F}$$

مثال ۱-۲ : میزان هوادهی اندازه‌گیری شده یک بادزن به مقدار ۱۰۴۰۰ فوت مکعب در دقیقه است. فشار استاتیک فن ۴ اینچ ستون آب و راندمان استاتیک آن ۶۰ درصد است. توان حقیقی برابر است با ۱۰/۹ .

اسب بخار

$$bhp = \frac{۱۰۴۰۰ \times ۴}{۶۳۵۶ \times ۰/۶} = ۱۰/۹$$

روش محاسبه راندمان بادزن

تعریف راندمان بادزن عبارت است از نسبت انرژی (output) به توان داده شده (input). اگر توان حقیقی معلوم باشد، راندمان بادزن را میتوان از روابط ۴-۲ و ۵-۲ معین کرد.
برای محاسبه توان حقیقی بادزن وقتی راندمان نامعلوم باشد، می‌توان عدد ۰/۷ را به جای راندمان استاتیک بادزن قرار داد.

رابطه ۴-۲ : راندمان استاتیک بادزن

$$SE_F = \frac{CFM \times SP_F}{6356 \times bhp}$$

رابطه ۵-۲ : راندمان کل بادزن

$$TE_F = \frac{CFM \times TP_F}{6356 \times bhp}$$

مثال ۲-۲ : میزان هوادهی یک بادزن ۱۰۰۴۰۰ فوت مکعب در دقیقه است. فشار استاتیک آن ۵/۵ اینچ ستون آب و توان حقیقی‌اش ۱۴۰/۹ است. راندمان استاتیک از محاسبه حدود ۶۲ درصد بدست می‌آید. درصد

$$SE_F = \frac{۱۰۰۴۰۰ \times ۵/۵}{۶۳۵۶ \times ۱۴۰/۹} = ۶۱/۷$$

درصد

روش محاسبه سرعت خطی نوك پره بادزن

بادزنهایی که با سرعت و فشار بالا کار می‌کنند طوری ساخته میشوند که چرخ بتواند تنش (stress) حاصله را تحمل نماید. اما اگر، سرعت بادزن خیلی بالا باشد، یاتاقانهای چرخ محور بادزن آسیب خواهند دید. سازندگان حداکثر سرعت مجاز نوك پره را برای هر کلاس بادزن اعلام می‌کنند. برای محاسبه سرعت خطی نوك پره هر نوع بادزن در سرعت داده شده از رابطه ۶-۲ استفاده کنید.

رابطه ۶-۲ : سرعت خطی نوك پره

$$TIP\ SPEED = \frac{۳/۱۴ \times D \times rpm}{۱۲}$$

TIP SPEED = سرعت خطی نوك پره به فوت در دقیقه
D = قطر چرخ بادزن به اینچ
rpm = سرعت چرخش بادزن به دور در دقیقه
۳/۱۴ = عدد ثابت
۱۲ = عدد ثابت ، اینچ در فوت

مثال ۳-۲ : قطر چرخ یک بادزن ۶۶ اینچ و سرعت چرخش آن ۵۴۳ دور در دقیقه است. سرعت خطی نوك پره ۹۹۷۸ فوت در دقیقه بدست می آید.

$$\text{TIP SPEED} = \frac{۳/۱۴ \times (۶۶) \times (۵۴۳)}{۱۲} = ۹۹۷۸ \text{ فوت در دقیقه}$$

روش تعیین عمل کرد (Performance) سیستم با استفاده از قوانین بادزنها

عمل کرد بادزن را می‌توان با استفاده از قوانین پایه‌ای و با بهره‌جویی از ارقام آزمایش آن پیش بینی نمود. ارقام آزمایش بادزن در سرعت ثابت و هوای با چگالی استاندارد بدست می‌آید. قوانین پایه‌ای بادزن مقدار هوا به فوت مکعب در دقیقه (cfm)، فشار کل (tp)، فشار سینتیک (vp)، فشار استاتیک (sp)، توان حقیقی (bhp) را با تغییرات دور در دقیقه (rpm)، قطر اصلی پولی موتور (pd)، چگالی هوا (d) بدست می‌دهد. در روابط قوانین بادزن علائم اختصاری زیر به کار رفته است:

cfm_1= حجم هوای اولیه
cfm_2= حجم هوای نهایی
rpm_1= سرعت اولیه بادزن
rpm_2= سرعت نهایی بادزن
pd_1 = قطر اولیه پولی
pd_2 = قطر نهایی پولی
sp_1 = فشاراستاتیک اولیه
sp_2 = فشاراستاتیک نهایی
bhp_1= توان حقیقی اولیه
bhp_2= توان حقیقی نهایی

قوانین بادزن در چگالی استاندارد هوا و سرعت ثابت

حجم هوادهی (cfm) با سرعت چرخش بادزن (rpm) به نسبت مستقیم تغییر میکند.

الف) تغییرات حجم هوادهی با قطر پولی موتور نسبت مستقیم دارد.

ب) سرعت بادزن با تغییرات قطر پولی موتور نسبت مستقیم دارد.

$$\frac{cfm_2}{cfm_1} = \frac{rpm_2}{rpm_1}$$

$$\frac{cfm_2}{cfm_1} = \frac{pd_2}{pd_1}$$

$$\frac{rpm_2}{rpm_1} = \frac{pd_2}{pd_1}$$

۲- فشار (در اکثر موارد فشار استاتیک "SP" است) به نسبت مجذور دور در دقیقه تغییر میکند.
الف) فشار استاتیک به نسبت مجذور قطر پولی تغییر میکند.
ب) فشار استاتیک به نسبت مجذور هوادهی تغییر میکند.

$$\frac{sp_2}{sp_1} = \left[\frac{rpm_2}{rpm_1}\right]^2$$

$$\frac{sp_2}{sp_1} = \left[\frac{pd_2}{pd_1}\right]^2$$

$$\frac{sp_2}{sp_1} = \left[\frac{cfm_2}{cfm_1}\right]^2$$

۳- توان حقیقی (bhp) نسبت به توان سوم سرعت چرخش بادزن (rpm) تغییر میکند.
الف) تغییرات توان حقیقی به نسبت توان سوم قطر پولی موتور تغییر میکند.
ب) تغییرات توان حقیقی به نسبت توان سوم مقدار هوادهی است.
ج) توان حقیقی به نسبت جذر توان سوم فشار استاتیک تغییر میکند.

$$\frac{bhp_2}{bhp_1} = \left[\frac{rpm_2}{rpm_1}\right]^3$$

$$\frac{bhp_2}{bhp_1} = \left[\frac{pd_2}{pd_1}\right]^3$$

$$\frac{bhp_2}{bhp_1} = \left[\frac{cfm_2}{cfm_1}\right]^3$$

$$\frac{bhp_2}{bhp_1} = \sqrt{\left[\frac{sp_2}{sp_1}\right]^3}$$

مثال ۴-۲ : میزان هوادهی یک بادزن ۱۰۰۴۰۰ فوت مکعب در دقیقه، فشار استاتیک آن ۵/۵ اینچ ستون‌آب، و توان حقیقی‌اش ۱۴۰/۹ ، راندمان استاتیک بادزن ۴۲ درصد، قطر پولی موتور ۷/۲۵ اینچ و سرعت بادزن ۶۴۵ دور در دقیقه است. پس از بالانس سیستم توزیع هوا مشخص شده است که مقدار هوا زیاد است. مقدار هوا میتواند از ۱۰۰۴۰۰ به ۹۲۳۵۰ فوت مکعب در دقیقه تقلیل داده شود. توان حقیقی جدید ۱۰۹/۷ اسب بخار و فشار استاتیک جدید ۴/۶۵ اینچ است. سرعت جدید چرخش بادزن ۵۹۳ دور در دقیقه خواهد بود.

$$bhp_2 = ۱۴۰/۹ \times \left[\frac{۹۲۳۵۰}{۱۰۰۴۰۰}\right]^۳ = ۱۰۹/۷$$

$$sp_2 = ۵/۵ \times \left[\frac{۹۲۳۵۰}{۱۰۰۴۰۰}\right]^۲ = ۴/۶۵$$

$$rpm_2 = ۶۴۵ \times \frac{۹۲۳۵۰}{۱۰۰۴۰۰} = ۵۹۳$$

قوانین بادزن با تغییرات چگالی هوا

برای اینکه بتوان دو بادزن را با هم مقایسه نمود، سازندگان بادزنهای خود را با هوای باچگالی استاندارد آزمایش میکنند (0.075 پوند بر فوت مکعب) به هنگام آزمایش عملی عمل کرد (performance) بادزن کمتر اتفاق می‌افتد که چگالی هوا در شرایط استاندارد باشد. بنابراین نتایج آزمایش باید برای شرایط استاندارد تصحیح گردد. بادزن صرفنظر از چگالی هوا، برای سرعت چرخش معینی همواره یک دستگاه با هوادهی ثابت تلقی میگردد. اما با تغییرات چگالی، فشار استاتیک فن و توان لازم برای به حرکت درآوردن آن تغییر خواهد کرد. علت تغییر آن است که هرگاه چگالی عوض شود در واقع وزن هوایی که بادزن به حرکت درمی‌آورد تغییر میکند. برای مثال، موتوری که بادزن به ظرفیت ۱۰۰۰۰ فوت مکعب هوا در دقیقه با چگالی ۱۵٪ پوند بر فوت مکعب را تغذیه میکند، باید در واقع دو برابر موتوری که با چگالی استاندارد کار میکند نیرو صرف نماید(زیرا چگالی داده شده دو برابر چگالی استاندارد است). موتور در واقع به توان دو برابر نیاز دارد تا بتواند دو برابر وزن هوا را به حرکت درآورد.

(پوند ۱۵۰۰= ۰/۱۵ x ۱۰۰۰۰ در مقایسه با پوند ۷۵۰=۰/۰۷۵ x ۱۰۰۰۰).

قوانین بادزن در سرعت و حجم هوادهی ثابت

۱- حجم هوادهی (cfm) با تغییرات چگالی (d) ثابت میماند.
۲- فشار (در اکثر موارد فشار استاتیک) با تغییرات چگالی (d) نسبت مستقیم دارد.

$$\frac{sp_2}{sp_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

۳- توان حقیقی (bhp) با تغییرات چگالی (d) نسبت مستقیم دارد.

$$\frac{bhp_2}{bhp_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

d_1 = چگالی اولیه به پوند بر فوت مکعب
d_2 = چگالی نهایی به پوند بر فوت مکعب

مثال ۵-۲ : یک بادزن برای هوادهی ۳۰۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه با فشار استاتیک ۲ اینچ در شرایط استاندارد انتخاب شده است . توان حقیقی لازم ۱۲/۶ اسب بخاراست. اگر این بادزن با هوای با چگالی ۰/۰۶۰ پوند بر فوت مکعب کار کند، فشار استاتیک ۱/۶ اینچ و توان حقیقی لازم ۱۰/۰۸ خواهد بود. سرعت دورانی بدون تغییر باقی میماند.

$$\frac{sp_2}{sp_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$sp_2 = ۲ \times \frac{۰/۰۶۰}{۰/۰۷۵} = ۱/۶$$

مثال ۶-۲ : یک بادزن با هوای با چگالی ۵۷٪ پوند بر فوت مکعب آزمایش شده است. توان حقیقی در این آزمایش ۱۴/۸ اسب بخار و فشار استاتیک آن ۲/۵ اینچ ستون آب است. اگر این آزمایش را در شرایط استاندارد انجام دهیم فشار استاتیک ۳/۲۹ اینچ و توان حقیقی لازم ۱۹/۴۷ اسب بخار خواهد بود.

$$sp_2 = sp_1 \times \frac{d_2}{d_1}$$

$$sp_2 = ۲/۵ \times \frac{۰/۰۷۵}{۰/۰۵۷} = ۳/۲۹$$

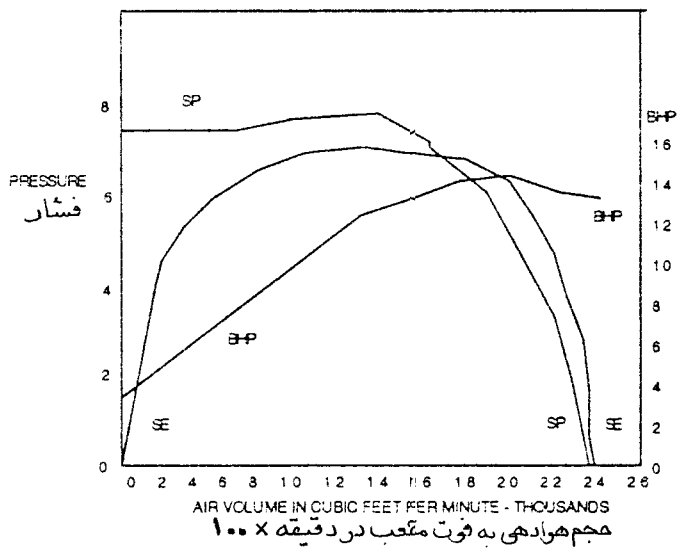
$$bhp_2 = bhp_1 \times \frac{d_2}{d_1}$$

$$bhp_2 = ۱۴/۸ \times \frac{۰/۰۷۵}{۰/۰۵۷} = ۱۹/۴۷$$

روش پیش بینی عمل کرد سیستم با استفاده از منحنی عملکرد (Performance) بادزن و جداول چند منظوره

منحنی‌های عملکرد بادزن (شکل ۲-۲) از آزمایش بدست آمده‌اند و نمایانگر عمل کرد بادزن از هوادهی کامل تا هوادهی صفر می‌باشد. آزمایش با سرعت دورانی ثابت انجام میشود. اندازه‌گیری و محاسبات برای گشتاور (torque)، توان، دمای خشک و مرطوب، فشار جو، فشار ورودی و خروجی و مقدار هوادهی بادزن انجام میشود. سپس از این ارقام استفاده شده و با ترسیم منحنی عملکرد بادزن کشیده میشود.

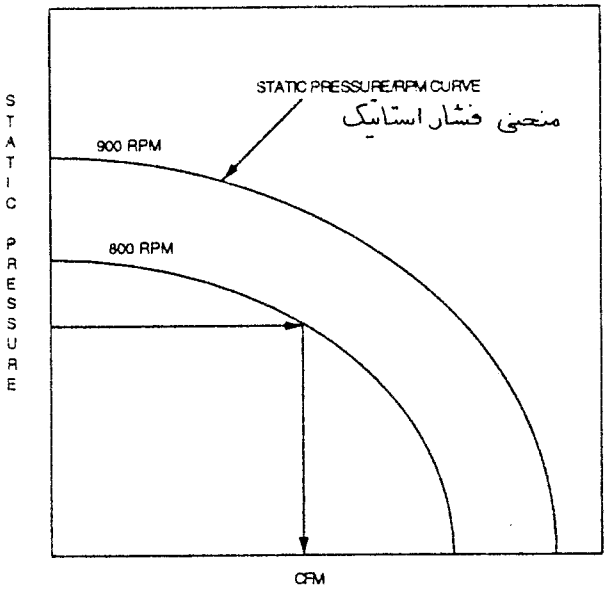
با این منحنی ممکن است فشار استاتیک (SP)، راندمان استاتیک (SE)، فشار کل (TP)، راندمان کل (TE)، یا راندمان مکانیکی (ME)، توان حقیقی (bhp)، و حجم هوادهی (cfm) را نشان داده شود.



شکل ۲-۲ منحنی عمل کرد بادزن (FAN PERFORMANCE CURVE)

اگر اتصالات ورودی و خروجی بادزن به نحو صحیح اجرا شده باشد ، مقدار هوادهی را میتوان با اندازه‌گیری فشار استاتیک بدست آورد:

- مقدار فشار استاتیک را روی منحنی (شکل ۳-۲) علامت بگذارید.
- از این نقطه یک خط افقی بکشید تا منحنی فشار- سرعت دورانی را قطع کند.
- ازاین نقطه یک خط قائم بکشید تا محور هوادهی (cfm) را قطع کند. این مقدار میزان هوادهی بادزن است.

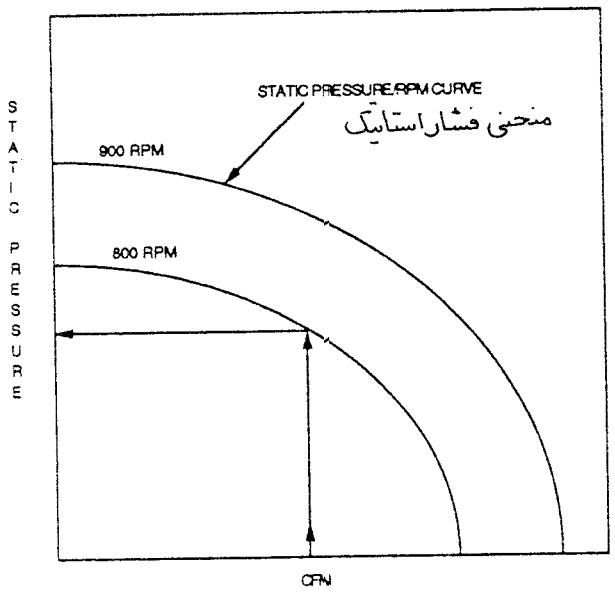


شکل ۳-۲ تعیین مقدار هوادهی (cfm) با داشتن فشار استاتیک

حجم هوادهی که با اندازه‌گیری محلی فشار استاتیک (فصل اول) و همچنین از روی منحنی عمل کرد بدست می‌آید ممکن است بعلت ناقص بودن نحوه اتصالات ورودی و خروجی بادزن با مقدار پیش بینی شده مغایرت داشته باشد.

اگر بعلت شرایط و شکل اتصالات ورودی و خروجی امکان اندازه‌گیری مستقیم فشار استاتیک میسر نباشد، می‌توانید فشار واقعی (که شامل اثر سیستم نیز می‌باشد) را با اندازه‌گیری سرعت بادزن و حجم هوادهی و نشان دادن آنها روی منحنی عملکرد بدست آورید:

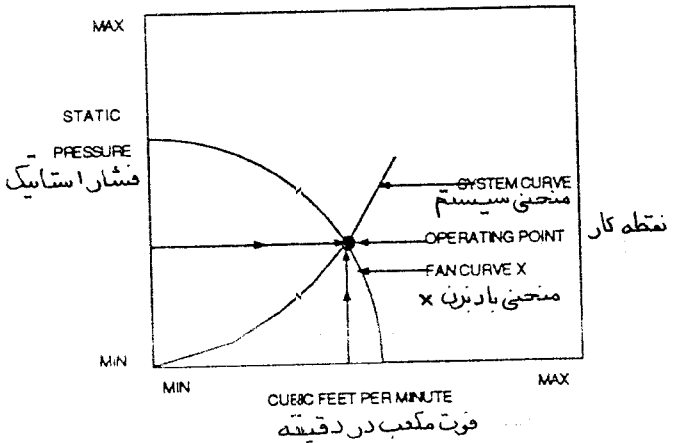
- سرعت دورانی بادزن را اندازه بگیرید و حجم هوادهی را بوسیله نقاط عرضی لوله پیتوت یا حاصل جمع دریچه‌ها بدست آورید.
- منحنی عمل‌کرد بادزن را برای سرعت اندازه‌گیری شده بکشید (شکل ۴-۲).
- از نقطه مقدار هوادهی خطی قائم بکشید تا این منحنی را قطع کند.
- از این نقطه یک خط به سمت چپ بکشید تا محور فشار استاتیک را قطع کند.
- این مقدار فشار استاتیک بادزن تولید شده در سرعت و مقدار هوای اندازه‌گیری شده می‌باشد.



شکل ۴-۲ تعیین فشار استاتیک با داشتن مقدار هوادهی و سرعت دورانی

چگونگی بدست آوردن نقطه کار سیستم و بادزن

نقطه کار (Operating Point) سیستم توزیع هوا و بادزن محل تلاقی منحنی "سیستم" و منحنی فشار-دور بادزن میباشد. در شکل ۵-۲ یک بادزن با منحنی (x) داده شده کار میکند. نقطه کار از اندازه‌گیری واقعی هوادهی و فشار استاتیک در محل بدست می‌آید.



شکل ۵-۲ نقطه کار بادزن محل تلاقی منحنی سیستم و منحنی بادزن است

منحنی سیستم فشار استاتیکی را که برای غلبه بر مقاومت سیستم توزیع هوا با حجم هوادهی مختلف لازم است نشان میدهد. سیستم توزیع هوا همیشه روی منحنی سیستم مخصوص بخود کار میکند. بعد از اینکه با اندازه‌گیری واقعی (حجم هوادهی و فشار استاتیک) اولین نقطه کار را پیدا نمودید، می‌توانید نقاط دیگر را بوسیله قوانین بادزن پیدا کنید(فشار استاتیک با توان دو مقدار هوادهی تغییر میکند) برای کشیدن منحنی سیستم، به دلخواه چند نقطه دیگر را انتخاب نمایید.

مثال ۷-۲: منحنی بادزن داده شده برای پره‌های خمیده به عقب و اریب (backward inclined) می‌باشد. خطوط پر سرعت را نشان میدهند. خطوط قطری خط چین نشانگر توان حقیقی هستند.

- **منحنی شماره ۱ بادزن** : بادزن برای ۲۲۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه و فشار استاتیک ۴/۹ اینچ در ۹۳۶ دور در دقیقه و راندمان ۰/۷۵ انتخاب شده است.
- **منحنی شماره ۱ بادزن** : ازاین منحنی یا با محاسبه، توان حقیقی به مقدار ۲۲/۶ اسب بخار بدست می‌آید.
- **منحنی شماره ۲ بادزن** : منحنی سیستم را بکشید. نقاط انتخابی دلخواه بشرح زیر است :

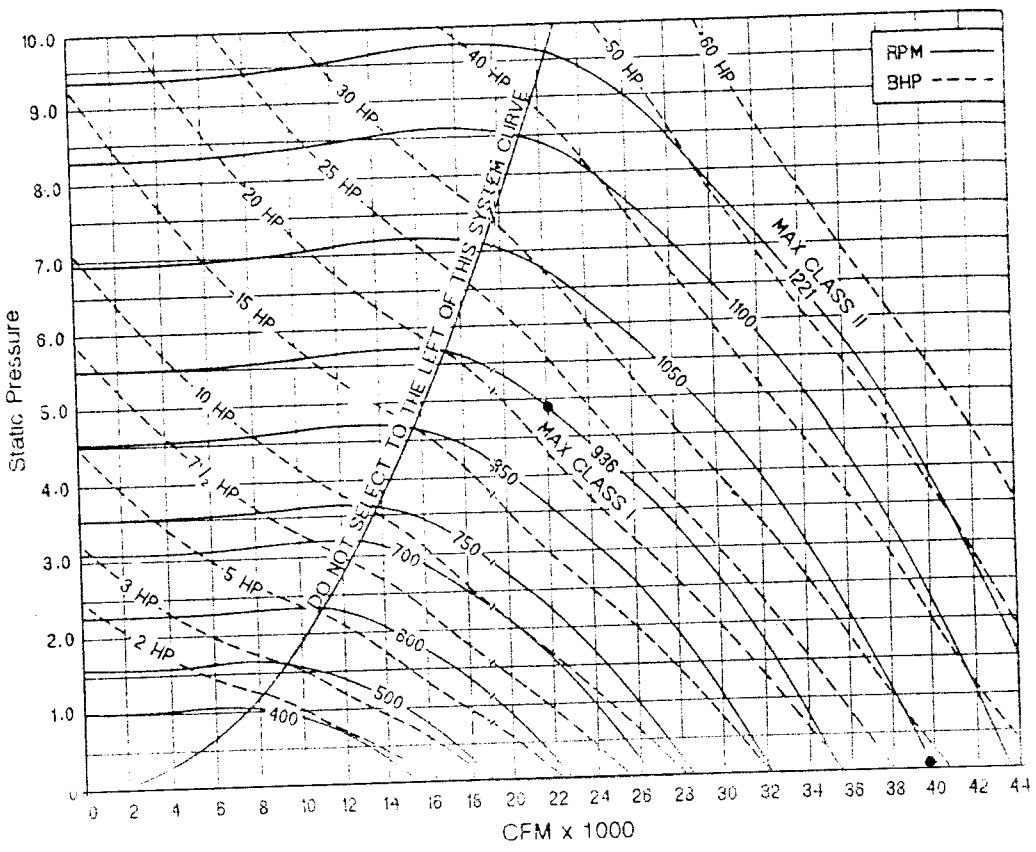
CFM		
۲۴۰۰۰	۱۴۰۰۰	۶۰۰۰
۲۰۰۰۰	۱۲۰۰۰	۴۰۰۰
۱۸۰۰۰	۱۰۰۰۰	۰
۱۶۰۰۰	۸۰۰۰	

- فشار استاتیک برای هوادهی مختلف به طریق زیر محاسبه میشود:

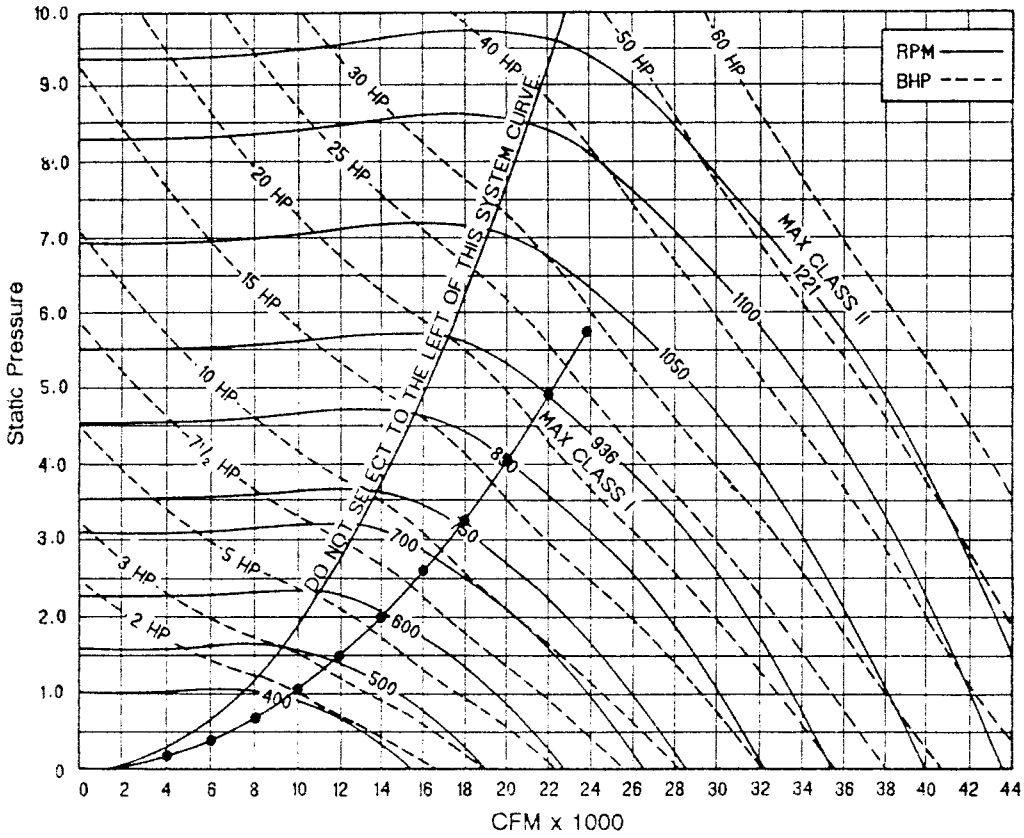
$$sp_2 = sp_1 \left[\frac{cfm_2}{cfm_1} \right]^2$$

$$sp_2 = ۴/۹ = \left[\frac{۲۴۰۰۰}{۲۲۰۰۰} \right]^۲ = ۵/۸۳$$

	CFM	SP
نقطه کار	۲۴۰۰۰	۵/۸۳
	۲۲۰۰۰	۴/۹۰
	۲۰۰۰۰	۴/۰۵
	۱۸۰۰۰	۳/۲۸
	۱۶۰۰۰	۲/۵۹
	۱۴۰۰۰	۱/۹۸
	۱۲۰۰۰	۱/۴۶
	۱۰۰۰۰	۱/۰۱
	۸۰۰۰	۰/۶۵
	۶۰۰۰	۰/۳۶
	۴۰۰۰	۰/۱۶
	۰	۰/۰۰



منحنی شماره ۱ بادزن با پره‌های خمیده به عقب و اوریب (**FAN CURVE 1.** Backward Inclined Fan)



منحنی شماره ۲ بادزن با پره‌های خمیده به عقب و اوریب (**FAN CURVE 2.** Backward Inclined Fan)

- فشار استاتیک را مشخص بکنید و منحنی سیستم را بکشید.
- **منحنی شماره ۳ بادزن** : بادزن آزمایش شده‌ای با ۹۳۶ دور در دقیقه، ۳/۹ اینچ فشار و راندمان ۰/۶۸، ۲۶۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه هوادهی دارد.
- **منحنی شماره ۳ بادزن** : از راه ترسیم یا محاسبه دیده میشود که‌توان حقیقی بادزن ۲۳/۵ اسب بخار است.
- **منحنی شماره ۳ بادزن** : منحنی سیستم را بکشید. نقاط انتخابی دلخواه بشرح زیر است :

CFM
۲۸۰۰۰
۲۴۰۰۰
۲۲۰۰۰
۲۰۰۰۰
۱۸۰۰۰
۱۶۰۰۰
۱۴۰۰۰
۱۲۰۰۰
۱۰۰۰۰
۸۰۰۰
۶۰۰۰
۴۰۰۰
۰

- فشار استاتیک مربوط به هوادهی فوق به طریق زیر محاسبه میشود:

$$SP_2 = ۳/۹ \left[\frac{۲۸۰۰۰}{۲۶۰۰۰}\right]^۲ = ۴/۵۲$$

	CFM	SP
نقطه کار	۲۸۰۰۰	۴/۵۲
	۲۶۰۰۰	۳/۹۰
	۲۴۰۰۰	۳/۳۲
	۲۲۰۰۰	۲/۷۹
	۲۰۰۰۰	۲/۳۱
	۱۸۰۰۰	۱/۸۷
	۱۶۰۰۰	۱/۴۸
	۱۴۰۰۰	۱/۱۳
	۱۲۰۰۰	۰/۸۳
	۱۰۰۰۰	۰/۵۷
	۸۰۰۰	۰/۳۴
	۶۰۰۰	۰/۲۱
	۴۰۰۰	۰/۰۹
	۰	۰/۰۰

- فشار استاتیک را مشخص بکنید و منحنی سیستم را بکشید.
- هوادهی را از ۲۶۰۰۰ به نقطه طراحی (۲۲۰۰۰) فوت مکعب در دقیقه کاهش دهید.
- *گزینه ۱ :* دمپر کنترل هوا را ببندید تا ۱ اینچ مقاومت اضافی در سیستم بوجود آید و مقدار هوادهی به ۲۲۰۰۰ تقلیل بیابد (فشار استاتیک ۴/۹ اینچ). با ایجاد این مقاومت اضافی نقطه کار بادزن روی منحنی به عقب میرود (منحنی شماره ۳). بستن دمپر اصلی حدودا" ۰/۹ در توان حقیقی صرفه‌جویی میکند (bhp ۲۲/۶-۲۳/۵).
- *گزینه ۲ :* سرعت بادزن را به ۷۹۲ دور در دقیقه کاهش دهید:

$$rpm_2 = ۹۳۶ \frac{۲۲۰۰۰}{۲۶۰۰۰} = ۷۹۲$$

- **منحنی شماره ۴ بادزن** : از روی منحنی یا محاسبه معلوم میشود که فن در حدود ۲/۷۹ اینچ، راندمان ۰/۶۸ و توان حقیقی ۱۴/۲۵ اسب بخار کار میکند.

$$SP_2 = ۳/۰ \left[\frac{۲۲۰۰۰}{۲۶۰۰۰}\right]^۲ = ۲/۷۹$$

$$bhP_2 = ۲۳/۵ \left[\frac{۲۲۰۰۰}{۲۶۰۰۰}\right]^۳ = ۱۴/۲۵$$

- **منحنی شماره ۵ بادزن** : منحنی سیستم را بکشید. چون تنها سرعت دورانی تغییر کرده است بنابراین منحنی سیستم ثابت باقی میماند و همانند نقطه کار منحنی شماره ۳ است.

	CFM	SP
نقطه کار	۲۸۰۰۰	۴/۵۲
	۲۶۰۰۰	۳/۹۰
	۲۴۰۰۰	۳/۳۲
	۲۲۰۰۰	۲/۷۹
	۲۰۰۰۰	۲/۳۱
	۱۸۰۰۰	۱/۸۷
	۱۶۰۰۰	۱/۴۸
	۱۴۰۰۰	۱/۱۳
	۱۲۰۰۰	۰/۸۳
	۱۰۰۰۰	۰/۵۷
	۸۰۰۰	۰/۳۴
	۶۰۰۰	۰/۲۱
	۴۰۰۰	۰/۰۹
	۰	۰/۰۰

صرفه‌جویی در مقدار انرژی ممکن است بصورت زیر محاسبه شود:

۰/۷۴۶ KW//bhp

هزینه هرکیلووات ساعت x تعداد ساعت درسال x ---------- (bhp_1-bhp_2)= صرفه‌جویی در سال

راندمان موتور

این سیستم در سال ۳۰۰۰ ساعت کار میکند و هزینه انرژی الکتریکی ۰/۰۹ دلار برای هر کیلو وات ساعت است. راندمان موتور ۸۵/است.

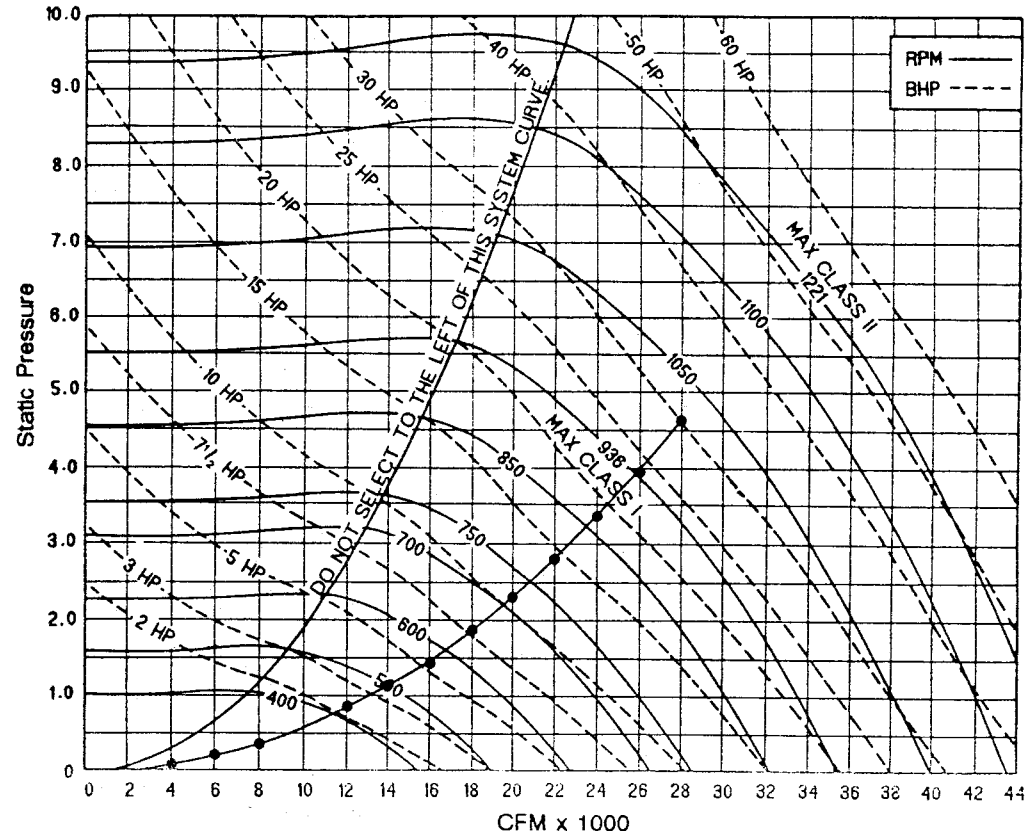
$$\text{صرفه‌جویی در سال} = (23/5 - 22/6) \times 3000 \times 0/09 \times \frac{0/746}{0/85}$$

$$= 613 \text{ دلار}$$

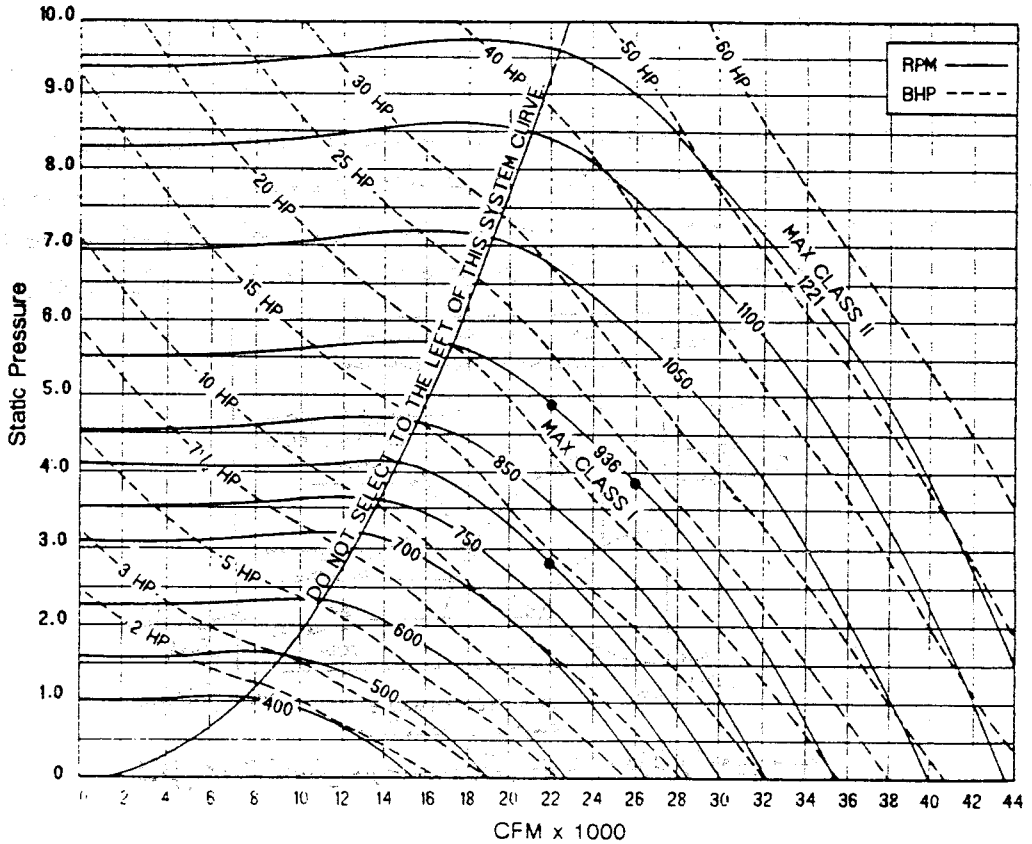
تغییر سرعت بادزن :

$$\text{صرفه‌جویی در سال} = (23/5 - 14/25) \times 3000 \times 0/09 \times \frac{0/746}{0/85}$$

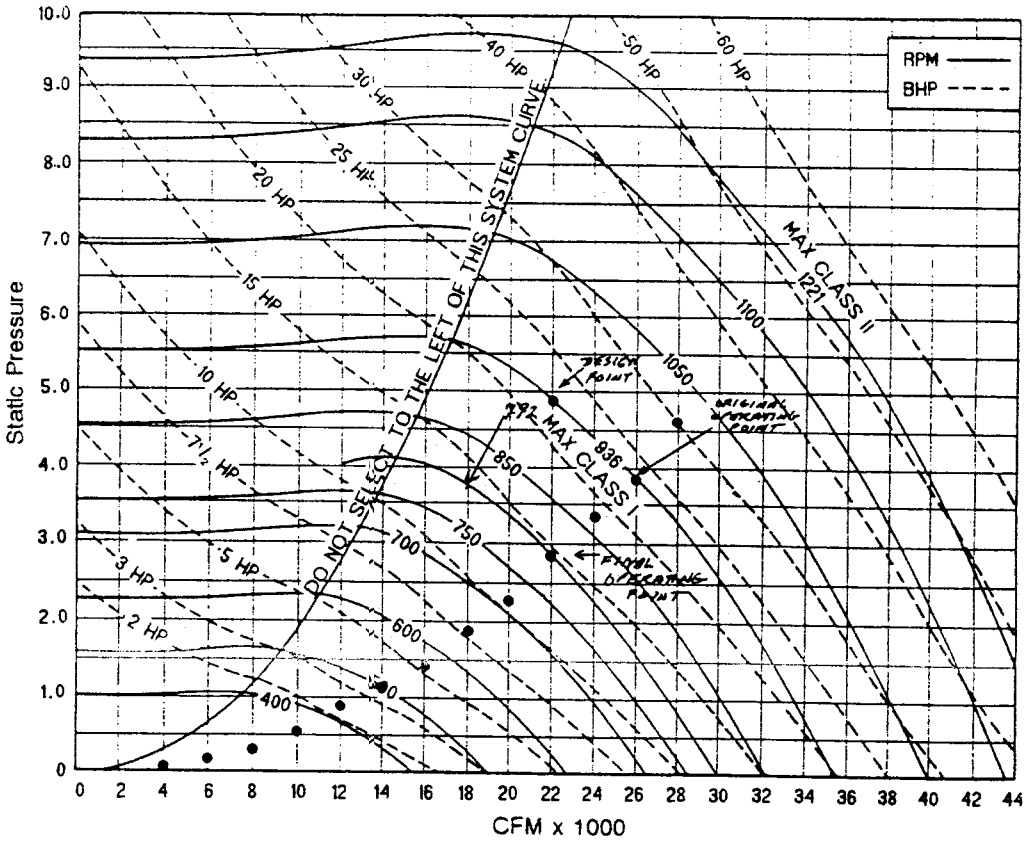
$$= 2192 \text{ دلار}$$



منحنی شماره ۳ بادزن با پره‌های خمیده به عقب و اوریب (**FAN CURVE 3.** Backward Inclined Fan)



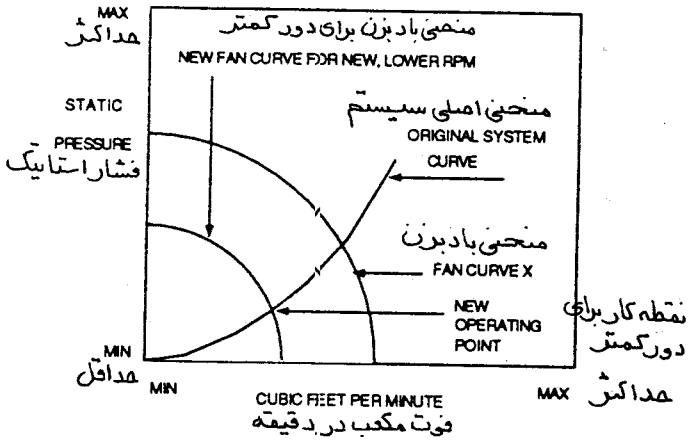
منحنی شماره ۴ بادزن با پره‌های خمیده به عقب و اوریب (**FAN CURVE 4.** Backward Inclined Fan)



منحنی شماره ۵ بادزن با پره‌های خمیده به عقب و اوریب (FAN CURVE 5. Backward Inclined Fan)

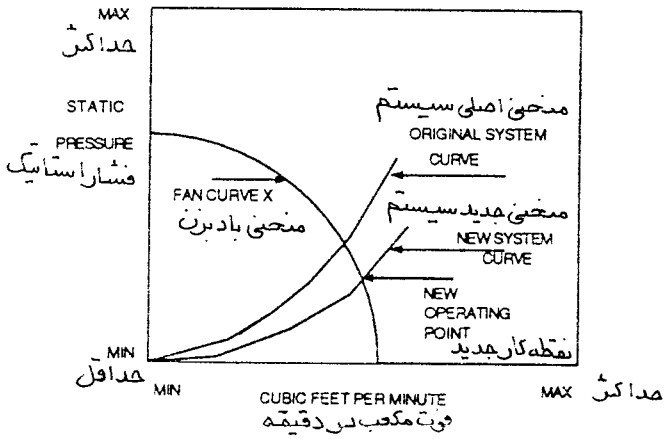
نکاتی که باید بخاطر سپرد

برای کم یا زیاد کردن مقدار هوادهی یک تغییر فیزیکی در سیستم کانال کشی یا سرعت بادزن باید داده شود. اگر سرعت عوض شود، فن روی یک منحنی جدید عملکرد (Performance) که به موازات منحنی اصلی است کار خواهد کرد چون در کانال کشی تغییری ایجاد نشده است منحنی سیستم ثابت میماند. کاهش سرعت فن باعث ایجاد یک منحنی جدید میشود(شکل ۶-۲) و فن با هوادهی و فشار استاتیک کمتر کار خواهد کرد.



شکل ۶-۲ کاهش سرعت دورانی منحنی بادزن را تغییر میدهد

اگر کم و یا زیاد کردن هوادهی به علت کم یا زیاد کردن مقاومت سیستم کانال کشی باشد (مانند باز و بسته کردن دمپر کنترل هوا)، یک منحنی جدید سیستم تشکیل میشود (شکل ۷-۲) و در همین حال منحنی عملکرد بادزن ثابت میماند. اگر در مقاومت سیستم تغییری ایجاد نگردد، کم و زیاد شدن مقاومت سیستم فقط بعلت کاهش یا ازدیاد مقدار هوادهی روی خواهد داد. تغییرات مقاومت سیستم روی منحنی سیستم قرار دارد. اگر مقاومت سیستم در حال کار (فشار استاتیک) بیش از حد مقاومت طراحی باشد، مقدار هوادهی و توان اندازه‌گیری شده کمتر از مقدار طراحی خواهد بود از طرف دیگر چنانچه مقاومت سیستم در حال کار کمتر از طراحی باشد، مقدار هوادهی و توان اندازه‌گیری شده بیشتر از مقدار طراحی خواهد بود.



شکل ۷-۲ کاهش در مقاومت سیستم موجب تغییر منحنی سیستم میشود

بادزنهای موازی و سری

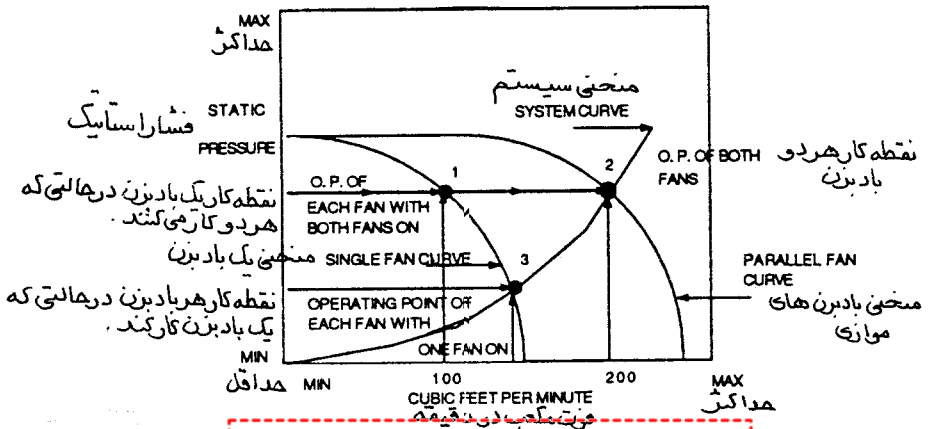
وقتی بادزنها بطور سری بسته میشوند، فشار و توان آنها جمع میشود (ظرفیت یکسان باقی میماند)، وقتی بطور موازی کار میکنند، ظرفیت و توان آنها با هم جمع میشود ولی فشار یکسان باقی میماند.

مثال ۸-۲ : دو بادزن که هرکدام به تنهایی ظرفیت هوادهی ۲۰۰۰۰ فوت مکعب هوا در دقیقه در فشار ۳ اینچ و توان حقیقی ۱۳/۵ اسب بخار دارند، اگر پشت سرهم (سری) نصب شوند، ۲۰۰۰۰ فوت مکعب هوا در دقیقه در فشار ۶ اینچ و توان حقیقی ۲۷ اسب بخار و اگر موازی نصب شوند، ۴۰۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه و فشار ۳ اینچ ۲۷ اسب بخار تولید خواهد کرد.

چگونه با استفاده از منحنی سیستم و بادزن، نقطه کار فن موازی و سری را پیش بینی کنیم

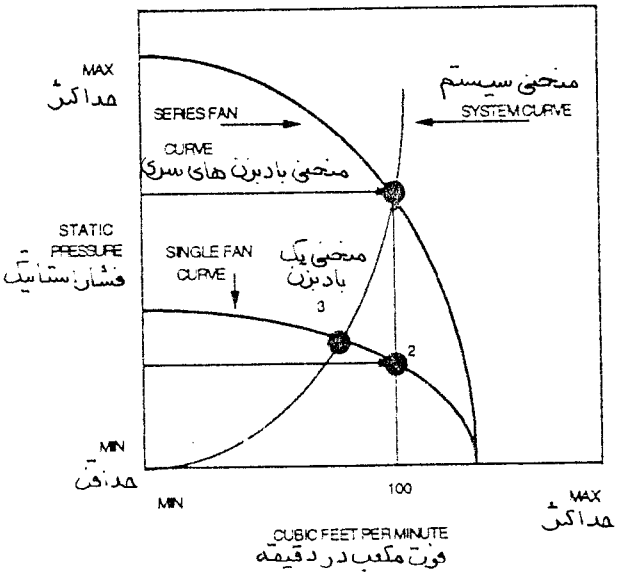
برای معین کردن نقطه کار بادزنهای موازی، از منحنی سیستم و منحنی بادزن استفاده کنید (شکل ۸-۲). نقطه کار هر یک از بادزنهای موازی (اگر تمام آنها روشن باشند)، روی منحنی یکی از آنها قرار دارد (شکل ۸-۲ نقطه ۱). نقطه کار طراحی برای تمام فن‌های موازی، نقطه تلاقی منحنی سیستم و منحنی عملکرد بادزنهای موازی است (شکل ۸-۲ نقطه ۲). وقتی یک بادزن کار میکند، نقطه کار نقطه تلاقی منحنی بادزن با منحنی سیستم میباشد(شکل ۸-۲ نقطه ۳). این جابجایی (shift) نقطه کار بعلت این است که یک بادزن هوا را از سیستمی دارد عبور میدهد که قابلیت رد کردن دو برابر آن را دارد. اگر سیستم با یک بادزن به کار ادامه دهد، فشار

استاتیک لازم کاهش می‌یابد (چون مقاومت سیستم کمتر است) و در نتیجه مقدار هوادهی و توان افزایش می‌یابد.
در بادزنهای موازی، هر کدام از موتورها باید برای حداکثر توان انتخاب شوند، که این حداکثر توان موقعی که به تنهایی کار میکند اتفاق می‌افتد.
بادزنهای موازی باید به تنهایی و در زمان کار نرمال (وقتی همه فنها کار میکنند) آزمایش شوند. در هر شرایط، مقدار هوا و توان را باید آزمایش کرد. وقتی یک بادزن را به تنهایی آزمایش می‌کنید، مقدار هوادهی را در حال کار اندازه بگیرید و سپس اختلاف فشار بادزن را در حالت خاموش اندازه بگیرید تا مطمئن شوید تمام دمپرها بدرستی کار میکنند (یعنی جریان هوا در بادزن خاموش وجود ندارد).



شکل ۸-۲ بادزنها بطور موازی کار میکنند

برای معین کردن نقطه کار بادزنهای سری از منحنی عملکرد و منحنی سیستم استفاده کنید (شکل ۹-۱).
شرایط کار طراحی برای تمام بادزنهای سری، نقطه تلاقی منحنی سیستم و منحنی عملکرد بادزنهای سری است. (شکل ۹-۲ نقطه۱). نقطه کار هر یک از بادزنهای سری (وقتی همه آنها روشن هستند)، روی منحنی عملکرد بادزنها قرار دارد (شکل ۹-۲ نقطه ۲). هرگاه یک یک بادزن کار کند نقطه کار به محل تلاقی منحنی آن بادزن با منحنی سیستم تغییر مکان میدهد (شکل ۹-۲ نقطه ۳). علت این تغییر مکان این است که یک بادزن سعی میکند هوا را از سیستمی عبور دهد که نیاز به فشار استاتیک دو برابر دارد. اگر سیستم با یک بادزن کار کند، فشار استاتیک لازم برای غلبه بر مقاومت سیستم افزایش یافته و در نتیجه مقدار هوادهی و توان کاهش می‌یابد. در کارکرد بادزنهای سری، لازم است که موتور هر یک از بادزنها برای حداکثر توان انتخاب شوند، که این حداکثر توان موقعی اتفاق می‌افتد که هر دو بادزن در حال کار باشند.
بادزنهای سری به تنهایی و همگی در حال کار باید آزمایش شوند. آزمایش برای مقدار هوادهی و توان لازم در هر یک از شرایط باید انجام شود.



شکل ۹-۲ بادزنها بطور سری کار میکنند

چگونه با استفاده از جداول چند منظوره، بادزن مناسب انتخاب کنیم

برای اینکه کارمقایسه و انتخاب بادزنهاآسان شود، معمولا" سازندگان جداول عملکرد چند منظورهبرای هر قطر چرخ مشخص منتشر میکنند (به جدول ۳-۲ نگاه کنید). جداول معمولا" اطلاعات زیر را بدست میدهند.

- مقدار هوادهی (cfm)
- فشار استاتیک (sp)
- سرعت دورانی فن (rpm)
- سرعت خروجی (ov)
- توان حقیقی (bhp)
- شکل پرهها (پیش خمیده، خمیده به عقب ، اوریب و غیره)
- شکل چرخ (یک، دو یا چند چرخ روی یک محور)
- قطر چرخ بادزن (به اینچ)
- سطح دهانه خروجی (فوت مربع)
- رابطه سرعت خطی نوك پره
- رابطه حداکثر توان حقیقی
- محدودیت کلاس فشار

برای پیش بینی حجم هوادهی بادزن، توان حقیقی، سرعت خروجی با استفاده از این جداول به روش زیر عمل کنید:

- فشار استاتیک اندازهگیری شده را روی جدول بیابید

- در این ستون پایین بروید تا به سرعت بادزن (rpm) برسید.
- در این نقطه به سمت چپ بروید و (cfm) و (ov) بادزن را بخوانید و از همان نقطه اگر به سمت راست بروید توان حقیقی را خواهید یافت. در بعضی از موارد ممکن است سرعت نشان داده نشده باشد که در این صورت با استفاده از روش میان یابی مقدار هوادهی و توان حقیقی را بیابید.

جدول ظرفیت‌ها Multirating Table قطر چرخ بادبزن ۲۷ اینچ Fan Wheel Diameter 27 Inches بادبزن کلاس I Fan Class I

فشار استاتیک Static Pressure		1.00 Inch		1.25 Inches		1.50 Inches		1.75 Inches	
cfm	سرعت خروجی OV	rpm	bhp	rpm	bhp	rpm	bhp	rpm	bhp
3300	788	600	0.73						
3750	895	616	0.82	673	1.03				
4200	1002	632	0.92	689	1.15	741	1.39		
4650	1110	651	1.03	705	1.28	756	1.53	804	1.79

جدول ۳-۲ جدول چند منظوره بادزن

مثال ۹-۲ : یک بادزن با فشار استاتیک ۱ اینچ کار میکند. سرعت آن ۶۳۲ دور در دقیقه است. در نمودار فشار ۱ اینچ را بیابید و سپس به ۶۳۲ دور برسید. توان حقیقی ۰/۹۲ است. میزان هوادهی ۴۲۰۰ فوت مکعب در دقیقه و سرعت خروجی ۱۰۰۲ فوت در دقیقه است.

مثال ۱۰-۲ : یک بادزن در فشار ۱ اینچ کار میکند. سرعت آن ۶۲۴ دور در دقیقه است. به نمودار در عدد ۱ اینچ وارد شوید می بینید که ۶۲۴ بین سرعتهای ۶۱۶ و ۶۳۲ قرار دارد. حجم هوادهی در ۶۱۶ برابر با ۳۷۵۰ و در ۶۳۲ معادل ۴۲۰۰ فوت مکعب در دقیقه است. توان حقیقی مربوطه ۰/۸۲ و ۰/۹۲ است.

از روش میان یابی، مقدار هوادهی در ۶۲۴ دور برابر با ۳۹۷۵ فوت مکعب در دقیقه و توان حقیقی ۰/۸۷ است .

۶۳۲-۶۱۶=۱۶

۶۲۴-۶۱۶=۸

$$\frac{8}{16} = 0/5$$

۴۲۰۰-۳۷۵۰=۴۵۰

۰/۵ x۴۵۰=۲۲۵

فوت مکعب در دقیقه ۳۷۵۰+۲۲۵=۳۹۷۵

۰/۹۲ - ۰/۸۲ =۰/۱۰

۰/۵ x ۰/۱۰ = ۰/۰۵

توان حقیقی ۰/۸۲ + ۰/۰۵ =۰/۸۷

فصل سوم - ارزیابی عمل کرد سیستم هوارسانی

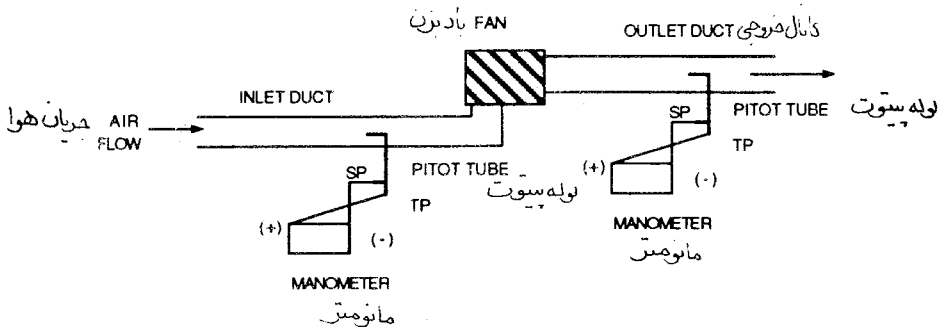
در این فصل روش اندازه‌گیری فشار سینتیک داخل کانال به کمک نقاط عرضی لوله پیتوت (pitot-tube) و اندازه‌گیری مقدار هوای دریچه‌ها را فرا خواهید گرفت. در این فصل نمونه فرمهای گوناگون گزارش مقدار جریان هوا نیز نشان داده خواهد شد. تصحیح وسایل اندازه‌گیری برای چگالیهای مختلف نیز مورد بحث قرار خواهد گرفت.

چگونه فشار سینتیک اندازه‌گیری میگردد

فشار سینتیک (VP) فشار هوای در حال حرکت میباشد و با کم کردن فشار استاتیک از فشار کل بدست می‌آید. فشار سینتیک همیشه یک عدد تفاضلی (different value) است (VP=TP-SP).

از لوله پیتوت متصل به یک ستون مایع، یا یک مانومتر الکترونیکی، برای اندازه‌گیری این فشار در نقاط عرضی از پیش تعیین شده در کانال استفاده نمایید.

فشار سینتیک را هم در قسمت ورودی بادزن (طرف منفی) و هم در قسمت خروجی آن (طرف مثبت) اندازه بگیرید. از لوله خرطومی قابل انعطاف استفاده کنید. *(الف)* سوراخ فشار استاتیک لوله پیتوت را به قسمت منفی (-) دستگاه وصل کنید و *(ب)* سوراخ فشار کل پیتوت را به قسمت مثبت (+) دستگاه وصل کنید (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳ اندازه‌گیری فشار استاتیک در ورودی یا خروجی بادزن

تعیین نقاط عرضی (traverses)

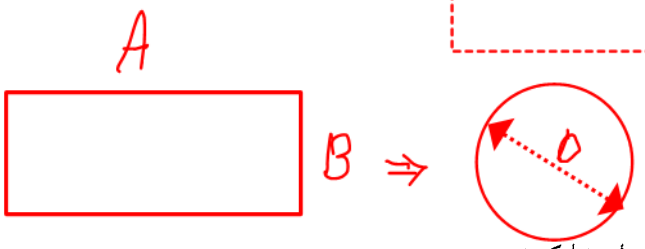
برای‌اینکه اندازه‌گیری فشارسینتیک دقیق باشد، سوراخهای تست (test holes) باید به‌اندازه کافی از نقاط تغییرسرعت هوا در کانال فاصله داشته باشند و هوا بطور کامل یکنواخت و غیرگردابی (nonturbulent) باشد. فاصله حداقل ۸ برابر قطر کانال (در پایین دست) و ۲ برابر قطرکانال (در بالادست) از اجزایی مانند زانوها، تبدیلها، دمپرها و انشعابها (take offs) توصیه شده است. بطور کلی، رعایت این فاصله در اکثر کانال‌کشیها بعلت شرایط خاص ساختمان مقدور نمی‌باشد. بدیل بعدی می‌تواند ۴ برابر قطر کانال (در پایین دست) و ۲ برابر قطر کانال (در بالادست) باشد. اگر ۴ برابر قطر هم میسر نباشد و هنوز لازم است فشار سینتیک اندازه‌گرفته شود، نقاط عرضی را تا آنجائیکه امکان دارد از اجزای یادشده دور کنید. برای هر مقطع (traverse) یک مجموعه (set) فشار سینتیک از عرض کانال گرفته شود. اگر اعداد یکدست باشند،

پایین دست ..... بالادست

محل سنجش مناسب است.
اختلاف زیاد اعداد نشانگر این است که جریان هوا در داخل کانال گردابی است و ممکن است این محل نقطه مناسبی برای سنجش نباشد. اگر کانال مستطیلی است، با استفاده از رابطه ۱-۳، قطر معادل کانال گرد را برای معین کردن محل سنجش حساب کنید.

رابطه ۱-۳ : معین کردن قطر معادل کانال گرد برای کانال مستطیلی

$$D=\sqrt{\frac{۴AB}{۳/۱۴}}$$

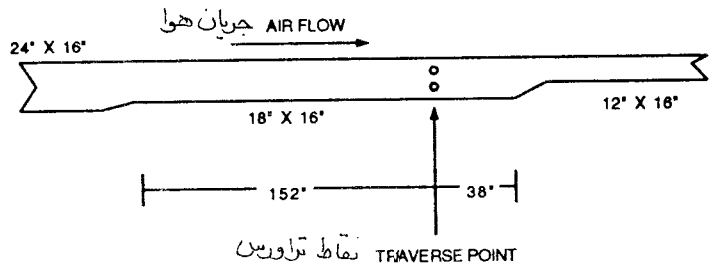


D= قطر معادل به اینچ
A= طول یک ضلع کانال به اینچ
B= طول ضلع دیگر کانال به اینچ
۳/۱۴= عدد ثابت پی (π)

مثال ۱-۳ : قطر معادل یک کانال ۱۶x۱۸ اینچ را پیدا کنید.

$$D=\sqrt{\frac{۴ \times ۱۸ \times ۱۶}{۳/۱۴}}=۱۹$$

محل سوراخهای تست برای مقطع (traverse) حدوداً" ۱۵۲ اینچ (۱۹ x ۸) پایین دست و ۳۸ اینچ (۱۹ x ۲) بالادست نقاط تغییر سرعت هوا در کانال می‌باشد (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳ محل سوراخهای تست (Traverse Point)

فاصله‌گذاری نقاط تست

فاصله بین نقاط تست به اندازه فاصله بالادست و پایین دست از نقاط تغییر سرعت اهمیت دارد. برای اندازه‌گیری مقدار جریان هوا، ناچار باید میانگین سرعت هوا در کانال اندازه‌گیری شود. فاصله لازم برای کانالهای با مقطع مربع، مستطیل و گرد در زیر آمده است :

نقاط تست فشار سینتیک برای کانال با مقطع مربع و مستطیل

نیازهای تراورس لوله پیتوت برای کانال مربع و مستطیل بشرح زیر است :
- در کانالهای باسطح مقطع مربع و مستطیل حداقل ۱۶ نقطه تست فشار سینتیک با فواصل مساوی
- فواصل نقاط بیش از ۶ اینچ از هم نباشد. اگر تعداد نقاط اندازه‌گیری بیش از ۶۴ عدد شود، فاصله بین

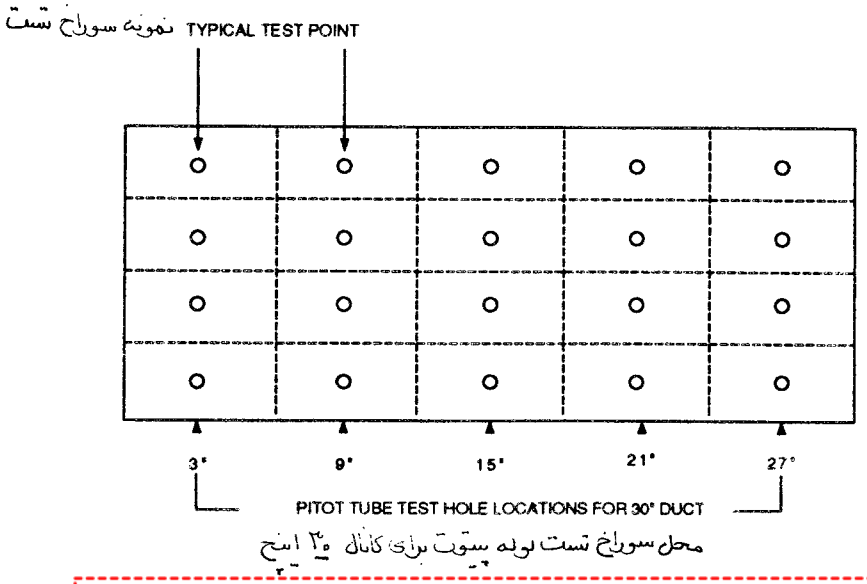
نقاط ممکن است افزایش داده شود تا تعداد کل اندازه‌گیری به ۶۴ یا کمتر کاهش یابد).
- سطح مقطع اندازه‌گیری هر نقطه از ۳۶ اینچ مربع بیشتر نشود.

مثال ۲-۳ : محل سوراخهای تست برای سطح مقطع یک کانال مستطیلی را تعیین کنید. سطح مقطع کانال به طول ۳۰ و عرض ۱۲ اینچ است. سوراخها در ضلع ۳۰ اینچ مته میشوند(شکل ۳-۳). قطر سوراخ معمولا" $^{3}/_{8}$" اینچ است تا بتواند لوله استاندارد را از خود عبور دهد.

فاصله $= \frac{30\ in}{5} = 6\ in$

۵ عدد سوراخ که مراکز آنها ۶ اینچ از هم فاصله دارد خواهیم داشت. هدف آن است که کمترین تعداد سوراخ مته شود ولی مراکز آنها ۶ اینچ از هم فاصله داشته باشد. فاصله اولین سوراخ همیشه نصف فاصله بین مراکز ($^{6}/_{2}$=۳ in) است. در این مثال اولین سوراخ ۳ اینچ از دیواره کانال فاصله خواهد داشت.
نمایش سوراخها بشرح زیر است :

سوراخ شماره	فاصله از دیواره کانال
۱	۳ اینچ
۲	۹ "
۳	۱۵ "
۴	۲۱ "
۵	۲۷ "



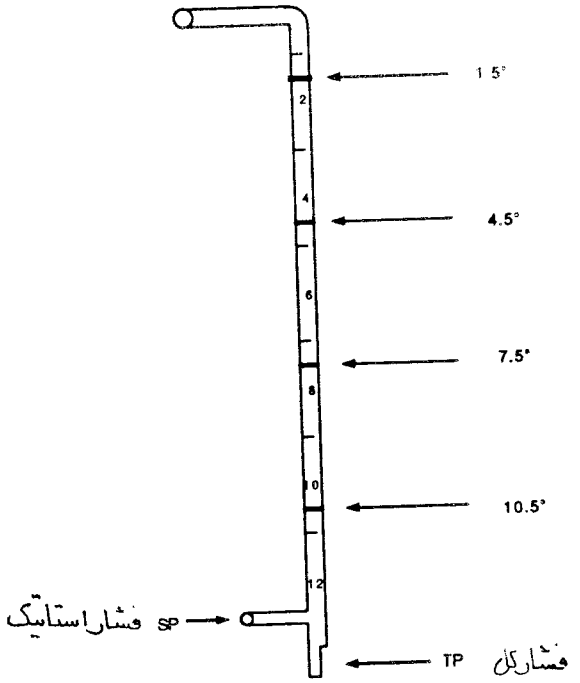
شکل ۳-۳ محل نقاط تست در کانال با مقطع مستطیل با لوله پیتوت

مثال ۳-۳ : علامت گذاری روی لوله پیتوت برای مقطع یک کانال ۳۰ اینچ در ۱۲ اینچ را معین کنید.
از آنجا که سوراخها در ضلع ۳۰ اینچ کانال مته شده‌اند علائم روی لوله پیتوت برای ضلع ۱۲ اینچ خواهد بود (شکل ۴-۳). لوله معمولا" بوسیله خودکار یا نوار الکتریکی روی لوله علامت گذاری میشود. برای سهولت علامت گذاری، لوله استاندارد پیتوت درجه‌بندی شده و برای اعداد زوج اینچ خط پررنگ و برای

اعداد فرد خط نازك به طول $^{1}/_{8}$ اینچ دارد. در اینجا ۴ خط علامت به فاصله ۳ اینچ خواهیم داشت ($^{12}/_{4}$=۳). لوله پیتوت را برای کمترین نقاط تست علامت بگذارید ولی حداقل ۱۶ خط اندازه‌گیری باید انجام شود. در این مثال ۲۰ محل تست (۵ سوراخ با ۴ نقطه اندازه‌گیری در هر سوراخ) خواهیم داشت. اولین علامت روی لوله همیشه نصف فاصله بین مراکز است ($^{3}/_{4}$=۱/۵). در این مثال اولین علامت روی لوله ۱/۵ اینچ خواهد بود.

نمایش سوراخها بشرح زیر است :

علامت شماره	فاصله روی لوله
۱	۱/۵ اینچ
۲	۴/۵ "
۳	۷/۵ "
۴	۱۰/۵ "



شکل ۴-۳ علامت گذاری روی لوله پیتوت برای ضلع ۱۲ اینچ

مثال ۴-۳ : محل سوراخهای تست یک کانال ۲۲ در ۱۶ اینچ را تعیین کنید. سوراخها در ضلع ۲۲ اینچی مته میشوند.

چهار سوراخ به فاصله ۵/۵ اینچ خواهیم داشت ($^{22}/_{4}$=۵/۵ in) و اولین سوراخ ۲/۷۵ اینچ از دیواره کانال فاصله دارد. ($^{5/5}/_{2}$=۲/۷۵ in)

سوراخ شماره	فاصله از دیواره کانال
۱	۲/۷۵ اینچ
۲	۸/۲۵ "
۳	۱۳/۷۵ "
۴	۱۹/۲۵ "

لوله پیتوت را برای کانال ۲۲ در ۱۶ اینچ علامت گذاری کنید. علائم روی لوله برای ضلع ۱۶ اینچ خواهد بود. در اینجا ۴ علامت بفاصله ۴ اینچ خواهیم داشت(in=4 ۴/۱۶).
این مقطع ۱۶ محل تست خواهد داشت (۴ سوراخ آزمایش و ۴ نقطه اندازه‌گیری در لوله هر سوراخ). اولین علامت روی لوله در فاصله ۲ اینچ خواهد بود(in=2 ۲/۴).

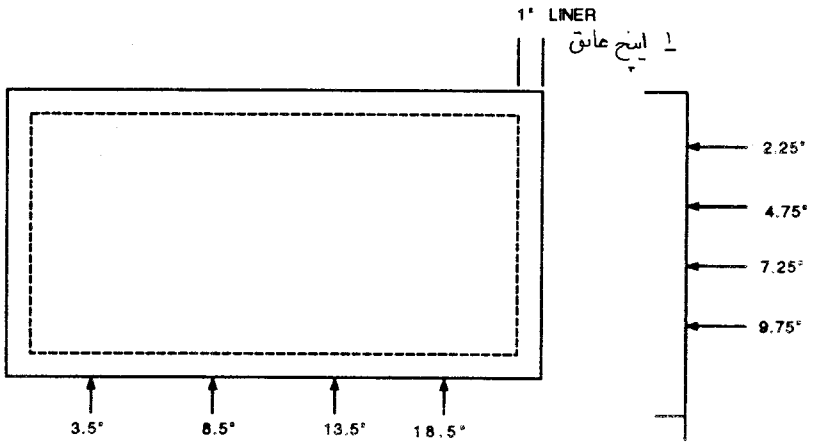
علامت شماره	فاصله روی لوله
۱	۲ اینچ
۲	" ۶
۳	" ۱۰
۴	" ۱۴

مثال ۵-۳ : محل سوراخهای مقطع یک کانال مستطیلی را که یک اینچ عایق داخلی دارد مشخص کنید. کانال به طول ۲۲ و عرض ۱۲ اینچ است. سوراخها در ضلع ۲۲ اینچی مته میشوند. اندازه داخلی کانال ۲۰ اینچ در ۱۰ اینچ (شکل ۵-۳) است. در اینجا ۴ سوراخ بفاصله ۵ اینچ خواهیم داشت (in=5 ۴/۲۰).
اولین سوراخ به فاصله ۳/۵ اینچ از دیواره کانال است (۱+ ۲/۵).

سوراخ شماره	فاصله از دیواره کانال باضافه ۱ اینچ عایق
۱	۳/۵ اینچ
۲	" ۸/۵
۳	" ۱۳/۵
۴	" ۱۸/۵

برای کانال یاد شده، لوله پیتوت را برای ضلع ۱۲ اینچ علامت‌گذاری کنید. در اینجا ۴ سوراخ بفاصله ۲/۵ اینچ خواهیم داشت (۲/۵= ۴/۱۰). این تراورس ۱۶ محل تست دارد (۴ سوراخ و چهار نقطه اندازه‌گیری روی لوله در هر سوراخ) اولین علامت روی لوله در فاصله ۲/۲۵ اینچ (۱+ ۲/۵/۲).

سوراخ شماره	فاصله از دیواره کانال باضافه ۱ اینچ عایق
۱	۲/۲۵ اینچ
۲	" ۴/۷۵
۳	" ۷/۲۵
۳	" ۹/۷۵

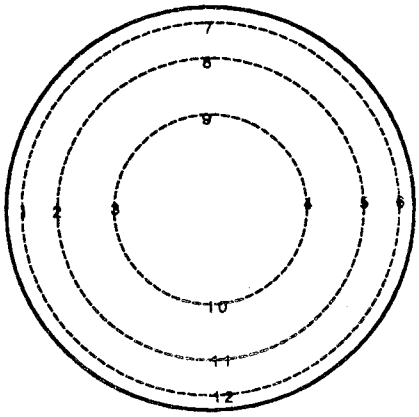


شکل ۵-۳ محل سوراخهای تست و علامت‌گذاری روی لوله پیتوت برای کانال مستطیل ۱۲x۲۲ اینچ با عایق داخلی

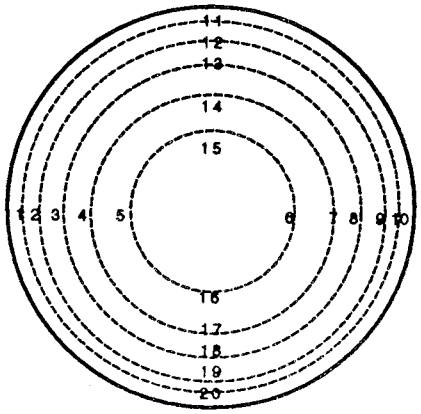
سوراخهای تست فشار سینتیک برای کانال با مقطع گرد

نیازهای انجام تراورس لوله پیتوت برای کانال گرد عبارتند از :

- دو سوراخ با زاویه ۹۰ درجه از هم در کانال ایجاد کنید.
- برای کانال به قطر۱۰ اینچ وکوچکتر لوله‌پیتوت را برای مراکز ۶ دایره هم‌مرکز بامساحت یکسان علامتگذاری کنید (شکل ۶-۳). در اینجا ۱۲ نقطه تست داریم۰ (۶ اندازه‌گیری در هر یک از دو صفحه لوله اندازه گیری).
- برای کانال بزرگتر از ۱۰ اینچ، لوله پیتوت را برای مراکز ۱۰ دایره هم مرکز با مساحت یکسان علامت – گذاری کنید (شکل ۷-۳). در اینجا ۲۰ نقطه تراورس خواهیم داشت .



شکل ۶-۳ محل سوراخهای تست روی لوله پیتوت برای کانال گرد به قطر ۱۰ اینچ یا کمتر



شکل ۷-۳ محل سوراخهای تست روی لوله پیتوت برای کانال گرد به قطر بیش از ۱۰ اینچ

مثال ۶-۳ : محل سوراخهای تست را روی یک کانال گرد به قطر ۶ اینچ تعیین کنید. برای علامت گذاری لوله پیتوت اول شعاع دایره را بدست آورید. سپس ضریب هر نقطه را در شعاع ضرب کنید. عدد بدست آمده را به نزدیکترین هشتم اینچ تصحیح کنید.

شماره سوراخ تست	ضریب	x شعاع = علامت (اینچ)		نزدیکترین به هشتم اینچ	
۱	۰/۰۸۸	۳	۰/۲۶۴	اینچ	۱/۴
۲	۰/۲۹۳	۳	۰/۸۷۹	اینچ	۷/۸
۳	۰/۵۹۲	۳	۱/۷۷۶	اینچ	۱۳/۴
۴	۱/۴۰۸	۳	۴/۲۲۴	اینچ	۴۱/۴
۵	۱/۷۰۷	۳	۵/۱۲۱	اینچ	۵۱/۸
۶	۱/۹۱۳	۳	۵/۷۳۹	اینچ	۵۳/۴
۷	۰/۰۸۸	۳	۰/۲۶۴	اینچ	۱/۴
۸	۰/۲۹۳	۳	۰/۸۷۹	اینچ	۷/۸
۹	۰/۵۹۲	۳	۱/۷۷۶	اینچ	۱۳/۴
۱۰	۱/۴۰۸	۳	۴/۲۲۴	اینچ	۴۱/۴
۱۱	۱/۷۰۷	۳	۵/۱۲۱	اینچ	۵۱/۸
۱۲	۱/۹۱۳	۳	۵/۷۳۹	اینچ	۵۳/۴

مثال ۷-۳ : قطر یک کانال ۲۴ اینچ است. برای علامت گذاری روی لوله پیتوت ابتدا شعاع را بدست آورید. سپس ضریب (factor) هر نقطه تست را در شعاع ضرب کنید و سپس به نزدیکترین هشتم اینچ تصحیح نمایید.

شماره سوراخ تست	ضریب	xشعاع = علامت(اینچ)		نزدیکترین به هشتم اینچ	
۱	۰/۰۵۲	۱۲	۰/۶۲۴	اینچ	۵/۸
۲	۰/۱۶۵	۱۲	۱/۹۸	اینچ	۲
۳	۰/۲۹۳	۱۲	۳/۵۱۶	اینچ	۳ ۱/۲
۴	۰/۴۵۴	۱۲	۵/۴۴۸	اینچ	۵ ۱/۲
۵	۰/۶۸۴	۱۲	۸/۲۰۸	اینچ	۸ ۱/۴
۶	۱/۳۱۶	۱۲	۱۵/۷۹۲	اینچ	۱۵ ۳/۴
۷	۱/۵۴۷	۱۲	۱۸/۵۶۴	اینچ	۱۸ ۱/۲
۸	۱/۷۰۷	۱۲	۲۰/۴۸۴	اینچ	۲۰ ۱/۲
۹	۱/۸۳۵	۱۲	۲۲/۰۲	اینچ	۲۲
۱۰	۱/۹۴۸	۱۲	۲۳/۳۷۶	اینچ	۲۳ ۳/۸
۱۱	۰/۰۵۲	۱۲	۰/۶۲۴	اینچ	۵/۸
۱۲	۰/۱۶۵	۱۲	۱/۹۸	اینچ	۲
۱۳	۰/۲۹۳	۱۲	۳/۵۱۶	اینچ	۳ ۱/۲
۱۴	۰/۴۵۴	۱۲	۵/۴۴۸	اینچ	۵ ۱/۲
۱۵	۰/۶۸۴	۱۲	۸/۲۰۸	اینچ	۸ ۱/۴
۱۶	۱/۳۱۶	۱۲	۱۵/۷۹۲	اینچ	۱۵ ۳/۴
۱۷	۱/۵۴۷	۱۲	۱۸/۵۶۴	اینچ	۱۸ ۱/۲
۱۸	۱/۷۰۷	۱۲	۲۰/۴۸۴	اینچ	۲۰ ۱/۲
۱۹	۱/۸۳۵	۱۲	۲۲/۰۲	اینچ	۲۲
۲۰	۱/۹۴۸	۱۲	۲۳/۳۷۶	اینچ	۲۳ ۳/۸

استفاده از روش لوله پیتوت برای ارزیابی ظرفیت عملکرد سیستم
(Pitot Tube Traverse Procedure to Verify Operating Capacity)

بعد از مته‌کردن سوراخها درکانال، دستگاه راآماده کنید و اندازه‌گیری را با توجه به نکات زیر انجام دهید:

۱- طبق دستورالعمل سازنده دستگاه را آماده کنید. در مورد مامومترهای با ستون مایع مطمئن شوید که:

- هر دو لوله خرطومی چپ و راست به هوای بیرون باز هستند.
- دستگاه تراز قرار گرفته است.
- دستگاه نسبت به دمای محیط تنظیم شده است.
- سطح منحنی مایع لوله (meniscus) صفر شده باشد.
- فقط یک نفر همه نقاط را بخواند. افراد مختلف سطح منحنی رویه مایع (meniscus) را متفاوت می‌خوانند. بنابراین بهترین روش این است که کار خواندن را یک نفر انجام دهد. اگر اندازه‌گیری ثانویه لازم شود، مانعی ندارد که شخص دیگری عمل خواندن را انجام دهد ولی به هر صورت "یکدست بودن" اندازه‌گیری در این مرحله بسیار مهم است.
- با انتخاب محل دید مناسب برای ناظر از اختلاف رویت (parallax) اجتناب ورزید. اکثر دستگاههای آنالوگ امروزی به یک آینه برای سهولت خواندن مجهز هستند. دید ناظر باید مستقیم باشد

بطوریکه فقط یک تصویر را ببینید.

۲- لوله‌ها را(خصوصا" درانتها) چک کنید که‌سوراخ وترك نداشته‌باشند. درصورت لزوم لوله‌ها را عوض کنید.

۳- مطمئن شوید که لوله پیتوت تمیز باشد. گرد و خاك میتواند سوراخهای استاتیک در دهانه تماس (impact) را مسدود نماید.

۴- لوله پیتوت را بطور صحیح به دستگاه وصل کنید. دهانه (port) فشار استاتیک لوله پیتوت را به قسمت منفی(-) و دهانه فشار کل آن را به قسمت مثبت (+) وصل کنید.

۵- لوله پیتوت را وارد سوراخ تست کنید و فشار سینتیک را به تعداد نقاط لازم اندازه بگیرید و روی برگ آزمایش (Data sheet) یادداشت کنید.

۶- هر کدام از فشار سینتیکها را با استفاده از رابطه ۲-۳ به سرعت تبدیل کنید. مانومترهای الکترونیکی این کار را انجام میدهند و مستقیما" سرعت را به فوت در دقیقه نشان میدهند.

رابطه ۲-۳ : تبدیل فشار سینتیک (VP) به سرعت (fpm)

$$V=۴۰۰۵\sqrt{VP}$$

سرعت به فوت در دقیقه (fpm)=V

عدد ثابت برای شرایط هوای استاندارد= ۴۰۰۵

جذر فشار سینتیک به اینچ ستون آب $=\sqrt{VP}$

- سرعتها را جمع کنید و میانگین بگیرید. بعضی از مانومترهای الکترونیکی این عملیات را انجام میدهند.

- سرعت میانگین را در سطح کانال به فوت مربع ضرب کنید. این عدد مقدار هوا به فوت مکعب در دقیقه در این نقطه از کانال است. از رابطه ۳-۳ استفاده کنید.

رابطه ۳-۳ : مقدار هوادهی

$$Q=VA$$

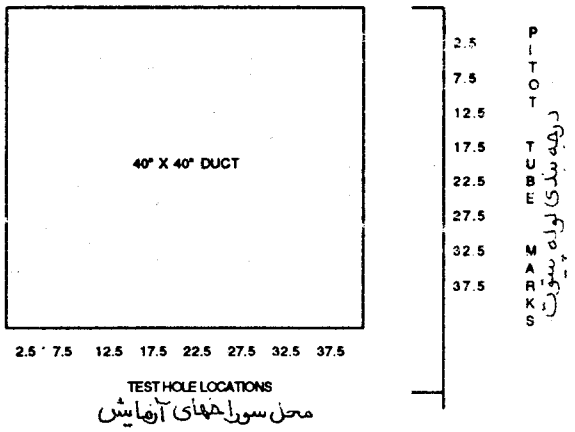
مقدارهوادهی به فوت مکعب در دقیقه(cfm) =Q

سطح مقطع کانال به فوت مربع (sf) =A

سرعت به فوت در دقیقه (fpm) =V

پس از اندازه‌گیریهای در سطح مقطع سوراخهای تست را ببندید و کاملا" هوابندی نمایید.

مثال ۸-۳ : یک کانال مربع را اندازه‌گیری (traverse) کنید و مقدار هوادهی را معین نمایید. اندازه کانال ۴۰x۴۰ اینچ است. تعداد نقاط اندازه‌گیری ۶۴ است. ظرفیت هوادهی ۲۱۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه است. محل سوراخهای تست و علامت گذاری لوله پیتوت در شکل ۸-۳ نشان داده شده است. برگ آزمایش در شکل ۹-۳ دیده میشود.



شکل ۸-۳ محل سوراخهای تست و درجه‌بندی لوله پیتوت

پروژه: _____

شماره بادزن: _____

شماره تراورس: _____

	مشخص شده	واقعی
اندازه کانال (اینچ)	۴۰x۴۰	۴۰x۴۰
مساحت کانال (فوت مربع)	۱۱/۱	۱۱/۱
حجم(فوت مکعب در دقیقه)	۲۱۰۰۰	۲۰۸۴۵
میانگین سرعت (فوت دردقیقه)	۱۸۹۲	۱۸۹۲
فشاراستاتیک خط مرکزی(اینچ‌ستون‌آب)	نامشخص	۱/۷۶
چگالی(پوندبرفوت مربع)	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵
تصحیح دستگاه برای چگالی	ندارد	ندارد

شماره	فشارسیتتیک	سرعت	شماره	فشارسیتتیک	سرعت	شماره	فشارسیتتیک	سرعت	شماره	فشارسیتتیک	سرعت
۱	۰/۱۷	۱ر۶۵۱	۱۸	۰/۲۰	۱ر۷۹۱	۳۵	۰/۱۹	۱ر۷۴۶	۵۲	۰/۲۲	۱ر۸۷۹
۲	۰/۱۹	۱ر۷۴۶	۱۹	۰/۲۱	۱ر۸۳۵	۳۶	۰/۲۰	۱ر۷۹۱	۵۳	۰/۱۹	۱ر۷۴۶
۳	۰/۲۰	۱ر۷۹۱	۲۰	۰/۲۲	۱ر۸۳۵	۳۷	۰/۲۱	۱ر۸۳۵	۵۴	۰/۱۷	۱ر۶۵۱
۴	۰/۲۱	۱ر۸۳۵	۲۱	۰/۲۲	۱ر۸۷۹	۳۸	۰/۲۱	۱ر۸۳۵	۵۵	۰/۱۶	۱ر۶۰۲
۵	۰/۲۲	۱ر۸۷۹	۲۲	۰/۲۳	۱ر۹۲۱	۳۹	۰/۲۲	۱ر۸۷۹	۵۶	۰/۱۷	۱ر۶۵۱
۶	۰/۱۹	۱ر۷۴۶	۲۳	۰/۲۴	۱ر۹۶۲	۴۰	۰/۲۲	۱ر۸۷۹	۵۷	۰/۱۸	۱ر۶۹۹
۷	۰/۲۱	۱ر۸۳۵	۲۴	۰/۲۴	۱ر۹۶۲	۴۱	۰/۲۰	۱ر۷۹۱	۵۸	۰/۱۷	۱ر۶۵۱
۸	۰/۲۳	۱ر۹۲۱	۲۵	۰/۲۶	۲ر۰۴۲	۴۲	۰/۲۳	۱ر۹۲۱	۵۹	۰/۱۸	۱ر۶۹۹
۹	۰/۲۴	۱ر۹۶۲	۲۶	۰/۲۶	۲ر۰۴۲	۴۳	۰/۲۳	۱ر۹۲۱	۶۰	۰/۱۹	۱ر۷۴۶
۱۰	۰/۲۲	۱ر۸۷۹	۲۷	۰/۲۵	۲ر۰۰۳	۴۴	۰/۲۴	۱ر۹۶۲	۶۱	۰/۲۰	۱ر۷۹۱
۱۱	۰/۲۳	۱ر۹۲۱	۲۸	۰/۲۴	۱ر۹۶۲	۴۵	۰/۲۶	۲ر۰۴۲	۶۲	۰/۱۹	۱ر۷۴۶
۱۲	۰/۲۴	۱ر۹۶۲	۲۹	۰/۲۳	۱ر۹۲۱	۴۶	۰/۲۶	۲ر۰۴۲	۶۳	۰/۱۹	۱ر۷۴۶
۱۳	۰/۲۱	۱ر۸۳۵	۳۰	۰/۲۲	۱ر۸۷۹	۴۷	۰/۲۷	۲ر۰۸۱	۶۴	۰/۱۹	۱ر۷۴۶
۱۴	۰/۲۰	۱ر۷۹۱	۳۱	۰/۲۱	۱ر۸۳۵	۴۸	۰/۲۵	۲ر۰۰۳			
۱۵	۰/۱۹	۱ر۷۴۶	۳۲	۰/۲۲	۱ر۸۷۹	۴۹	۰/۲۴	۱ر۹۶۲			
۱۶	۰/۱۸	۱ر۶۹۹	۳۳	۰/۲۰	۱ر۷۹۱	۵۰	۰/۲۳	۱ر۹۲۱			
۱۷	۰/۱۹	۱ر۷۴۶	۳۴	۰/۲۱	۱ر۸۳۵	۵۱	۰/۲۳	۱ر۹۲۱			
جمع ۳۰ر۹۴۵			جمع ۳۴ر۳۸۰			جمع ۳۲ر۵۳۲			جمع ۲۲ر۳۵۳		

سرعت میانگین = جمع سرعتها را به تعداد اندازه‌گیری تقسیم کنید ۱۸۷۸= ۶۴ : ۱۲۰۲۱۰

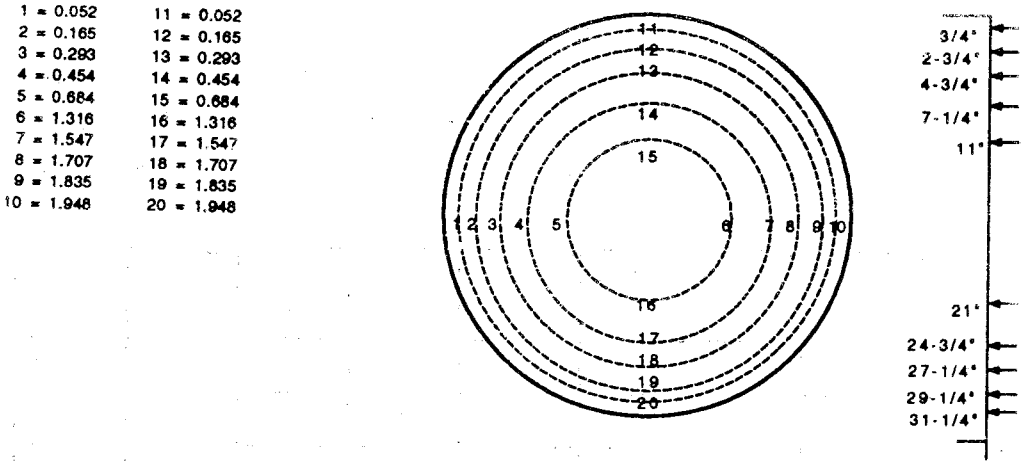
سرعت میانگین x در سطح = مقدار کل هوا ۲۰۸۴۵= ۱۱/۱ x ۱۸۷۸

یادداشت :

جمع کل ۱۲۰ر۲۱۰

شکل ۹-۳ برگ ثبت نتیجه آزمایش کانال مستطیلی

مثال ۹-۳ : یک کانال گرد را اندازه‌گیری (traverse) کنید و مقدار کل هوادهی را محاسبه کنید. قطر کانال ۳۲ اینچ است. تعداد ۲۰ اندازه‌گیری انجام شده است. هوادهی ۱۰۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه است. محل سوراخهای تست و علامت گذاری لوله پیتوت در شکل ۱۰-۳ و برگ آزمایش در شکل ۱۱-۳ نشان داده شده است. شکل ۱۲-۳ برگ آزمایش (traverse sheet) کانال ۱۰ اینچ و کوچکتر را نشان میدهد. شکل ۱۳-۳ نمونه خلاصه نتیجه آزمایش را نشان میدهد.



شکل ۱۰-۳ محل سوراخهای تست و درجه لوله پیتوت در کانال گرد به قطر ۳۲ اینچ

پروژه: _____

شماره سیستم: _____

شماره تراورس: _____

	مشخص شده	واقعی
اندازه کانال (اینچ)	قطر۳۲	قطر۳۲
مساحت کانال (فوت مربع)	۵/۵۸	۵/۵۸
حجم(فوت مکعب در دقیقه)	۱۰۰۰۰	۱۱۲۱۵
میانگین سرعت (فوت دردقیقه)	۱۷۹۲	۲۰۱۰
فشاراستاتیک خط مرکزی(اینچ‌ستون آب)	نامشخص	۱/۲۰
چگالی(پوندبرفوت مربع)	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵
تصحیح دستگاه برای چگالی	ندارد	ندارد

شماره	ضریب	اینچ	فشار سیتیک	سرعت	شماره	ضریب	اینچ	فشار سیتیک	سرعت
۱	۰/۰۵۲	۳/۴	۰/۲۲	۱ر۸۷۹	۱۱	۰/۰۵۲	۳/۴	۰/۲۳	۱ر۹۲۱
۲	۰/۱۶۵	۲-۳/۴	۰/۲۳	۱ر۹۲۱	۱۲	۰/۱۶۵	۲-۳/۴	۰/۲۴	۱ر۹۶۲
۳	۰/۲۹۳	۴-۳/۴	۰/۲۴	۱ر۹۶۲	۱۳	۰/۲۹۳	۴-۳/۴	۰/۲۵	۲ر۰۰۳
۴	۰/۴۵۴	۷-۱/۴	۰/۲۵	۲ر۰۰۳	۱۴	۰/۴۵۴	۷-۱/۴	۰/۲۶	۲ر۰۴۲
۵	۰/۶۸۴	۱۱	۰/۲۵	۲ر۰۰۳	۱۵	۰/۶۸۴	۱۱	۰/۲۷	۲ر۰۸۱
۶	۱/۳۱۶	۱۲	۰/۲۶	۲ر۰۴۲	۱۶	۱/۳۱۶	۲۱	۰/۲۹	۲ر۱۵۷
۷	۱/۵۴۷	۲۴-۳/۴	۰/۲۷	۲ر۰۸۱	۱۷	۱/۵۴۷	۲۴-۳/۴	۰/۲۸	۲ر۱۱۹
۸	۱/۷۰۷	۲۷-۱/۴	۰/۲۵	۲ر۰۰۳	۱۸	۱/۷۰۷	۲۷-۱/۴	۰/۲۵	۲ر۰۰۳
۹	۱/۸۳۵	۲۹-۱/۴	۰/۲۵	۲ر۰۰۳	۱۹	۱/۸۳۵	۲۹-۱/۴	۰/۲۵	۲ر۰۰۳
۱۰	۱/۹۴۸	۳۱-۱/۴	۰/۲۵	۲ر۰۰۳	۲۰	۱/۹۴۸	۳۱-۱/۴	۰/۲۵	۲ر۰۰۳
جمع ۱۹ر۹۰۰					جمع ۲۰ر۲۹۴				

میانگین سرعت = جمع سرعتها را به تعداد اندازه گیری تقسیم کنید ۲۰۱۰ = ۲۰ : ۴۰،۱۹۴ — جمع کل ۴۰ر۱۹۴

سرعت میانگین ضرب در سطح = مقدار کل هوا ۱۱۲۱۵ = ۵/۵۸ x ۲۰۱۰

یادداشت :

شکل ۱۱-۳ برگ ثبت نتیجه آزمایش کانال گرد

پروژه: _____
شماره بادزن: _____
شماره تراورس: _____

	مشخص شده	واقعی
اندازه کانال (اینچ)		
مساحت کانال (فوت مربع)		
سرعت میانگین		
حجم هوادهی (فوت مکعب در دقیقه)		
فشار استاتیک خط مرکزی		
چگالی(پوند برفوت مربع)		

تصحیح دستگاه برای چگالی

شماره	ضریب (اینچ)
۱	۰/۰۸۸
۲	۰/۲۹۳
۳	۰/۵۹۲
۴	۱/۴۰۸
۵	۱/۷۰۷
۶	۱/۹۱۳
۷	۰/۰۸۸
۸	۰/۲۹۳
۹	۰/۵۹۲
۱۰	۱/۴۰۸
۱۱	۱/۷۰۷
۱۲	۱/۹۱۳
	جمع

میانگین سرعت = جمع سرعتها تقسیم بر تعداد اندازه گیری
سرعت میانگین x در سطح = مقدار کل هوا

یادداشت :

شکل ۱۲-۳ برگ ثبت نتیجه آزمایش کانال گرد به قطر ۱۰ اینچ و کوچکتر

پروژه : _____

مهندس مسئول : _____

شماره سیستم : _____

هوادهی فوت مکعب در دقیقه

شماره	کاربرد	اندازه کانال	فوت مربع	فشار استاتیک	طراحی	واقعی	درصد D	تذکرات

یادداشت :

شکل ۱۳-۳ نمونه خلاصه نتیجه آزمایش

چگونه دستگاه را برای تغییرات چگالی هوا تصحیح کنیم .

مانومترهای خشک و مانومترهای پر شده از مایع برای شرایط هوای استاندارد کالیبره شده‌اند (۷۰ درجه فارنهایت، ۲۹/۹۲ اینچ ستون جیوه و ۰/۰۷۵ پوند بر فوت مکعب). اندازه‌گیری فشار سینتیک در شرایطی که با شرایط یاد شده خیلی تفاوت داشته باشد، مستلزم تصحیح دستگاه است. (بعضی از مانومترهای الکترونیکی کار تصحیح چگالی را بصورت خودکار انجام میدهند). برای تصحیح دستگاه با روش ریاضی از روابط ۴-۳، ۵-۳، ۶-۳ و ۷-۳ استفاده کنید.

رابطه ۴-۳ : تعیین چگالی جدید

$$D = ۱/۳۲۵ \frac{P_B}{T_A}$$

رابطه ۵-۳ : تعیین ضریب تصحیح سرعت با تغییرات چگالی هوا

$$CF=\sqrt{\frac{۰/۰۷۵}{D}}$$

رابطه ۶-۳ : تعیین سرعت میانگین با استفاده از ضریب تصحیح

$$Vc= Vm \times CF$$

رابطه ۷-۳ : تعیین حجم هوادهی با سرعت تصحیح شده

$$Q=A \times Vc$$

تعریف علائم در روابط بالا :

چگالی هوا به پوند در فوت مکعب =D

۱/۳۲۵ = عدد ثابت، ۰/۰۷۵ تقسیم بر (۵۳۰ : ۲۹/۹۲)

فشار جو به اینچ ستون جیوه $=P_B$

دمای مطلق به رانکین (دمای هوا در کانال به درجه فارنهایت بعلاوه ۴۶۰) $=T_A$

ضریب تصحیح =CF

چگالی هوا در شرایط استاندارد، پوند بر فوت مکعب =۰/۰۷۵

سرعت تصحیح شده =Vc

سرعت اندازه گیری شده =Vm

جمع هوادهی به فوت مکعب در دقیقه =Q

مساحت به فوت مربع =A

مثال ۱۰-۳ : اگر دمای هوا در کانال مثال ۸-۳ برابر ۱۷۰ درجه فارنهایت باشد، چگالی جدید و حجم هوادهی واقعی را پیدا کنید. فشار سینتیک با استفاده از مانومتر پر از مایع اندازه‌گیری شده است. کانال هوای هود کوره واقع در شهر سانتیاگو ایالت کالیفرنیا را تخلیه میکند. سرعت میانگین اندازه‌گیری شده ۱۸۷۸ فوت در دقیقه و حجم هوادهی اندازه‌گیری شده ۲۰۸۴۵ فوت مکعب در دقیقه است. سرعت تصحیح شده ۲۰۴۷ فوت در دقیقه و حجم هوادهی تصحیح شده ۲۲۷۲۲ فوت مکعب در دقیقه است.

$$D = ۱/۳۲۵ \frac{۲۹/۹۲}{۶۳۰} = ۰/۰۶۳ \text{ پوند در فوت مکعب}$$

$$CF=\sqrt{\frac{۰/۰۷۵}{۰/۰۶۳}}=۱/۰۹$$

فوت در دقیقه Vc= ۱۸۷۸ x ۱/۰۹ =۲۰۴۷
فوت مکعب در دقیقه Q = ۱۱/۱ x ۲۰۴۷ =۲۲۷۲۲

چگونگی اندازه‌گیری هوادهی در خروجی از دریچه

سازندگان دریچه‌های هوا، آزمایشهای گوناگون بر روی فرآورده‌های خود انجام میدهند. از این آزمایشها آنها به سطح موثر (effective area) دریچه دست می‌یابند. سطح موثر یک دریچه جمع تمام سطوح کوچک (Vena Contractas) است که در خروج هوا از دریچه وجود دارد. (Vena Contracta کوچکترین اوریفیس است که هوا را از خود عبور میدهد). سطح موثر به تعداد اوریفیسها و محل دقیق آنها و اندازه و شکل دریچه‌های سقفی و غیره بستگی دارد.

براساس یافته‌های آنان، سازندگان ضریب تصحیح (correction factor) برای مساحت یا ضریب جریان هوا برای فرآورده خود منتشر میکنند. این ضرایب جریان (flow factors) برای یک دریچه هوای مشخص با شکل معین یا یکدستگاه اندازه‌گیر بخصوص و برای محل رویت ناظر آن دستگاه میباشد. ضرایب جریان با "K" یا "AK" مطابق جدول ۱-۳ نشان داده میشود.

جدول ۱-۳ ضریب جریان هوای خروجی دریچه (از سازنده)

ضریب سطح (Area Factor-AK)									
اندازه‌گلویی	۶ in	۸ in	۱۰ in	۱۲ in	۱۴ in	۱۶ in	۱۸ in	۲۰ in	۲۴ in
مدل									
۲۷۸ H	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۵۸	۰/۸۷
۲۷۸ V	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۴۳	۰/۵۴	۰/۶۴	۰/۷۸	۱/۰۱

مراحل تست

نوك سنسور Alnor (مارك تجارتی) مدل "2220-A" را طبق آنچه نشان داده شده در وضعیت مناسب قرار دهید حداقل ۶ اندازه‌گیری سرعت برای مساحتهای مساوی بخوانید.

اعداد اندازه‌گیری شده را میانگین کنید.

AK را برای اندازه گلویی دریچه (neck size) پیدا کنید. (قطر)

ضریب AK x (فوت در دقیقه) میانگین سرعت = فوت مکعب در دقیقه

سرعت خروجی دریچه خوانده و میانگین گرفته میشود. در رابطه ۸-۳ میانگین سرعت درAK ضرب میشود و حجم هوادهی بدست می‌آید.

رابطه ۸-۳ : حجم هوادهی

CFM = V x AK

هوادهی به فوت مکعب در دقیقه = CFM

سرعت میانگین به فوت در دقیقه = V

ضریب جریان یا ضریب تصحیح، مساحت سازنده = AK

مثال ۱۱-۳ : یک دریچه دیواری برای زاویه پرتاب صفر درجه (0° pattern deflection) تنظیم شده و بوسیله بادسنج (anemometer) خوانده میشود. تصحیح بادسنج انجام گرفته و سرعت میانگین ۶۰۰ فوت در دقیقه محاسبه گردیده است. اندازه دریچه ۱۲ x ۱۶ اینچ است. ضریب جریان پیشنهادی سازنده ۱/۱۳ است. مقدار هوادهی خروجی دریچه ۶۷۸ فوت مکعب در دقیقه است.

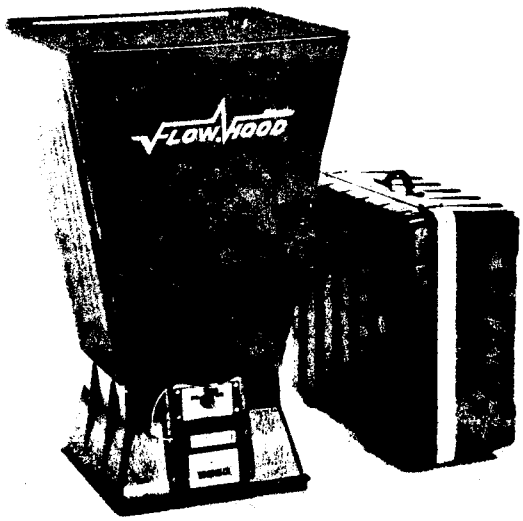
$$CFM = V \times AK$$

$$CFM = 600 \times ۱/۱۳$$

$$CFM = ۶۷۸$$

روش دیگر اندازه‌گیری مقدار هوای خروجی از دریچه‌ها استفاده از دستگاه مخصوص مانند "Shortridge Flow Hood" شکل (۱۴-۳) و یا Alnor Balometer (شکل ۱۵-۳) است که به شکل خود می‌باشند. هودهای هواگیر (capture hood) هوای خروجی دریچه را جمع کرده و حجم هوادهی را مستقیما" به فوت مکعب در دقیقه نشان میدهند و بنابراین یکبار اندازه‌گیری کافی است. هودهای هواگیر نیازی به گرفتن سرعت میانگین و محاسبه ضریب AK ندارند. اندازه‌گیری با این هودها بسیار سریعتر و قابل تکرار است. شکل ۱۶-۳ نمونه برگ آزمایش یک دریچه را نشان میدهد.

شکل ۱۴-۳



شکل ۱۵-۳

برگ آزمایش توزیع هوا

پروژه :

شماره اتاق	دریچه			ضریب تصحیح جریان	فوت مکعب در دقیقه	یادداشت
	ردیف	نوع دریچه (CD)	اندازه			
اتاق ۴۱-۳	۱	هوای رفت	۲۴x۲۴	۱	۱۸۳	
اتاق ۴۱-۳	۲	هوای رفت	۲۴x۲۴	۱	۳۱۸	
اتاق ۴۱-۳	۳	هوای رفت	۲۴x۲۴	۱	۳۲۰	
اتاق ۴۱-۳	۴	هوای رفت	۲۴x۲۴	۱	۲۵۴	
اتاق ۴۱-۳	۵	هوای رفت	۲۴x۲۴	۱	۲۸۳	
اتاق ۴۱-۳	۶	هوای رفت	۲۴x۲۴	۱	۲۶۶	
اتاق ۴۱-۳	۷	هوای رفت	۲۴x۲۴	۱	۱۵۴	
اتاق ۴۱-۳	۸	هوای رفت	۲۴x۲۴	۱	۲۹۷	
اتاق ۴۱-۳	۹	هوای رفت	۲۴x۲۴	۱	۳۱۸	
اتاق ۴۱-۳	۱۰	هوای رفت	۲۴x۲۴	۱	۲۶۶	
					۲٫۶۵۹	
شماره اتاق	دریچه			ضریب تصحیح جریان	فوت مکعب در دقیقه	یادداشت
	ردیف	نوع دریچه (CD)	اندازه			
اتاق ۴۱-۳	۱۱	هوای برگشت	۲۴x۲۴	۱	۳۶۱	
اتاق ۴۱-۳	۱۲	هوای برگشت	۲۴x۳۴	۱	۳۶۰	
اتاق ۴۱-۳	۱۳	هوای برگشت	۲۴x۲۴	۱	۳۱۶	
اتاق ۴۱-۳	۱۴	هوای برگشت	۲۴x۲۴	۱	۳۵۹	
اتاق ۴۱-۳	۱۵	هوای برگشت	۲۴x۲۴	۱	۳۸۱	
اتاق ۴۱-۳	۱۶	هوای برگشت	۲۴x۲۴	۱	۲۶۷	
					۲٫۰۴۴	
شماره اتاق	کانال			ضریب تصحیح جریان	فوت مکعب در دقیقه	یادداشت
	ردیف	نوع کانال	اندازه (CIP)			
اتاق ۴۱-۳		هوای تازه	۱۰ اینچ	۰/۵۴۵	۳۸۰	

Ceiling Diffuser (CD) = دریچه سقفی

Opening (OP) = دهانه عبور هوا

شکل ۱۶-۳ نمونه برگ آزمایش هوای خروجی از دریچه‌ها

فصل چهارم - اجزای تشکیل دهنده سیستم توزیع هوا
Air Distribution Components

در این فصل با اجزای مختلف سیستم توزیع هوا و ابزار کنترل جریان هوا مانند کانال کشی، دمپرها، شیرهای هوا (Air Valves)، منحرف کننده ها(diverters) ، ترمینال باکسها (Terminal Boxes) و دریچه ها آشنا میشوید.

کانال کشی

کانال کشی مجرای عبور و انتقال هوا میباشد و معمولاً از ورق فلزی گالوانیزه با ضخامتهای متفاوت ساخته میشود. ضخامت ورق فلز با (GAGE) بیان میشود. GAGE ورق فلزی کانال هوا معمولاً ۲۲ تا ۲۶ است. هرچه عدد بزرگتر باشد ورق فلزی نازکتر است. برحسب نوع کاربرد جنس کانال ممکن است از انواع زیر باشد:

- ورق فلزی گالوانیزه پوشیده شده با عایق برای کاهش تبادل گرما
- ورق فلزی گالوانیزه از داخل عایق شده، برای کاهش تبادل گرما و انتقال سر و صدا
- پشم شیشه (Fiberglass) یا فایبربورد (Fiberboard)، برای کاهش تبادل گرما و انتقال سر و صدا
- فولاد زنگ ناپذیر
- آهن سیاه
- آلومینیوم
- آلومینیوم قابل انحناء (Aluminium Flex)
- پلاستیک پوشیده شده با عایق با مفتول قابل انحناء
- پی وی سی
- پلاستیک
- رزین

جدول ۱-۴ ضریب تصحیح افت فشار در کانالهای ساخته شده از مصالح مختلف را نشان میدهد.

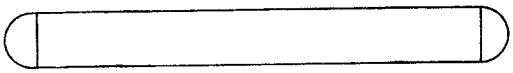
جدول ۱-۴

مصالح	ضریب تصحیح
کانال گالوانیزه	۱
کانال فایبرگلاس	۱/۳۵
کانال عایق از داخل	۱/۰۸ -۱/۴۲
کانال پلاستیک قابل انحناء کاملاً کشیده(extended)	۱/۸۵
کانال پلاستیک قابل انحناء، ده درصد فشرده شده	۳/۶۵

مثال ۱-۴ : افت فشار در ۱۰۰ فوت طول کانال فولادی گالوانیزه با اندازه و سرعت معین، ۰/۱ اینچ است. افت فشار در کانال پلاستیکی قابل انحناء، با همان اندازه و طول و سرعت، حدوداً ۰/۱۸۵ اینچ است و اگر طول همین کانال پلاستیکی بر اثر فشرده شدن کوتاه شود و از ۱۰۰ فوت به ۹۰ فوت کاهش یابد، افت فشار ۰/۳۶۵ اینچ خواهد بود.

شکل و اندازه کانالها

شکل، اندازه و مسیر کانال کشی با معماری و ساز، ساختمان هماهنگ میشود. مقطع کانال ممکن است گرد (بالاترین راندمان)، مستطیل، مربع یا بیضی کشیده باشد. بیضی کشیده (flat oval) کانال گردی است که کشیده میشود تا یک کانال مستطیل با نیم دایره در دو انتها بوجود آید (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴ مقطع کانال بیضی کشیده

اندازه کانالها معمولاً به اینچ داده میشود. بطور کلی، در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع (HVAC) کانالهای گرد از ۳ تا ۱۰ اینچ با افزوده (increment) ۱ اینچ ساخته میشوند. بالای ۱۰ اینچ کانال گرد استاندارد با افزوده ۲ اینچ (۱۰، ۱۲، ۱۴ و غیره) ساخته میشود. کانالهای مستطیلی معمولاً در اندازه های زوج مثل ۱۲ x ۱۴، ۲۰x۲۴، ۳۰x۴۶ اینچ ساخته میشوند و برای کانالهای مستطیلی اولین عدد، اندازه ای است که دیده میشود. برای مثال، یک کانال مستطیلی که از بالا نگاه میشود به شکل ۱۸x۲۴ اینچ نمایش میدهند.نمای مقطع همین کانال را به شکل ۱۸x۲۴، اینچ می نویسند. طول هر قطعه از کانال ممکن است به اینچ یا فوت نوشته شود. برای مثال، یک قطعه کانال (یا اتصال) به طول ۴۸ اینچ یا ۴ فوت ذکر میشود.

24x18

24

18

18x24

افت فشار کانال و نسبت ابعاد (Aspect Ratio)

افت فشار در کانال گرد از سایر شکلهای کانال کمتر است چون هوا با سطح کمتری از کانال در تماس است.

مثال ۲-۴ :

	گرد	مربع	مستطیل
مساحت، فوت مربع	۱/۰	۱/۰	۱/۰
اندازه کانال، اینچ	۱۳/۵	۱۲x۱۲	۲۴x۶
محیط ، اینچ	۴۲/۴	۴۸	۶۰
* نسبت ابعاد	ندارد	۱:۱	۴:۱
افت فشار در ۱۰۰ فوت	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۶

نسبت ظرافت

* نسبت ابعاد در کانالهای مستطیلی نسبت اضلاع مجاور است. کانالی که ابعادش ۲۴x۱۸ اینچ است نسبت ابعاد ۱:۱/۳۳(۱/۳۳=۲۴/۱۸) دارد. برای صرفه جویی در مصرف انرژی نسبت ابعاد نباید از ۳:۱ بزرگتر باشد.

فشار در کانال

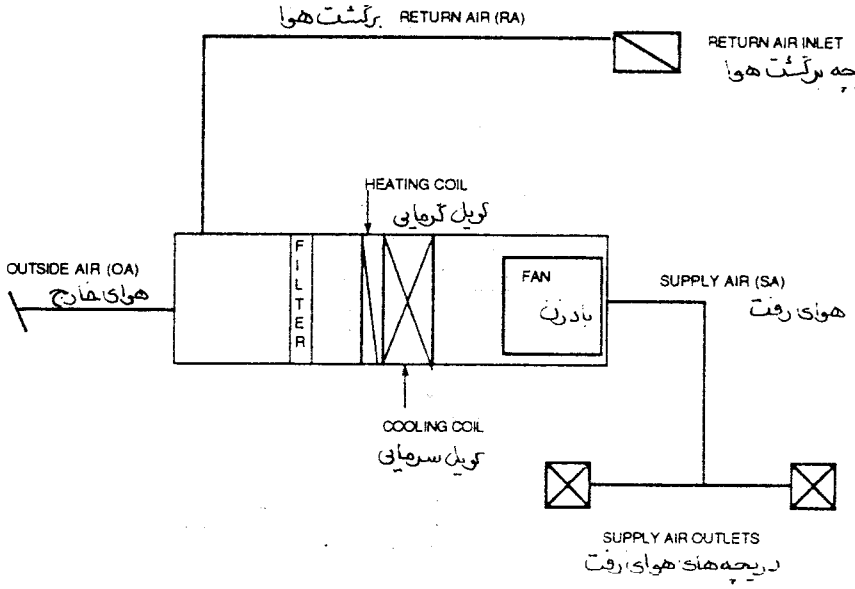
بمنظور رده بندی (rating)، کانالها در سه دسته کم فشار، میان فشار و پر فشار طراحی، ساخته و نصب میگردند. کانال کشی با فشار متوسط و بالا باید برای نشتی آزمایش شوند. تمام کانال کشیها باید درزبندی شود و هوابند باشد جدول ۲-۴ فشار استاتیک و سرعت را در رده های یاد شده نشان میدهد.

جدول ۲-۴

رده فشار	فشار استاتیک (اینچ ستون آب)	سرعت (فوت در دقیقه)
کم	تا ۲	تا ۲۵۰۰
متوسط	از ۲ الی ۶	از ۲۰۰۰ الی ۴۰۰۰
بالا	بزرگتر از ۶	بیشتر از ۴۰۰۰

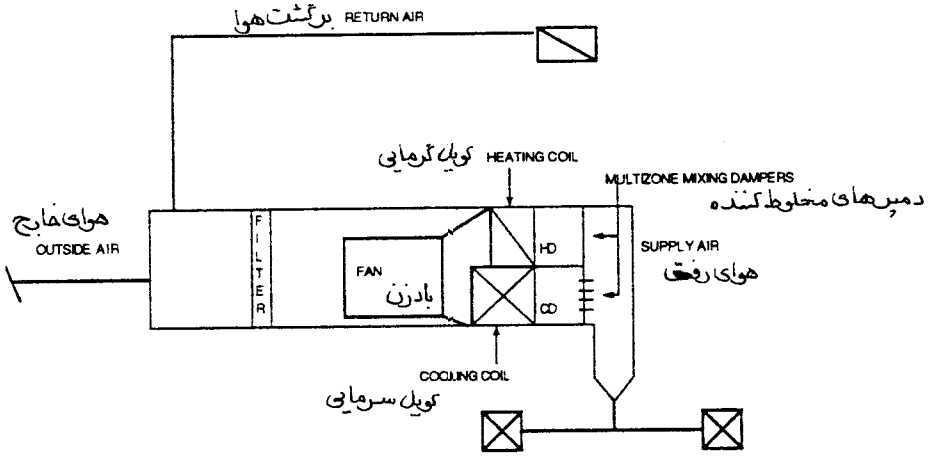
انواع سیستمهای کانال کشی

سیستمهای کانال کشی یک مسیری (single path) یا دو مسیری (dual path) است سیستم یک مسیری (شکل ۲-۴) سیستمی است که جریان هوا از روی کویلهایی که پشت سرهم (سری) قرار دارند عبور میکند، دستگاههای یک منطقه ای (single zone) و چند کانالی با کویل دوباره گرمکن (reheat) از این نمونه هستند.

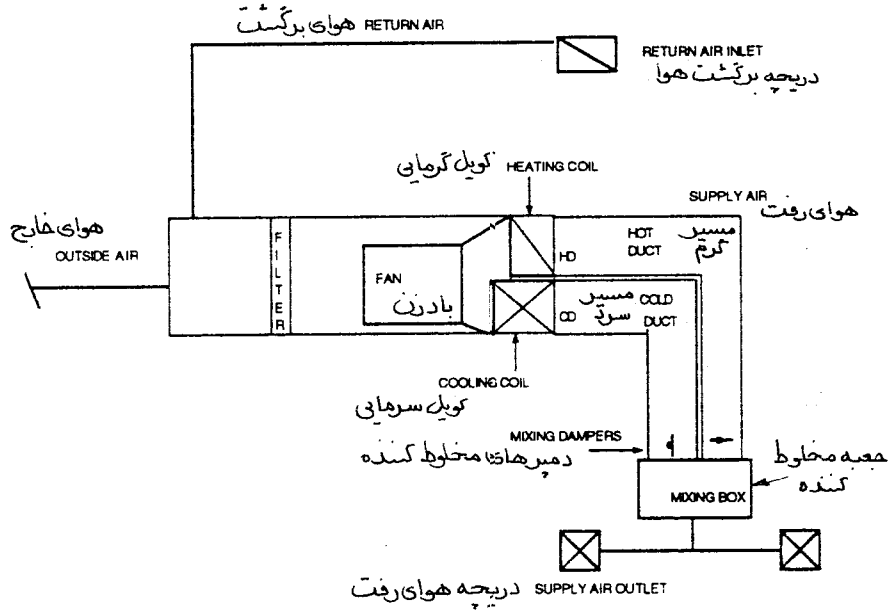


شکل ۲-۴ سیستم یک مسیری

سیستم دو مسیری، سیستمی است که جریان هوا از روی کویلهایی که بطور موازی قرار دارند عبور میکند. کویلها ممکن است در مجاور هم یا روی هم باشند. کویل گرمایی در کانال گرم (hot deck=HD) و کویل سرمایی در کانال سرد (cold deck=CD) قرار دارد، بعضی از سیستمها ممکن است HD نداشته باشند و بعضاً هوای برگشت و یا مخلوط را کنارگذر (bypass) نموده و وارد HD نمایند. سیستمهای هوارسانی چند منطقه ای و دو کانالی (شکل ۳-۴ و ۴-۴) جزو سیستمهای دو مسیری هستند.



شکل ۳-۴ سیستم دو مسیری از نوع چند منطقه ای با دمپر مخلوط کننده



شکل ۴-۴ سیستم دو مسیری از نوع دو کانالی با جعبه مخلوط کننده

کنترل جریان هوا

جریان هوا توسط وسایلی مانند دمپرها، شیرهای هوا، منحرف کننده ها، جعبه های انتهایی (Terminal Boxes) و دریچه ها کنترل میشود.

دمپرها

دمپر وسیله ای است که حجم هوادهی را کنترل میکند. منحنی مشخصه جریان (Flow Characteristics) دمپرها یکسان نیست و ممکن است از سازنده به سازنده و از یک سیستم به سیستم دیگر متفاوت باشد. اثر واقعی بستن یک دمپر مشخص در یک سیستم معین فقط بوسیله اندازه گیری در محل میتواند روشن شود.

سه نوع دمپر وجود دارد:

- خودکار - دمپرهای خودکار کنترل دما (یک تیغه ای یا چند تیغه ای)
- دستی - دمپرهای حجمی (volume) یا تنظیم (Balancing) (یک تیغه ای یا چند تیغه ای)
- کنترل ثقلی - دمپرهای پس رانش (backdraft)

دمپرهای یک تیغه ای

دو نمونه متداول دمپرهای یک تیغه ای، دمپر پروانه ای (butterfly) و دمپر تنظیم دریچه (blastgate) میباشد. دمپر پروانه ای یک تیغه تخت دارد که به یک میله وصل است. دمپر در مرکز کانال قرار میگیرد و میله آن از کانال بیرون میزند، یک دستگیره قفل شونده که در انتهای میله است، وضعیت دمپر را کنترل میکند. دمپر دریچه ای را برای کنترل حجم هوا در داخل کانال نصب میکنند.

دمپرهای چند تیغه ای

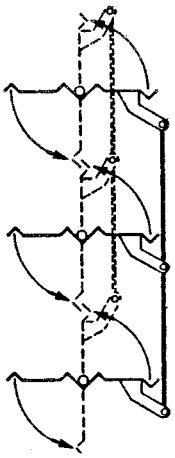
دمپر تیغه موازی

تیغه های دمپرهای تیغه موازی (شکلهای ۴-۵ A و ۴-۵ B) به موازات هم میچرخند و زمانیکه مختصری بسته میشوند، مسیر هوا را « منحرف » میسازند. این الگوی حرکتی، هوا را به سمت کنار، بالا و یا پایین کانال منحرف میسازد. اگر این دمپر قبل از کویل و خیلی نزدیک به آن قرار گیرد، اثرات نامطلوبی بر تبادل حرارتی کویل میگذارد. اگر این دمپر قبل از انشعاب کانال و خیلی نزدیک به آن نصب شود، الگوی حرکتی ایجاد شده ممکن است مقدار جریان هوا به انشعاب را کاهش دهد. دمپرهای تیغه موازی برای مخلوط کردن هوا کاربرد زیاد دارد و ممکن است برای کنترل حجم نیز استفاده شوند.

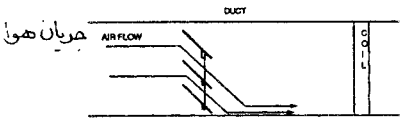
دمپرهای تیغه مخالف

دمپرهای تیغه مخالف (شکلهای ۴-۶ A و ۴-۶ B) طوری کار میکنند که تیغه های مجاور یکدیگر در جهت

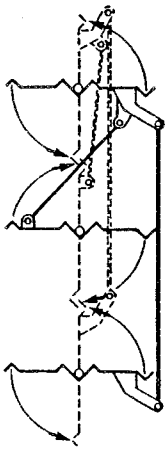
مخالف هم میچرخند. این بدان معنی است که با بستن دمپر، سطح بازشوی تیغه ها باریکتر میگردد و در نتیجه یک الگوی حرکت یکنواخت و « غیرانحرافی » بوجود می آید. این دمپرها منحنی مشخصات جریان بهتری از دمپرهای تیغه موازی دارند. آنها در کانالهای بزرگ برای کنترل حجم هوا توصیه میشوند ولی ممکن است برای مخلوط کردن هوا نیز استفاده شوند.



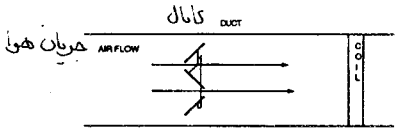
شکل A ۴-۵ دمپرهای تیغه موازی با الگوی حرکت انحرافی



شکل B ۴-۵ دمپرهای تیغه موازی



شکل A ۴-۶ دمپرهای تیغه مخالف با الگوی حرکت غیرانحرافی



شکل B ۴-۶ دمپرهای تیغه مخالف

دمپرهای خودکار

دمپرهای خودکار کنترل دما

دمپرهایی که دمای سیستم را کنترل میکند به نام دمپرهای خودکار کنترل دما نامیده میشوند. این دمپرها معمولاً از نوع چند تیغه ای تیغه موازی یا چند تیغه ای مخالف هستند. برای کنترل دما آنها دو حالتی یا با کنترل تدریجی (modulating) ساخته میشوند. نوع کنترل ممکن است برقی (الکتریکی یا الکترونیکی) و یا هوای فشرده (پنوماتیک) باشد.

دمپرهای دستی

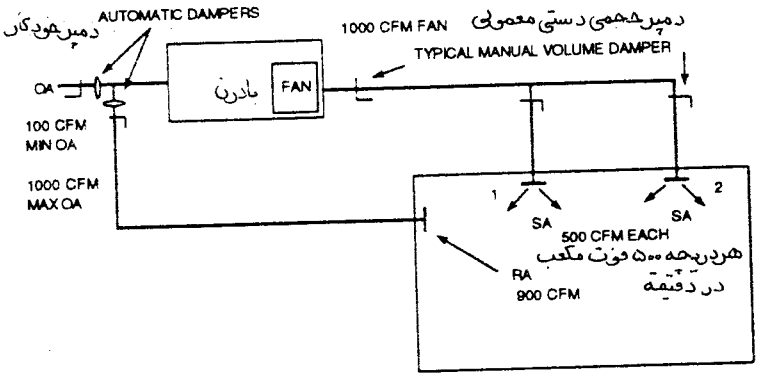
دمپرهای حجمی (Volume Dampers)

دمپرهای حجمی دستی با اضافه کردن افت فشار، مقدار هوا در سیستم توزیع را کنترل میکنند(شکل ۷-۴). دمپر پروانه ای یک تیغه از متداولترین نمونه دمپر دستی برای کنترل مقدار هوا میباشد انتخاب و نصب درست دمپرهای حجمی، افت فشار در مسیرهای مختلف سیستم را یکسان مینماید و امکان میدهد که سیستم خیلی سریع و با کمترین مقاومت (resistance) و کمترین سروصدا بالانس شود. اما اگر این دمپرها درست انتخاب نشوند و یا بطور صحیح نصب و تنظیم نگردند ممکن است نتوانند مقدار هوا را بصورتی که مورد نظر بوده است کنترل نمایند. آنها همچنین ممکن است مقاومت غیر لازم به سیستم اضافه نموده و مشکلات سروصدا بوجود آورند.

دمپرهای (حجمی دستی) باید در نقاط زیر نصب شوند:

- کانالهای اصلی
- کانالهای زیر اصلی
- انشعابها
- زیر انشعابها
- هوابرها (takeoffs)
- مناطق دستگاه چند منطقه ای ، در خود دستگاه

دمپرهای حجمی بلافاصله قبل از دریچه های دیواری و سقفی نباید قرار گیرند، چون هنگام باز و بسته شدن (throttled) ایجاد صـــدا مینمایند و سطح موثر دریچه را تغییر میدهند و در نتیجه ضریب جریان (flow Factor) (فصل سوم) اعلام شده از طرف سازنده بی اعتبار خواهد شد. انتخاب و نصب درست دمپرهای حجمی دستی در هوابرها (takeoffs) نیاز به نصب دمپر دستی کنترل حجم پشت دریچه های دیواری و سقفی را برطرف مینماید.



شکل ۷-۴ دمپر حجمی دستی

افت فشار از بادزن تا دریچه ۱، برابر ۱/۲۵ اینچ

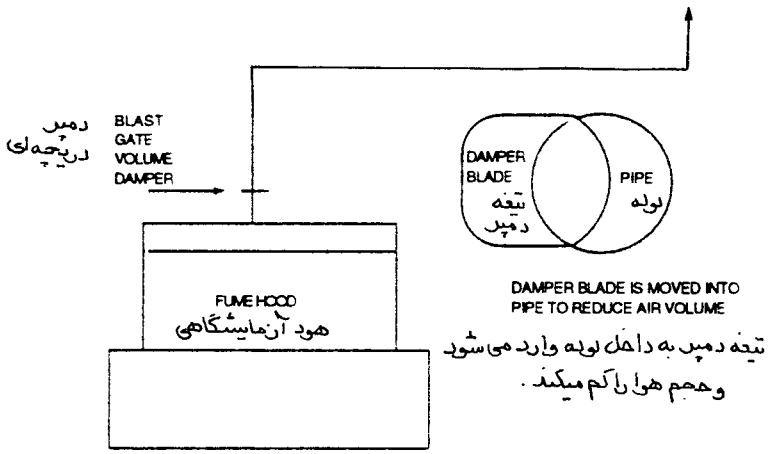
افت فشار از بادزن تا دریچه ۲، برابر ۱/۵۰ اینچ

دمپر دستی سه راه دریچه ۱ باید به مقدار ۰/۲۵ اینچ بسته شود تا فشار پشت هر دو دمپر مساوی شود.

دمپر حجمی دستی روی کانال هوای تازه و هوای برگشت نصب میشود تا در حالات مختلف که کانال هوای تازه تمام باز یا کانال هوای برگشت تمام باز باشد افت فشار روی بادزن تغییر نکند.

علاوه بر دمپرهای خودکار، ممکن است نیاز باشد که دمپرهای حجمی دستی در کانالهای هوای خارج، تخلیه و برگشت که به جعبه اختلاط هوا ختم میشوند نصب شوند. (شکل ۴-۷) این دمپرهای کنترل حجم، افت فشار در مسیرهای مختلف را بالانس مینمایند بطوریکه با تغییرات مقدار هوای برگشت و هوای تازه برای کنترل دما، افت فشار در سیستم ثابت باقی بماند.

نوع دیگر دمپر حجمی دستی، دمپر دریچه ای (شکل ۴-۸) است این نوع دمپر یک تیغه ای است و معمولاً در کاربردهای تخلیه هوا مانند تخلیه هود آزمایشگاهی استفاده« میشود.



شکل ۴-۸ دمپر دریچه ای

دمپرهای کنترل ثقلی - دمپرهای پس رانش (Backdraft Dampers "BDD")

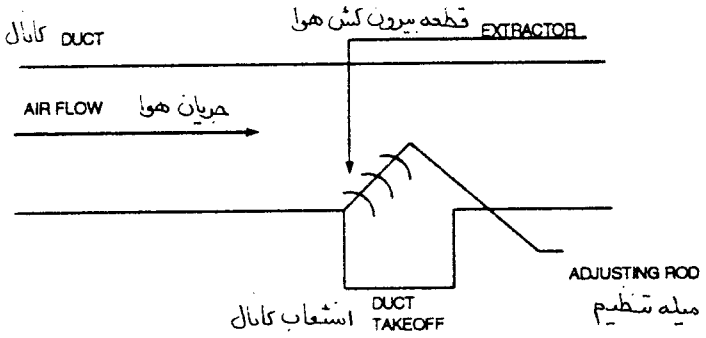
دمپرهای پس رانش ثقلی هر گاه فشار هوا در ورودی آنها بیش از فشار هوا در خروجی باشد باز میشوند. وقتی جریان هوا قطع میشود دمپر بر اثر نیروی ثقل بسته میشود.

شیرهای هوا (Air Valves)

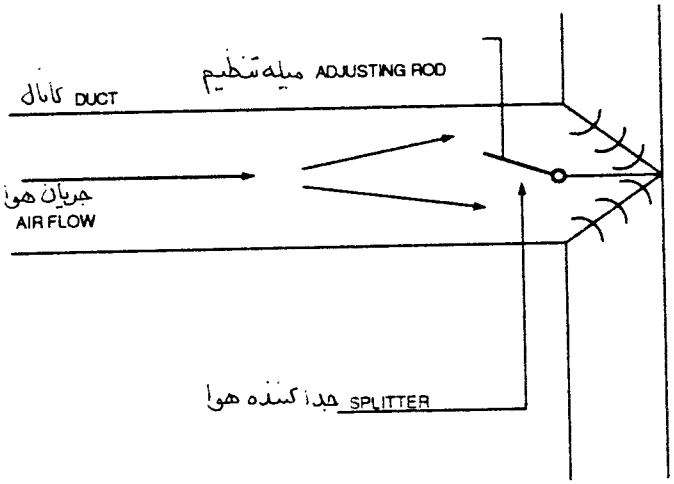
شیرهای هوا ابزار کنترل خودکار حجم هوا هستند. آنها در سیستمهای با فشار بالا و ترمینال باکسها استفاده میشوند. شیرهای هوا مشخصه جریان (flow characteristics) بهتری نسبت به دمپرها دارند و در سیستمها و ترمینالهایی که کنترل دقیق لازم باشد از آنها استفاده میشود. منبع تغذیه این شیرها ممکن است برق (الکتریکی و الکترونیکی) و یا هوای فشرده (پنوماتیک) باشد.

منحرف کننده ها (Diverters)

سیستمهای با فشار پایین ممکن است به ابزار منحرف کننده هوا مانند از نوع بیرون کش "extractor" (شکل ۴-۹) و جداکننده (splitter) (شکل ۴-۱۰) که در کانال هوا نصب میشوند مجهز باشند. با حرکت دادن این وسایل هوا به سمت انشعاب یا هوابر (takeoff) منحرف میگردد. بوسیله بیرون کش "extractor" گاهی "pickup" هم میگویند. اغلب به جداکننده به اشتباه "دمپر جداکننده" (splitter damper) میگویند. جداکننده یک ابزار منحرف کننده هوا است نه دمپر. دمپر حجم هوا را تنظیم میکند در حالیکه منحرف کننده جهت حرکت هوا را عوض مینماید.



شکل ۴-۹ بیرون کش هوا (Extractor)



شکل ۴-۱۰ جداکننده هوا (Splitter)

جعبه های پایانه (Terminal Boxes)

جعبه پایانه واحدی است که دما، رطوبت و مقدار هوایی را که وارد یک اتاق میشود کنترل میکند. جعبه ممکن است در خود دمپر، صدا خفه کن و کویل سرمایی و گرمایی هم داشته باشد. مقدار گذر هوا از جعبه ممکن است در کارخانه تنظیم شده باشد ولی در محل نیز باید میزان شود. ترمینال باکسها فشار هوای ورودی را کاهش میدهند تا هم تراز خروجی آنها بشود. هوای خروجی از باکسها معمولاً فشار کم و سرعت پایین دارد. سروصدای که در اثر کاهش فشار در جعبه ها بوجود می آید در همانجا خفه میشود. در داخل جعبه موجگیر و یا انواع وسایل دیگر نصب میشوند که صدا را به داخل جعبه منعکس میکند تا در آنجا بوسیله عایقهای صوتی جذب و حذف شود. معمولاً جعبه ها از داخل با پشم شیشه عایق میشوند که عامل بازدارنده تبادل حرارت بین جعبه و هوای محیط اطراف آن نیز میباشد. در ورود هوا به جعبه فشار استاتیک خیلی زیاد است زیرا برای جبران افت فشار لازم در جعبه و هرگونه افت دیگری در کانال خروجی، دمپرهای هوا و دریچه و غیره نیاز به حداقل فشار استاتیک هست. رده بندی عمومی جعبه های پایانه بشرح زیر است :

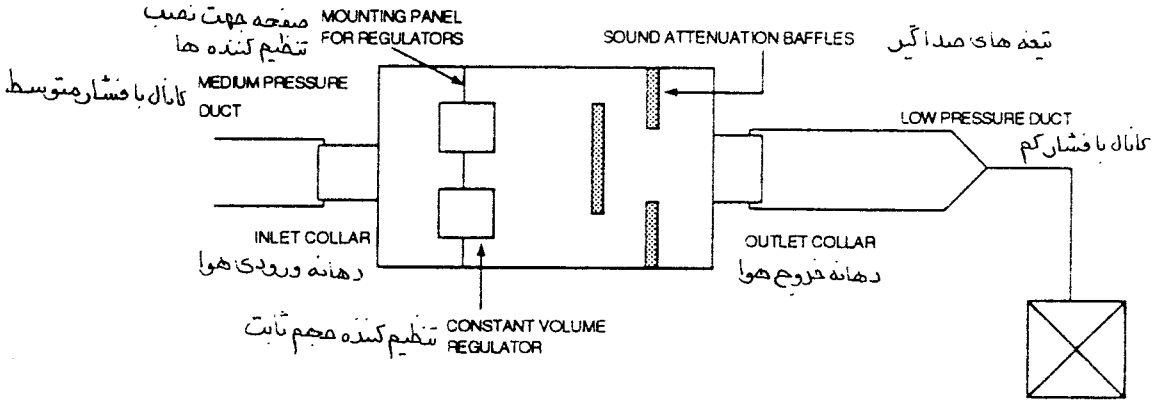
- حجم هوای ثابت
- حجم هوای متغیر
- یک ورودی
- دو ورودی
- فشار متوسط
- فشار بالا
- وابسته به فشار
- مستقل از فشار
- فرمان از سیستم (System Powered)
- فرمان از بادزن (Fan Powered)
- اندکسیون (Induction)
- بازگرمکن (Reheat)
- بازسردکن (Recool)
- کنارگذر (Bypass)

جعبه های پایانه با حجم هوای ثابت

جعبه پایانه که حجم هوای ثابتی را توزیع میکند، جعبه پایانه با حجم هوای ثابت نامیده میشود. این جعبه ها ممکن است یک کانالی، دو کانالی و یا نوع اندکسیون باشند.

یک کانالی

جعبه پایانه یک کانالی (شکل ۱۱-۴) معمولاً بوسیله یک کانال هوای سرد تغذیه میشود، هوایی که از جعبه عبور میکند کنترل میشود تا حجم هوای ثابتی وارد اتاق شود. ممکن است در این جعبه یا بلافاصله بعد از آن کویل بازگرمکن (آبی، بخاری یا برقی) یا کویل بازسردکن (تبریدی یا آبی) نصب شود. ترموستات اتاق کویلها را کنترل میکند.



شکل ۱۱-۴ جعبه پایانه از نوع حجم هوای ثابت یک کانالی

دو کانالی

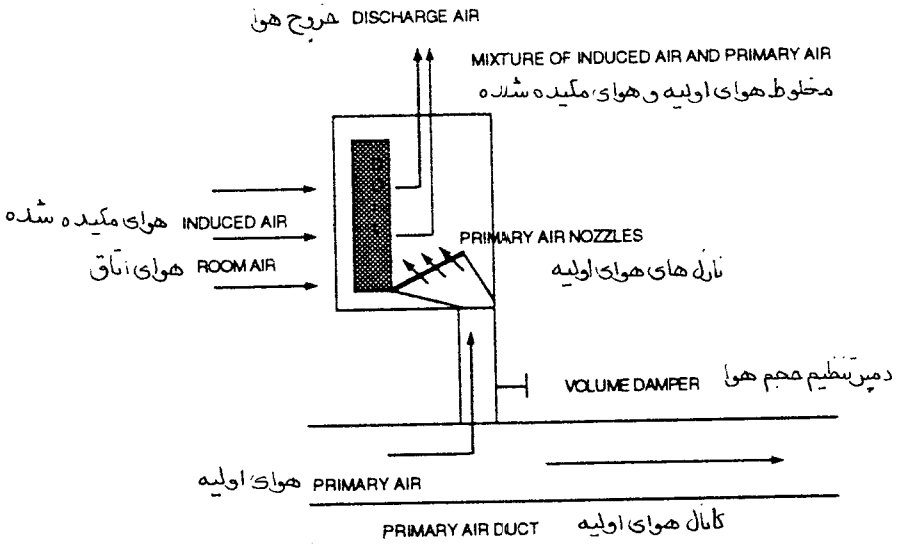
هوای سیستم تهویه مطبوع بوسیله دو کانال جداگانه گرم و سرد به جعبه وارد میشود. هوای کانال گرم ممکن است جداگانه گرم شده باشد یا هوای برگشت اتاق باشد. کانال سرد، هوای سرد رطوبت گیری شده یا در صورتیکه هوای بیرون خوب باشد، هوای بیرون را وارد جعبه میکند. دمپرهای ورودی هوای گرم و سرد را مخلوط مینمایند تا مقدار هوای ثابت با دمای مشخص و مورد نیاز از جعبه خارج شود. این دمپرها بوسیله ترموستات اتاق کنترل میشوند.

اندکسیون (Induction)

واحدهای اندکسیون با حجم هوای ثابت (شکل ۱۲-۴) با هوای با دمای ثابت تغذیه میشوند. هوای ورودی از طریق نازلهای مخصوص با سرعت زیاد وارد دستگاه میشود. خروج هوا با سرعت زیاد از نازلها باعث میگردد که یک منطقه فشار پایین در دستگاه بوجود آید و در نتیجه هوای اتاق (برگشت) که فشار بیشتری دارد وارد آن شود. هوای کشیده شده (برگشت) (اندکسیون) با هوای ورودی به دستگاه مخلوط میشود. این هوای مخلوط به اتاق فرستاده میشود. بعضی از واحدهای اندکسیون کویل سرمایی یا گرمایی دارند که هوای کشیده شده از اتاق از روی این کویلها عبور میکند.

جعبه های پایانه با حجم هوای متغیر

در سیستمهای هوارسانی با حجم متغیر جعبه های پایانه ، با تغییرات بارگرمایی، مقدار هوای ورودی به فضا را تغییر میدهند. چون مقدار هوای سیستم کاهش مییابد هزینه بهره وری (operating cost) در سیستم توزیع هوا با حجم متغیر کاهش می یابد. وقتی بادزن دستگاه هوارسان مقدار هوای خروجی را کم میکند توان حقیقی (brake horspower) و هزینه های برق مصرفی بادزن به نسبت توان سه مقدار کاهش هوا کم میشود. در سیستم توزیع هوا با حجم متغیر، که قسمتی از هوا در جعبه پایانه به صورت کنارگذر (bypass box) عبور میکند و حجم کل هوای خروجی از بادزن دستگاه ثابت است این صرفه جویی در مصرف برق وجود ندارد. در سیستم توزیع هوا با حجم متغیر معمولاً عامل همزمانی (diversity) پیش می آید به این معنی که جمع کل هوایی که از جعبه های پایانی میگذرد بیشتر از حداکثر هوای خروجی از بادزن دستگاه است. مثلاً اگر جمع کل هوای جعبه های پایانه ۱۰۰۰۰ و مقدار هوای خروجی از بادزن ۷۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه باشد مقدار همزمانی ۰/۷ است.



شکل ۱۲-۴ واحد اندکسیون با حجم هوای ثابت

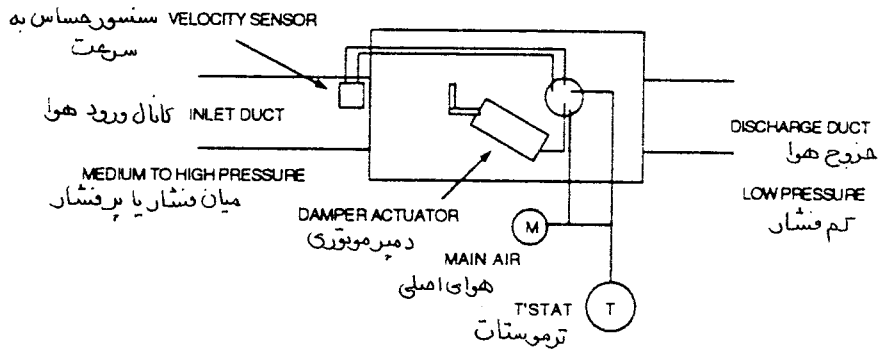
جعبه های پایانه با حجم هوای متغیر در انواع مختلف ، به شرح زیر وجود دارد:

- یک کانالی
- دو کانالی
- تابع فشار (pressure dependent)
- مستقل از فشار (pressure independent)
- فقط سرد کننده
- سرد کننده با کویل دوباره گرمکن
- ایندکشن (induction)
- کنار گذر (bypass)
- جعبه بادزن دار (fan powered)
- تروتلینگ (throttling)

- بادی (pneumatic)
- الکتریکی
- الکترونیکی
- فرمان از سیستم (system powered)
- فرمان مستقیم (direct acting)
- فرمان معکوس (reverse acting)
- معمولاً باز (normally open)
- معمولاً بسته (normally closed)

یک کانالی

هوای مطبوع شده از راه یک کانال به جعبه پایانه (VAV Box) میرسد (شکل ۱۳-۴). حجم هوا در این جعبه بر اثر عمل تغییر دهنده دمپر داخلی یک شیر هوا متناسباً تغییر میکند.



شکل ۱۳-۴ توزیع هوا با حجم متغیر از نوع یک کانالی با جعبه پایانه مستقل از فشار

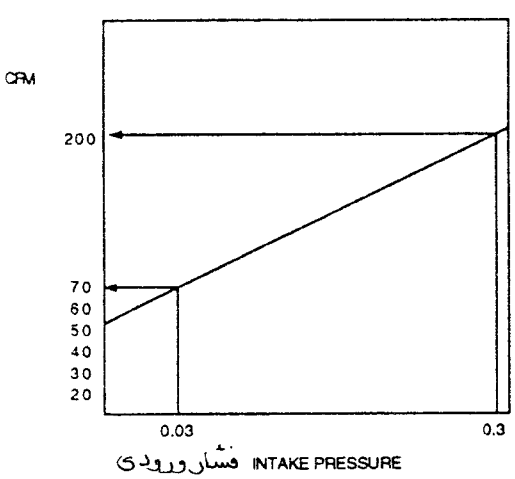
دو کانالی

هوای مطبوع شده از راه دو کانال جداگانه گرم و سرد به جعبه پایانه (VAV Box) میرسد. در این سیستم انواع مختلف دیاگرام کنترل برای تغییر حجم هوا و دمای هوای خروجی وجود دارد. برای تنظیم جعبه پایانه روی شرایط معین مورد نیاز بهترین راه استفاده از دستورالعملها و مشخصات سازنده است.

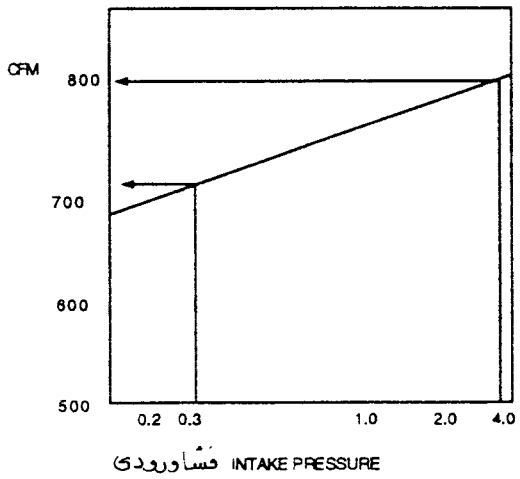
تابع فشار(pressure dependent)

سیستم وابسته و تابع فشار به این معنی است که مقدار هوای خروجی از جعبه پایانه تابع فشار استاتیک هوای

ورودی به آن است. در این سیستم ترموستات داخل فضای مورد نظر به موتور دمپر یا شیر هوا فرمان میدهد و مقدار هوا را کم و یا زیاد میکند. جعبه پایانه اساساً فقط وسیله ای است برای کاهش فشار و حذف صدا. جعبه های تابع فشار و نیز جعبه های مستقل از فشار مقدار هوا را کنترل نمیکنند. در شکل ۱۴-۴ جعبه تابع فشار میتواند با تغییر فشار استاتیک ورودی، از ۰/۰۳ تا ۰/۳ اینچ ستون آب مقدار هوا بین ۷۰ تا ۲۰۰ فوت مکعب در دقیقه تغییر دهد. در صورتی که در شکل ۱۵-۴ جعبه مستقل از فشار، در فاصله فشارهای استاتیک ۰/۳ تا ۴ اینچ ستون آب تنها در حدود ۵۰ فوت مکعب هوا در دقیقه میتواند تغییر داشته باشد.



شکل ۱۴-۴ جعبه تابع فشار



شکل ۱۵-۴ جعبه مستقل از فشار

جعبه مستقل از فشار

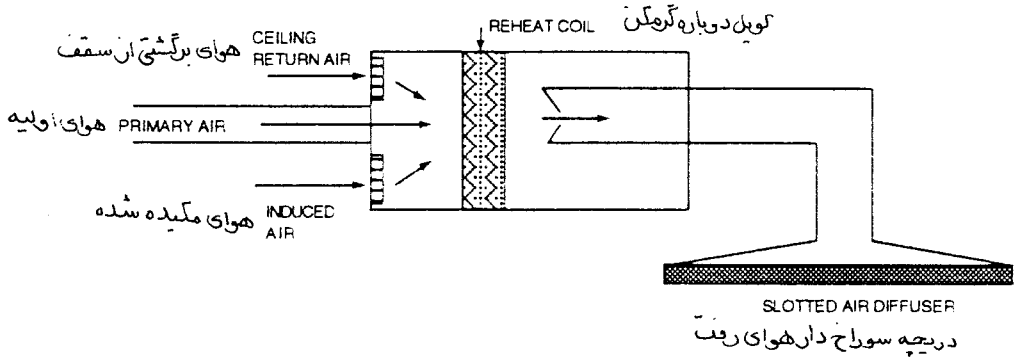
جعبه مستقل از فشار به این معنی است که مقدار هوای خروجی از جعبه پایانه (در حدود معینی از طراحی) تابع فشار استاتیک هوای ورودی به آن نیست. در این جعبه ،ها علاوه بر موتور دمپر، شیر هوا برای تغییر حجم آن، وسیله حساس مقدار هوا نیز وجود دارد. ترموستات داخل فضای مورد نظر به وسیله حساس داخل جعبه فرمان میدهد و مقدار هوا را در جهت مناسب تغییر میدهد. کنترولر در خارج جعبه نصب میشود و به وسیله حساس، دمپر تغییر حجم یا شیر هوا و نیز ترموستات متصل است. کنترولر ممکن است الکتریکی، الکترونیکی یا بادی باشد. وسیله حساس (sensing element)، که در داخل این جعبه ها قرار دارد، مقدار هوا را میتواند در هر نقطه ای بین حداکثر و حداقل تعین شده تنظیم کند،بدون توجه به فشار استاتیک هوا در ورود به جعبه، در صورتی که این فشار در حدود تعیین شده در طراحی باشد. مقدار بین حداکثر و حداقل پیش بینی شده در طراحی میتواند تغییر کند. مقدار حداقل هوا معمولاً در حدود۵۰ تا۲۵ درصد مقدار حداکثر تغییر میکند. ولی ممکن است تا حد صفر (بسته شدن کامل دمپر) نیز کاهش یابد.

مثال ۳-۴ : دمای فضای مورد نظر بالا میرود و ترموستات اتاقی (که به شرایط بار سرمای فضا پاسخ میدهد) پیامی (signal) به کنترولر میفرستد . کنترولر به دمپر تغییر حجم هوا یا شیر هوا (air valve) فرمان باز شدن و افزایش مقدار هوای سرد میدهد. وسیله حساس داخل جعبه اختلاف فشار داخل آن را دریافت میکند و پیامی به کنترولر میفرستد که مقدار هوا را در حدود حداکثر و حداقل پیش بینی شده تنظیم کند. بنابراین کنترولر دمپر تغییرات حجم هوا را به مقدار بیشتری باز میکند. اگر دمای هوای فضای مورد نظر کاهش یابد وسیله کنترل به همین ترتیب دمپر را می بندد. اگر جعبه کویل دوباره گرمکن (reheat coil) هم داشته باشد، در صورتی که ترموستات گرمای بیشتری طلب کند، سیستم کنترل حجم هوای سرد به سمت حداقل خود بسته میشود (معمولاً بیش از ۵۰ درصد حداکثر) و کویل

دوباره گرمکن فعال میشود. چون این نوع جعبه تابع فشار استاتیک نیست، در صورتی که به خوبی تنظیم شده باشد و کارکند، مقدار هوای عبوری از جعبه از تغییرات فشار سیستم تاثیر نمی پذیرد.

ایندکشن (induction)

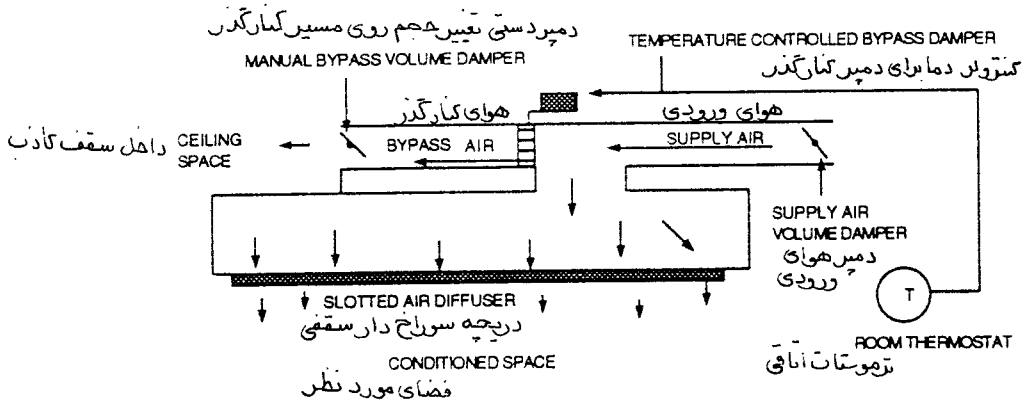
سیستم توزیع هوا با حجم متغیر با استفاده از جعبه ایندکشن سقفی (شکل ۱۶-۴) یک دمپر تغییر حجم یا شیر هوا دارد. دمپر در کانال ورود هوا به جعبه قرار دارد و مقدار هوای ورودی اولیه به جعبه را کنترل میکند. یک دمپر مکشی روی دهانه ورودی هوا از پلنوم سقفی قرار دارد که مقدار هوای برگشت را تنظیم میکند و با هوای ورودی اولیه مخلوط مینماید. وقتی ترموستات اتاق هوای سرد بیشتری طلب میکند دمپر اصلی روی هوای اولیه باز میشود و دمپرهای مکشی روی هوای برگشت بسته میشود. وقتی که فضای مورد نظر سردتر از حد معینی شود دمپر هوای اولیه تا حد لازم میبندد و دمپر مکشی تا حد لازم باز میشود تا مقدار نسبتاً ثابتی از هوای مخلوط به فضا فرستاده شود. زمانی که دمپر مکش هوای برگشت کاملاً باز باشد دمپر هوای اولیه تا حد ۷۵٪ باز میشود تا مخلوط مناسبی از هوای اولیه مکشی به فضا فرستاده شود.



شکل ۱۶-۴ توزیع هوا با حجم متغیر توسط جعبه ایندکشن

کنار گذر (bypass)

جعبه کنار گذر (شکل ۱۷-۴) در توزیع هوا با حجم متغیر دستگاهی است که مقدار ثابتی از حجم هوا به آن میرسد ولی مقدار حجم متغیری از هوا از آن به فضای مورد نظر میرسد. هوایی که وارد جعبه میشود میتواند به دو قسمت تقسیم شود. قسمتی از آن ممکن است وارد کانالهای خروجی شود و به سمت فضای مورد نظر برود. قسمت دیگری ممکن است از طریق دمپر کنارگذر به سمت هوای برگشت برگردد، دمپر روی مسیر کنارگذر از یک ترموستات اتاقی فرمان میگیرد به طوری که ممکن است تمام هوای خنک ورودی به جعبه یا قسمتی از آن را به فضای مورد نظر بفرستد در هر حال مقدار هوای ورودی به جعبه ثابت است و کاهش نمی یابد. در این سیستم هیچ صرفه جویی در مصرف انرژی بادزن دستگاه هوارسان به عمل نمی آید.



شکل ۴-۱۷ توزیع هوا با حجم متغیر در جعبه های کنارگذر

جعبه بادزن دار (fan powered)

جعبه بادزن دار در سیستم توزیع هوا با حجم متغیر (جدول ۳-۴) برخی از خصوصیات جعبه هایی را که تاکنون بررسی کردیم در خود جمع کرده است. این سیستم نسبت به جعبه استاندارد VAV مزایای بیشتری دارد.

- نسبت به VAV استاندارد در مصرف انرژی صرفه جویی میکند.
- در زمینه گرمایش توانایی بیشتری دارد
- حجم نسبتاًثابتی هوا به فضای مورد نظر میفرستد.

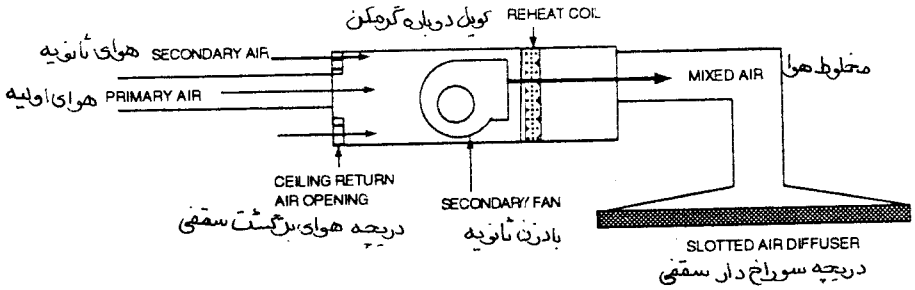
جدول ۳-۴ مقایسه بین جعبه های بادزن دار سری و موازی

سری	بار سرمایی کم	بار سرمایی متوسط تا زیاد	بار گرمایی
بادزن ثانوی	روشن	روشن	روشن
جریان هوا	ثابت	ثابت	ثابت
صدای بادزن ثانوی	ثابت	ثابت	ثابت
صدای هوای خروجی	ثابت	ثابت	ثابت
دمای هوای خروجی	متغیر	متغیر	متغیر
انتخاب بادزن ثانوی	برای بار سرمایی انتخاب میشود(۱۰۰٪ بارسرمایی)		
کنترل بادزن ثانوی	با بادزن اصلی کار میکند (interloked)		
انرژی بادزن ثانوی	در زمان باد زیاد پیوسته کار میکند		
فشار استاتیک بادزن اصلی	برای غلبه بر افت فشار شیر هوا باید فشار استاتیک کافی داشته باشد.		
فشار استاتیک ورودی جعبه	فشار استاتیک کافی برای غلبه بر افت فشار شیر هوا لازم است		
انتخاب شیر هوا	برای بار سرمایی انتخاب میشود		

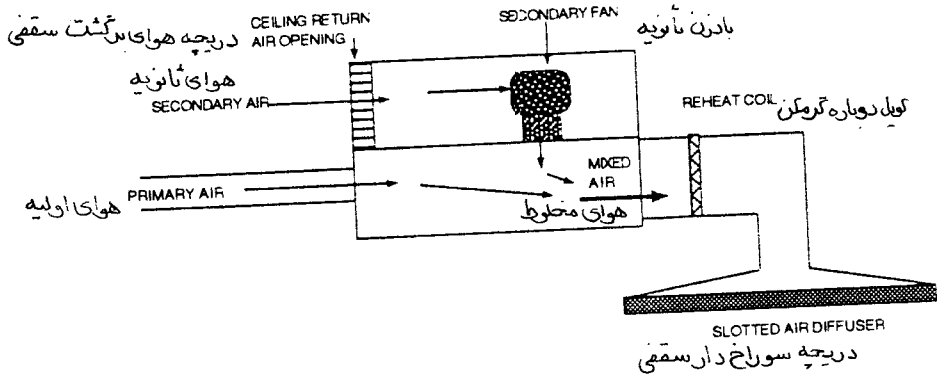
موازی	بار سرمایی کم	بار سرمایی متوسط تا زیاد	بار گرمایی
بادزن ثانوی	روشن	خاموش	روشن
جریان هوا	ثابت	متغیر	ثابت
صدای بادزن ثانوی	باصدا	ندارد	باصدا
صدای هوای خروجی	باصدا	ندارد	باصدا
دمای هوای خروجی	متغیر	ثابت	متغیر
انتخاب بادزن ثانوی	برای بار گرمایی انتخاب میشود(۶۰٪ بارسرمایی)		
کنترل بادزن ثانوی	فرمان ازترموستات. مستقل از بادزن اصلی		
انرژی بادزن ثانوی	در بارهای کم زمان کارش کم است		
فشار استاتیک بادزن اصلی	برای غلبه بر افت فشار شیر هوا.توزیع هوای کم فشار		
فشار استاتیک ورودی جعبه	فشار استاتیک کافی برای غلبه بر افت فشار شیر هوا لازم است (درسیستم کم فشار)		
انتخاب شیر هوا	برای بار سرمایی انتخاب میشود		

جعبه بادزن دار یک بادزن سانتریفوژ کوچک (ثانویه) و یک دهانه ورودی هوای برگشت از پلنوم سقف کاذب دارد. بادزن ثانویه ممکن است به طور پیوسته کار کند (نوع سیستم سری، شکل ۱۸-۴)، ممکن است گاهی قطع شود (نوع سیستم موازی - قطع و وصل شدنی "intermittent" شکل ۱۹-۴)، یا ممکن است به صورت حجم متغیر (variable volume mode) کار کند. وقتی ترموستات اتاقی شرایط خنک کردن را طلب میکند مانند یک جعبه استاندارد VAV کار میکند. ولی وقتی ترموستات اتاقی شرایط گرم کردن را طلب میکند، مقدار هوای اولیه کاهش می یابد و بادزن ثانویه هوای گرم را از پلنوم سقف کاذب میکشد. هوای خنک اولیه که از دستگاه اصلی می آید با هوای برگشت داخل سقف کاذب، یا در ورودی بادزن ثانویه (سیستم سری) و یا در خروجی آن (سیستم موازی)، مخلوط میشود. یک سیستم از دمپرها مقدار هوا، جهت جریان و مخلوط شدن دو جریان هوا را تنظیم میکند. اگر ترموستات اتاقی به طور پیوسته گرما طلب کند دمپر کانالی هوای اولیه به طور پیوسته به سمت بسته شدن تغییر حالت میدهد و مقدار هوای

بیشتری از پلنوم سقف کاذب به داخل جعبه کشیده میشود. به این ترتیب توزیع هوا به فضای مورد نظر نسبتاً شبیه هوارسانی با حجم ثابت است ولی دمای هوای ارسالی به فضا تغییر میکند.



شکل ۴-۱۸ توزیع هوا با حجم متغیر (AVA) با جعبه بادزن دار نوع سری



شکل ۴-۱۹ توزیع هوا با حجم متغیر (AVA) با جعبه بادزن دار نوع موازی

در فضاهایی که بار گرمایی بیشتر باشد در جعبه کویل دوباره گرم کن نصب میشود. جعبه VAV بادزن دار بیشتر برای هوارسانی فضاهای مجاور سطوح خارجی ساختمان (space perimeter) یا فضاهایی با شرایط زیر کاربرد دارد:
- در فضاهایی که موقع کاهش مقدار حجم هوا راکد ماندن هوا (air stagnation) در برخی نقاط مشکل ایجاد کند.
- در فضاهایی که گرم کردن و خنک کردن فصلی لازم باشد.
- درفضاهایی که درساعات خالی بودن از جمعیت (unoccupied) و خاموش بودن دستگاه اصلی گرم کردن لازم باشد.
- در فضاهایی که بتوان با هوای برگشت از پلنوم سقف کاذب بار گرمایی را تعیین کرد.

جعبه بادزن دار از نوع کنارگذر (fan powered)

جعبه بادزن دار از نوع کنارگذر در سیستمهای توزیع هوا با حجم متغیر مانند جعبه متداول کنارگذر است با این تفاوت کـه بادزن ثانویه هـم دارد. هوای اولیه ورودی به جعبه با حجـم ثابت است ولی حجم هوای خروجی از جعبه به فضای مورد نظر متغیر است. هوای اولیه رسیده از دستگاه اصلی موقع رسیدن به جعبه ممکن است از راه بادزن ثانویه و کانالهای هوا به فضای مورد نظر فرستاده شود یا آن که از طریق دمپر کنارگذر به سیستم هوای برگشت هدایت شود. بادزن ثانویه داخل جعبه، هوای اولیه یا هوای برگشت را به اتاق میفرستد. برحسب آنچه ترموستات اتاق طلب کند، فضـای مورد نـظر ممکـن اسـت تمام هـوای اولـیه، یا تمـام هـوای برگشت و یا مخلوطی از این دو هـوا را دریافت

کند. چون این سیستم مقدار حجم هوای اولیه را که به جعبه میرسد کاهش نمیدهد بنابراین در مصرف انرژی بادزن اصلی صرفه جویی ندارد.

جعبه VAV با استفاده از فشار استاتیک (system powered)

در این سیستم، جعبه از فشار استاتیک هوای اولیه ورودی، که با کانال میرسد، برای راه اندازی کنترلهای VAV استفاده میکند. در این سیستم فشار استاتیک مورد نیاز هوای ورودی به جعبه نسبت به انواع دیگر جعبه های VAV بیشتر است تا قادر باشد کنترلهای VAV را بکار اندازد. با این همه این نوع جعبه قادر است حجم هوای درست و مناسب با نیاز را در سیستم توزیع تامین کند.

دریچه های هوای رفت

به بازشویی که در کانال ایجاد میشود و از طریق آن هوا وارد اتاق میشود، دریچه هوای رفت می گویند.

دریچه های هوای رفت بطور کلی بصورت زیر طبقه بندی میشوند:

- دریچه های دیفیوزر سقفی (ceiling diffusers)
- دریچه های سقفی با دمپر (register) و بدون دمپر (grille)
- دریچه های دیواری با دمپر و بدون دمپر
- دریچه های کفی با دمپر و بدون دمپر
- دهانه های هوای رفت (supply openings)

دیفیوزرهای سقفی

دیفیوزر سقفی در سقف قرار میگیرد و محل خروج هوای رفت است. دیفیوزرهای سقفی معمولاً دارای پره های هادی هوا (deflector) هستند که عمل مخلوط شدن هوای رفت و هوای اتاق و توزیع افقی را بهتر انجام میدهند تا در نتیجه آن الگوی حرکت هوا بصورت افقی حاصل شود. این جریان افقی که به آن اثر سطح (surface effect) میگویند، در نتیجه کشیده شدن هوای اتاق بوسیله هوای رفت که به موازات سقف حرکت میکند بوجود می آید. از آن پس هوا تمایل دارد که در امتداد خط سقف حرکت کند. در توزیع هوای خنک اثر سطح مفید و موثر با درجه بالائی مورد نیاز است، خصوصاً در مورد سیستمهای با حجم هوای متغیر، زیرا از فرو ریختن هوای سرد به اتاق جلوگیری میکند فرو ریختن (dumping) به عمل ریختن هوای سرد میگویند که بواسطه جعبه های حجم هوای متغیر، سرعت آن کاهش یافته است. اثر سطح پدیده ای بنام « سیاه شدن » بوجود می آورد. سیاه شدن "smudging" به علائمی گفته میشود که در اطراف دریچه های هوا ورودی سطح سقف دیده میشودو علت آن ذرات گرد و خاک معلق در هوا است که توسط دیفیوزر کشیده و با هوای رفت مخلوط میشود و سپس این ذرات روی سطح سقف دریچه می نشیند. اگر «سیاه شدن» مسئله ساز است، ابزار « ضد سیاه شدن» در دسترس است. این ابزار در واقع دریچه را کمی از تراز سطح سقف پایین تر می آورند و چند اینچ دور دریچه را می پوشانند.

دیفیوزرهای سقفی بطور کلی بشرح زیر طبقه بندی میشوند:

- مستطیلی
- مربع
- گرد
- رویه سوراخ دار (perforated face)

- چراغ دار (light troffer)
- شیار خطی (linear slot)

دیفیوزرهای مستطیلی ، مربع ، گرد

دیفیوزرهای سقفی (ceiling diffusers) مستطیلی یا مربع هوا را در یک ، دو، سه یا چهار جهت پرتاب میکنند. دیفیوزرهای سقفی گرد هوا را در همه جهت توزیع مینمایند.

دیفیوزرهای با صفحه سوراخ دار(Perforated Face Diffuser)

دیفیوزرهای سوراخ دار روی سقف کار گذاشته میشوند و نصب آنان مانند دریچه سقفی مربع استاندارد است با این تفاوت که خروجی هوا از یک صفحه مسطح سوراخ دار است. این دریچه ها معمولاً پره های (vane) تنظیم الگوی هوا دارند که جریان را در یک، دو، سه یا چهار جهت پرتاب میکنند.

دریچه چراغ دار (light troffer)

دریچه چراغ دار یک نوع دیفیوزر سقفی است که در واقع نگهدارنده چراغ فلورسنت است و از شیار کنار نگهدارنده چراغ هوا را نیز توزیع میکند. یک نوع از این دریچه ها هوا را به یک سمت و بعضی دیگر به دو سمت نگهدارنده چراغ هدایت میکنند.

شیار خطی (linear slot)

دیفیوزرهای شیار خطی در طولهای متفاوت (۱ ،۲، ۴ و ۵ فوت) و تعداد شیار متفاوت (۴،۳،۲،۱ شیار) ساخته میشوند. شیارهای خطی معمولاً الگوی پرتاب قابل تنظیم دارند(افقی به سمت راست یا چپ یا هر دو، یا عمودی).

دریچه های با دمپر و بدون دمپر(grilles and registers)

گریل (grille) یک بازشوی کرکره ای است که در دیوار، سقف و یا کف ساختمان قرار میگیرد. (register) گریلی است که دمپر نیز دارد. دمپر برای کنترل حجم هوا است. برای کنترل الگوی پخش هوا، کرکره بعضی از گریلها قابل برداشتند. چرخاندن یا وارونه کردن کرکره ها جهت هوا را عوض میکند. گریل هایی هم وجود دارد که مجهز به پره های (bar) عمودی و افقی برای کنترل جهت، پرتاب و پخش جریان هوا میباشد.

بازشوی هوا (supply openings)

بازشوی هوای رفت در کانال در بعضی از کاربردها مانند سیستم توزیع هوا برای تحت فشار گذاشتن پلنوم سقفی سوراخدار آزمایشگاهها مورد استفاده قرار میگیرد.

الگوی جریان هوای خروجی دریچه های رفت (Flow Pattern of Air Leaving supply Outlets)

الگوی جریان خروجی از دریچه ها از نظر مخلوط شدن مناسب هوای رفت و هوای اتاق حائز اهمیت فراوان

است. هنگامیکه هوا از دریچه خارج میشود، هوای اتاق را به سمت خود میکشد و یک جریان مخلوط بوجود میآورد و همین جریان است که وارد فضای مورد نظر (occupied space) میگردد. الگوی جریان باید طوری باشد که با مخلوط کردن هوای رفت و هوای اتاق، دما و رطوبت یکنواخت در تمام قسمتهای فضای مورد نظر وجود آورد. فضای تصرف شده به فضایی میگویند که از کف اتاق تا ۶ فوت (۱۸۰ سانتیمتر) بالاتر از آن را در بر میگیرد. مطالعات نشان داده است که اکثر افراد بالغ اگر دمای هوای مخلوط بین ۶۸ و ۷۹ درجه فارنهایت و رطوبت نسبی آن بین ۲۰ تا ۶۰ درصد باشد احساس آسایش میکنند.

برای توزیع هوای سرد، اگر از دیفیوزرهای سقفی و دریچه های دیواری زیر سقف استفاده شود الگوی جریان خوبی بدست میآید. هوای گرم باید از گریلهای دیواری بالاتراز کف و یا گریلهای کفی توزیع شود.اگر ازاین دریچه ها برای توزیع هوای سرد استفاده شود، پرتاب آنها طوری باید تنظیم شود که هوا به سمت بالا برود و اگر از دیفیوزرهای سقفی برای توزیع هوای گرم استفاده میشود، پرتاب آنها باید به سمت پایین باشد. بطور کلی، از آنجا که دریچه های توزیع هوا برای استفاده در تمام طول سال استفاده میشوند، الگوی جریان باید افقی باشد. ولی به هر حال، در فضاهای با سقف بلند ممکن است نیاز باشد که الگوی جریان قائم و به سمت پایین باشد تا بتواند خود را به منطقه تصرف شده برساند. دریچه هوای رفت به غیر از ایجاد الگوی مناسب پخش هوا باید هماهنگ با معماری ساختمان نیز باشد. انتخاب، نصب و تنظیم درست الگوی جریان دریچه های هوای رفت کمک میکند که :

- از کوران هوا که به علت سرعت بالا یا جهت نامناسب وزش هوا است خودداری شود.
- از راکد ماندن هوا که بعلت سرعت کم و یا جهت وزش نامناسب است خودداری شود.

دریچه های هوای برگشت

بازشویی که در کانال برگشت است و اجازه میدهد هوای اتاق وارد آن شود، دریچه برگشت نام دارد. دریچه های برگشت بشرح زیر طبقه بندی میگردند.

- دریچه های سقفی
- دریچه های سقفی eggcrate
- دریچه های سقفی با دمپر و بدون دمپر
- دریچه های دیواری با دمپر و بدون دمپر
- دریچه های کفی با دمپر و بدون دمپر
- بازشوهای برگشت

الگوی جریان هوای ورودی به دریچه های برگشت

الگوی جریان هوای ورودی به دریچه های برگشت از نظر کنترل دمای اتاق و تحت فشارقرار دادن آن حائز اهمیت است.الگوی جریان باید طوری باشد که از «اتصال کوتاه» جلوگیری شود. اتصال کوتاه بدین معنی است که هوای رفت وارد اتاق بشود قبل از مخلوط شدن با هوای اتاق از دریچه برگشت خارج شود. اگر دریچه های برگشت بسیار نزدیک به دریچه های رفت نصب شوند، اتصال کوتاه برقرار میشود. دریچه های برگشت علاوه بر ایجاد الگوی جریان درست باید با معماری ساختمان نیز هماهنگ باشد. انتخاب، نصب و تنظیم درست دریچه های برگشت از کوران و راکد ماندن هوا جلوگیری میکند.

فصل پنجم - ارزیابی عملکرد سیستم - قسمت آب

در این فصل چگونگی تعیین ظرفیت کار و عملکرد لوله کشی آب تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع را فرا خواهید گرفت. خواهید آموخت که چگونه برای ارزیابی عملکرد سیستم برنامه گذاری کنید و برای این کار از چه فرمها و مدارکی کمک بگیرید. همچنین اندازه گیری فشارآب در پمپ و لوله کشی برای تعیین عملکرد سیستم و پمپ آموزش داده خواهد شد.

چگونگی تنظیم برنامه کار

پیش از اقدام به اندازه گیری سیستمهای گردش آب (hydronic) در محل،لازم است مدارک زیرجمع آوری شود. مدارک زیر را از پیمانکار تاسیسات مکانیکی بخواهید:

- نقشه های تاسیسات مکانیکی
- مشخصات فنی دستگاهها
- نقشه های مهندسی
- نقشه های کارگاهی
- نقشه های اجرا شده "As-built"
- نقشه های شماتیک
- گزارشهای قبلی درباره تنظیم جریان آب (water balance)

مدارک زیر را از سازندگان بگیرید:

- کاتالوگ دستگاهها
- مشخصات و ظرفیت پمپها
- مشخصات و ظرفیت کویلها
- توصیه های آزمایش دستگاهها
- دستورالعملهای بهره برداری و نگهداری
- منحنی عملکرد پمپها

این مدارک را بخوبی مطالعه کنید تا خود را با سیستم گردش آب (hydronic system) و اهداف آن آشنا سازید. برای سهولت کار، پمپها و لوله کشی را روی نقشه شماره گذاری کنید. دستگاههاو اجزای تشکیل دهنده سیستمهایی را که در زمان ارزیابی عملکرد سیستم نیاز به شناسایی و توجه مخصوص دارند علامت بزنید.

بسته به نوع کار، فرمهای زیر را برای هر یک از سیستمهای گردش آب آماده سازید:
- فرم اطلاعات و آزمایش پمپ
- فرم اطلاعات و آزمایش موتور
- فرم اطلاعات و آزمایش کویل
- دیاگرام شماتیک سیستم
- فرم خلاصه جمع بندی

چگونگی ارزیابی عمل کرد سیستم

برای تعیین عملکرد ظرفیت و عملکرد سیستم گردش آب، عملیات زیر را انجام دهید:
- شرایط کار موتور را ارزیابی کنید.
- در صورت نیاز، اطلاعات مربوط به محرک و سرعت گردش پمپ را بگیرید.
- فشار پمپ را اندازه گیری کنید.
- اگر لازم باشد، دمای آب را در سیستم اندازه بگیرید.

ارزیابی شرایط کار موتور

ولتاژ، آمپر و ضریب توان موتور را اندازه بگیرید. ولتاژ و جریان را میتوان بوسیله ولت - آمپرمتر قابل حمل اندازه گرفت . معمولاً این اندازه گیری در جعبه کلید قطع (Disconnect Box) یا در تابلوی کنترل موتور صورت میگیرد. ولتاژ اندازه گیری شده باید حدود ۱۰± درصد ولتاژ پلاک موتور باشد. اگر نیست این موضوع را در گزارش قید کنید. آمپر اندازه گیری شده نباید از حداکثر داده شده در پلاک موتور بیشتر باشد. اگر چنین است، شیر خروجی پمپ را کم کم ببندید تا آمپر به حد نصاب داده شده کاهش یابد.

در گزارش سرعت موتور داده شده در پلاک را بنویسید. سرعت کار موتور معمولاً اندازه گیری نمیشود. سرعت داده شده در پلاک موتور بعنوان سرعت ثابت در گزارش نوشته میشود، مگر اینکه موتور چند سرعته (VFD= Variable Frequency Drive) باشد، اگر چنین است در گزارش قید کنید.

در صورتیکه موتور تحت تعمیر بوده یا به تازگی نصب شده باشد، حفاظ اضافه بار حرارتی (Thermal Overload Protection) آن را وارسی کنید.

اطلاعات پلاک موتور و استارتر آنرا در فرم اطلاعات و آزمایش موتور (شکل ۱-۵) بنویسید:

- سازنده
- اندازه قاب موتور
- قدرت (اسب بخار)
- فاز
- فرکانس
- سرعت موتور، دور در دقیقه
- ضریب عمر
- ولتاژ
- آمپر
- ضریب توان
- راندمان
- اندازه استارتر
- حفاظ اضافه بار حرارتی

شکل ۱-۵ فرم اطلاعات و آزمایش موتور

پروژه : مهندس مسئول/ شماره پیمان:

	درمشخصات	واقعی	درمشخصات	واقعی
شماره پمپ				
اطلاعات موتور				
سازنده				
اندازه قاب موتور				
اسب بخار				
فاز				
فرکانس				
دور در دقیقهRPM				
ضریب عمر				
ولت				
آمپر				
ضریب توان				
راندمان				
توان حقیقی				
اندازه استارتر				
حفاظ اضافه بارحرارتی				

یادداشتها:

نوشتن اطلاعات محرک و پروانه پمپ

اکثر پمپها در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع (HVAC) بطور مستقیم به موتور کوپله شده اند. اگر به پمپ با محرک تسمه ای برخوردید، به فصل اول شکل ۲-۱ مراجعه کرده و اطلاعات لازم را بنویسید. اندازه پروانه پمپ را در فرم اطلاعات پمپ (شکل ۲-۵) بنویسید.

شکل ۲-۵ فرم اطلاعات و آزمایش پمپ

پروژه : _____ مهندس مسئول/ شماره پیمان: _____

اطلاعات پمپ	درمشخصات	واقعی	درمشخصات	واقعی
شماره				
محل نصب				
کاربرد				
سازنده				
شماره سریال				
شماره مدل				
قطرپروانه				
گذرآب گالن دردقیقه				
کل فشار دینامیکی				
دور در دقیقه RPM				
جهت چرخش				

	شیرخروجی بسته	درحالت کار	شیرخروجی بسته	درحالت کار
گالن در دقیقه				
فشارخروجی(PSIG)				
فشارورودی(PSIG)				
افزایش فشار				
فشار استاتیک				
فشار سینتیک				
فشاردینامیکی کل				
قطر پروانه				
توان حقیقی				
بازدهی				

شرایط کار سیستم

پمپ				
لوله				
یادداشت:				

ارزیابی شرایط کار پمپ

پمپهای چندگانه (سری، موازی یا ترکیبی از این دو) را در شرایط نرمال کار و جداگانه آزمایش کنید. شرایط نرمال یعنی زمانی که تمام پمپها (باستثناء ذخیره ها) درحالت کار باشند. در هر کدام از وضعیتهای یاد شده مقدار جریان و توان را اندازه گیری کنید. وقتی که پمپها را جداگانه تست میکنید، مقدار جریان گذرا از پمپ در حال کار را اندازه بگیرید و سپس اختلاف فشار دو طرف پمپ های خاموش را چک کنید تا نسبت به آببندی شیرهای پمپهای خاموش اطمینان پیدا کنید و مطمئن شوید که جریانی از این پمپها عبور نمیکند. پس از تست پمپهای نرمال، پمپهای ذخیره را روشن کنید و آزمایشها را تکرار نمایید. اطلاعات داده شده روی پلاک پمپها و ارقام واقعی را روی فرم اطلاعات و آزمایش پمپ بنویسید (شکل ۲-۵).

- سازنده
- شماره سریال
- شماره مدل
- قطر پروانه
- جهت چرخش

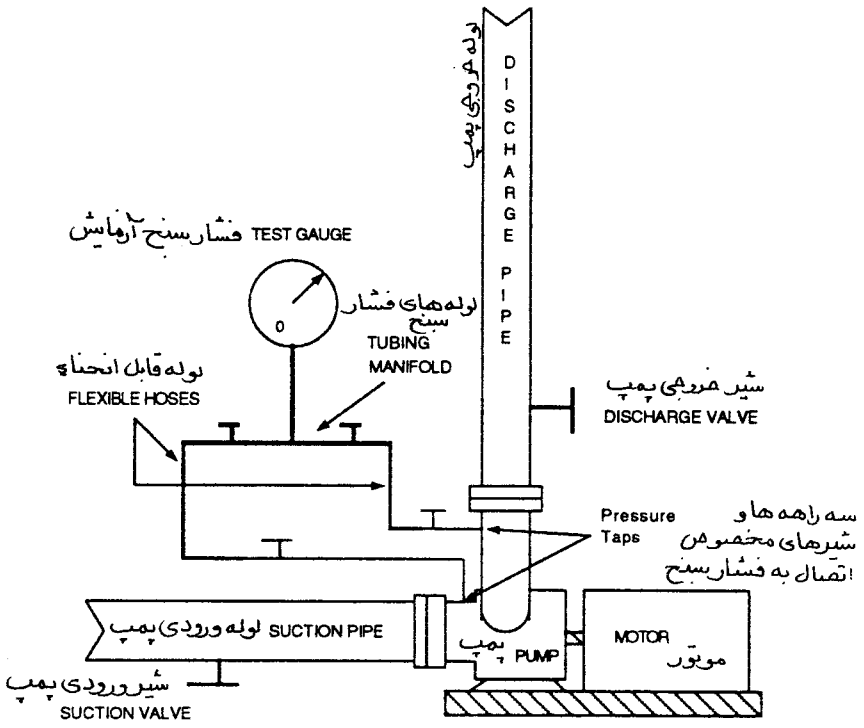
از روی مشخصات یا نقشه ها، کل گذر آب در واحدهای مصرف کننده را (terminals) جمع کرده و با مقدار جریان طراحی پمپ مقایسه نمایید. هرگونه اختلافی را برطرف کنید. جهت چرخش پمپ را با خاموش و روشن کردن آن چک کنید. روی بدنه پمپها معمولاً یک پیکان حک شده که جهت چرخش را نشان میدهد. اگر پمپ در جهت عکس میچرخد، کابل کشی موتور را جابجا کنید. فشار پمپ را اندازه بگیرید و افت فشار دو طرف صافی را چک کنید. میزان بودن پمپ ، نشتی آب و سایر عوامل را وارسی کنید.

چگونه میتوان اندازه پروانهٔ پمپ را ارزیابی کرد

برای تایید عملکرد پمپ از روی منحنی آن یا برای استفاده از پمپ بعنوان یک جریان سنج (flow meter) که به وسیله آن میتوان مقدار جریان را به دست آورد، اول باید قطر پروانه را اندازه گرفت. به این منظور عملیات زیر را انجام دهید:

- در حالت بهره برداری نرمال، ولتاژ جریان موتور پمپ را اندازه بگیرید.
- پمپ را خاموش کنید.
- فشار سنج مخصوص آزمایش را به سه راهی و شیرهای ورودی و خروجی پمپ ببندید. اندازه گیری دقیق با استفاده از فشار سنج بوردون (Bourdon) میسر است (شکل ۳-۵).
- موقعیت ساقه (stem) شیر خروجی را در حالت کار عادی علامت بزنید.
- شیر خروجی را ببندید.

- شیر ورودی را اگر تاکنون باز نکرده اید، باز کنید. این شیر باید در حالت کاملاً باز باقی بماند.
- پمپ را روشن کنید.
- فشار استاتیک لوله خروجی پمپ را برحسب PSIG بخوانید. تراز نصب فشار سنج آزمایش خروجی و ورودی باید برابر باشد.
- فشار استاتیک لوله ورودی (suction) را برحسب PSIG بخوانید.
- ولتاژ و آمپر را بخوانید.
- پمپ را خاموش کنید.
- شیر خروجی را به وضعیت عادی برگردانید.
- پمپ را روشن کنید.



شکل ۵-۳ فشار سنج و لوله های آن در نوع بوردون

- از تفاوت فشار ورودی و خروجی، ازدیاد فشار پمپ به پوند بر اینچ مربع بدست می آید. اگر مکش تحت خلاء است، آن را با فشار خروجی جمع کنید.
- واحد پوند بر اینچ مربع را با ضرب کردن در عدد ۲/۳۱ به واحد فوت ستون آب تبدیل کنید.
- روی محور قائم منحنی عملکرد پمپ، عدد بدست آمده را در مقدار جریان صفر علامت بزنید. این فشار در حالت قطع جریان (no-flow or shut-off) پمپ است. نقطه ای که علامت زده اید، نزدیک یکی از منحنی های اندازه پروانه قرار میگیرد که در واقع اندازه پروانه پمپ شما خواهد بود.

در مثالهای زیر با استفاده از منحنی شکل ۴-۵ این موضوع بیشتر توضیح داده میشود.

مثال ۱-۵ : آمار زیر گرفته شده است :

فشار ورودی ۱۰ پوند بر اینچ مربع (psig)

فشار خروجی ۶۸/۵ پوند براینچ مربع (psig)

۱- ازدیاد فشار psi ۶۸/۵-۱۰=۵۸/۵

۲- فشار در حالت قطع جریان ، فوت ۱۳۵=۲/۳۱ x ۵۸/۵ psi

۳- ۱۳۵ فوت را روی محور قائم علامت بزنید. قطر پروانه ۱۲ اینچ است.

مثال ۲-۵ : اگر فشار خروجی ۷۵ و ورودی ۱۰ باشد، اختلاف فشار مساوی ۶۵ پوند براینچ مربع یا ۱۵۰ فوت است که فشار پمپ در حالت قطع جریان است. روی محور قائم در نقطه ۱۵۰ فوت قطر پروانه به اندازه ۱۲/۵ اینچ دیده میشود.

اندازه گیری جریان آب (water flow) با استفاده از پمپ بعنوان یک جریان سنج (flow meter)

عملیات زیر را انجام دهید :

- اندازه پروانه را کنترل کنید.
- فشارسنج آزمایش را به لوله ورودی و خروجی پمپ وصل کنید.
- پمپ را روشن کنید.
- ولتاژ و آمپر را در حالت کار عادی پمپ اندازه بگیرید و چنانچه موتور اضافه بار (over load) دارد شیر خروجی را اندکی ببندید تا آمپر موتور به حداکثر مجاز کاهش یابد.
- فشار استاتیک خروجی را بخوانید. تراز نصب فشارسنج برای ورودی و خروجی باید یکسان باشد.
- فشار استاتیک مکش (ورودی) را بخوانید. مسیر ورودی باید کاملاً باز باشد.
- اختلاف فشار ورودی و خروجی را محاسبه کنید. اگر ورودی تحت خلاء است باید آن را با خروجی جمع کنید.
- واحد فشار را به واحد داده شده (فوت) منحنی عملکرد پمپ تبدیل کنید.

- ازدیاد فشار را روی محور قائم منحنی پمپ در جریان صفر نشان دهید. این عدد فشار کل دینامیکی پمپ برحسب فوت است،(Total Dynamic Head=TDH) درصورتیکه قطر لوله ورودی و خروجی برابر باشد.اگر قطراین لوله ها برابر نباشد، این عدد افزایش فشار استاتیک دو طرف پمپ محسوب میشود و برای یافتن فشار کل، فشار سینتیک (velocity head) باید به آن اضافه شود (فشار دینامیک + فشار استاتیک =TDH).
- از نقطه فشار کل یک خط افقی بکشید تا منحنی قطر پروانه را قطع کند.
- از نقطه تلاقی منحنی پروانه و خط فشار کل، یک خط قائم بکشید تا محور مختصات را قطع کند.در اینجا مقدار آب را میتوانید بر حسب گالن در دقیقه بخوانید.
- در همین نقطه ، توان حقیقی و راندمان پمپ را نیز میتوانید از روی منحنی به دست آورید.
- توان حقیقی پمپ را به طریقه زیر نیز میتوان محاسبه نمود.

رابطه ۱-۵ : توان حقیقی پمپ

$$bhp = \frac{gpm \times TDH}{۳۹۶۰ \times effp}$$

توان حقیقی به اسب بخار= bhp

جریان آب، گالن در دقیقه =gpm

فشار دینامیکی کل پمپ، به فوت ستون آب =TDH

عدد ثابت = ۳۹۶۰

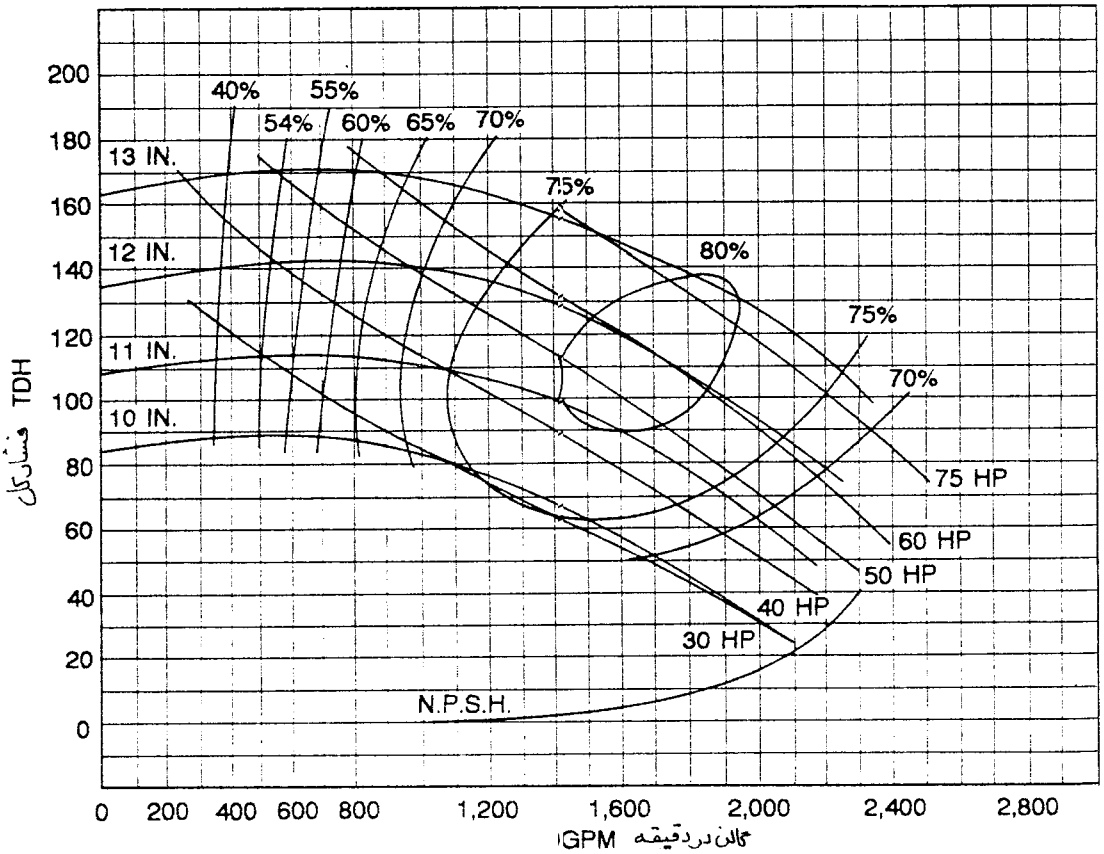
راندمان پمپ = effp

در مثال زیر قطر پروانه به اندازه ۱۲ اینچ مورد تایید قرار گرفته است (شکل ۴-۵).

مثال ۳-۵ : اختلاف فشار دو طرف پمپ ۱۲۴ فوت است. از عدد ۱۲۴ به منحنی ۱۲ اینچ بروید. خط قائم از این نقطه تا محور افقی مختصات عدد ۱۵۰۰ گالن در دقیقه را نشان میدهد. توان حقیقی ۵۹ اسب بخار است. در همین نقطه راندمان پمپ ۸۰ درصد است.

توان حقیقی را محاسبه کنید:

$$bhp = \frac{۱۵۰۰ \times ۱۲۴}{۳۹۶۰ \times ۰/۸۰} = ۵۸/۷ \text{ اسب بخار}$$



شکل ۴-۵

چگونه فشار سرعتی (VELOCITY HEAD) را اصلاح کنیم

اگر قطر لوله های ورودی و خروجی پمپ یکسان باشد (مانند مثال فوق)، فشار سرعتی دو طرف پمپ برابر است و تصحیح نیاز ندارد. حتی اگر قطرها متفاوت باشد ولی پمپ درست انتخاب شده باشد و در نقطه کار بهره بردار شود، اختلاف فشار سرعتی نسبت به فشار استاتیک (static head) بسیار ناچیز است و اثری در محاسبات نخواهد داشت. بنابراین هرگاه از پمپ بعنوان جریان سنج استفاده شود، اختلاف فشار استاتیک ورودی و خروجی پمپ بعنوان فشار کل منظور میگردد. ولی چنانچه تصحیح لازم باشد، برخی از سازندگان روش تصحیح فشار سرعتی را مانند جدول ۵-۱ توصیه میکنند.

تصحیح سرعت بر حسب فوت و گالن در دقیقه *Velocity correction in feet of head versus gpm*														
اندازه خروجی	اندازه ورودی	۰/۱ft.	۰/۵ft.	۱ft.	۲ft.	۳ft.	۴ft.	۵ft.	۶ft.	vft.	۸ft.	۹ft.	۱۰ft.	۱۵ft.	۲۰ft.	۲۵ ft.
۲/۵ اینچ	۲/۵ اینچ	بدون تصحیح No Correction														
۲/۵اینچ	۳ اینچ	۵۰	۱۱۰	۱۶۰	۲۲۰	۲۷۰	۳۱۰	۳۵۰	۳۹۰	۴۲۰	۴۴۵	۴۷۵	۵۰۰	۶۲۰	۷۲۰	۸۰۰
۲/۵ اینچ	۴ اینچ	۴۲	۹۰	۱۳۰	۱۸۰	۲۲۰	۲۶۰	۲۸۵	۳۱۵	۳۴۰	۳۶۰	۳۸۵	۴۰۵	۵۰۰	۵۸۰	۶۵۰
۲/۵ اینچ	۵ اینچ	۳۹	۸۵	۱۲۰	۱۷۰	۲۱۰	۲۴۰	۲۷۰	۲۹۵	۳۱۵	۳۴۰	۳۶۰	۳۸۰	۴۶۰	۵۴۰	۶۰۰
تصحیح سرعت بر حسب فوت و گالن در دقیقه *Velocity correction in feet of head versus gpm*																
اندازه خروجی	اندازه خروجی	۰/۱ft.		۰/۵ft.	۱ft.		۲ft.		۴ft.		۱۰ft.			۱۵ft.		۲۵ ft.
۸ اینچ	۸ اینچ	بدون تصحیح No Correction														
۸ اینچ	۱۰ اینچ	۵۲۰		۱۱۵۰	۱۶۰۰		۲۳۰۰		۳۳۰۰		۵۲۰۰			۶۴۰۰		۸۴۰۰
۸ اینچ	۱۲ اینچ	۴۴۰		۱۰۰۰	۱۴۰۰		۲۰۰۰		۲۸۰۰		۴۴۰۰			۵۴۰۰		۷۰۰۰
۸ اینچ	۱۲ اینچ	۴۲۰		۹۵۰	۱۳۲۰		۱۹۰۰		۲۷۰۰		۴۲۰۰			۵۲۰۰		۶۸۰۰

جدول ۱-۵ تصحیح فشار سرعتی

اگر این جدول در دسترس نباشد میتوان از روابط ۲-۵ و ۳-۵ استفاده کرد:

رابطه ۲-۵ : فشار سرعتی

$$H_V = \frac{V_o^2 - V_i^2}{2g}$$

رابطه ۳-۵ : سرعت

$$V = \frac{0/408\ gpm}{d^2}$$

H_V = فشار سرعتی، فوت ستون آب

V_o = سرعت آب در لوله خروجی، فوت در ثانیه

V_i = سرعت آب در لوله ورودی، فوت در ثانیه

g = شتاب ثقل، ۳۲/۲ فوت بر مجذور ثانیه

V = سرعت ، فوت در ثانیه

عدد ثابت =۰/۴۰۸

gpm = جریان آب ، گالن در دقیقه

d = قطر داخلی لوله ها

مثال ۴-۵ : جریان آب ۱۵۰۰ گالن در دقیقه

قطر لوله ورودی ۱۰ اینچ ، قطر لوله خروجی ۸ اینچ، فشار مکش ۶۳ پوند بر اینچ مربع، فشار خروجی ۲۲ پوند بر اینچ مربع، ازدیاد فشار استاتیک ۴۱ پوند بر اینچ مربع (۲۲-۶۳) ، فشار استاتیک ۹۴/۷۱ فوت (۴۱ x۲/۱۳)، فشار سرعتی ۰/۸۴ فوت، ارتفاع کل دینامیکی ۹۵/۵۵ فوت.

محاسبات با استفاده از روابط یاد شده بشرح زیر است:

$$V_o = \frac{0/408 \times 1500}{10^2} = 6/12 \text{ فوت در ثانیه}$$

$$V_i = \frac{0/408 \times 1500}{8^2} = 9/56 \text{ فوت در ثانیه}$$

$$H_v = \frac{(9/56)^2 - (6/12)^2}{64/4} = 0/84 \text{ فوت}$$

چگونگی ارزیابی عملکرد جریان آب (HOW TO VERIFY FLOW PERFORMANCE)

چگونه با استفاده از دمای آب مقدار جریان را تعیین کنیم

استفاده از دما برای اندازه گیری آب یک روش تخمین محسوب میشود و نمیتوان با آن به عدد دقیق رسید. هنگام اندازه گیری دقت زیاد بشرح زیر باید انجام شود:

- دستگاههای اندازه گیری باید کالیبره شده و طبق دستور کارخانه استفاده شوند.
- سطوح فلزی نقطه ای که اندازه گیری دما باید صورت گیرد، تمیز باشد. دمای آب که از طریق فرو رفتن قطعه حساس در آب (insertion well) اندازه گیری میشود بسیار دقیق تراز دمای سطوح خارجی لوله است.
- تا آنجائیکه امکان دارد دمای آب نزدیک به مبدل گرمایی گرفته شود.
- در زمان اندازه گیری باید حوصله به خرج داد و زمان لازم را داد تا دستگاه دمای درست ثبت کند.
- برای تعیین مقدار جریان آب از رابطه ۴-۵ استفاده کنید.

رابطه ۴-۵ :

$$gpm = \frac{btuh}{500 \times \Delta Tw}$$

مقدار جریان آب ، گالن در دقیقه =gpm

بی تی یو در ساعت = btuh

$$\text{عدد ثابت} = \frac{\text{بی تی یو در ساعت}}{\text{درجه فارنهایت x پوند}} \times \frac{1 \text{ پوند}}{\text{گالن}} \times \frac{8/33}{\text{ساعت}} \times \frac{60 \text{ دقیقه}}{} = 500$$

ΔTw = اختلاف دمای آب ورودی و خروجی به درجه فارنهایت

مثال ۵-۵ : از روی یک کویل سرمایی ۵۵۰۰ فوت مکعب هوا در دقیقه عبور میکند. دمای خشک و مرطوب هوای ورودی به ترتیب ۷۶ و ۶۵ درجه فارنهایت و دمای خشک و مرطوب خروجی به ترتیب ۶۰ و ۵۸ درجه فارنهایت است. دمای آب ورودی ۴۵ و خروجی ۵۷ درجه فارنهایت است. جریان آب بشرح زیر قابل محاسبه است :

$btuh = cfm \times 4/5 \times \Delta h$

انتالپی هوای ورودی ۳۰/۰۶ و هوای خروجی ۲۵/۱۲ بی تی یو در پوند است .

$btuh = 5500 \times 4/5 \times 4/94 = 122265$

$$gpm = \frac{122265}{500 \times 12} = 20/4$$

مثال ۶-۵ : جریان هوای گذرا از روی یک کویل گرمایی ۵۵۰۰ فوت مکعب در دقیقه است. دمای خشک

ورودی هوا به آن ۷۶ و خروجی از آن ۹۰ درجه فارنهایت است. اختلاف دمای آب ورودی و خروجی به کویل ۲۰ درجه فارنهایت (۱۶۰-۱۸۰) است. جریان آب بشرح زیر قابل محاسبه است :

$$btuh = cfm \times ۱/۰۸ \times \Delta T$$

$$btuh = ۵۵۰۰ \times ۱/۰۸ \times ۱۴ = ۸۳۱۶۰$$

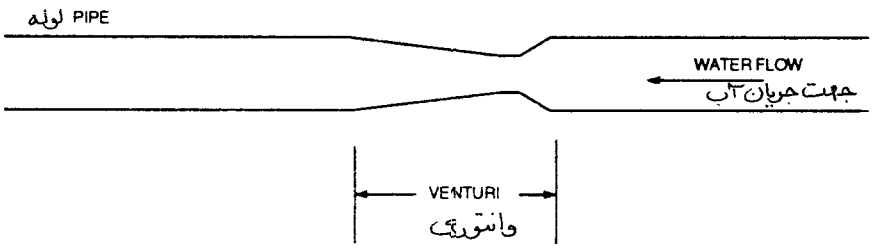
$$gpm = \frac{۸۳۱۶۰}{۵۰۰ \times ۲۰} = ۸/۳$$

تعیین مقدار جریان آب با استفاده از جریان سنجها (Flow Meters)

جریان سنجهای آب از قبیل وانتوری (venturi)، صفحات سوراخدار (orifice plates) ، حلقوی (annular) و شیرهای تنظیم میزان شده (calibrated balancing valve) ابزاری است که روی لوله، دو طرف پمپ و مبدلهای گرمایی بطور دائم نصب میشود و مقدار جریان را نشان میدهد. جریان سنج باید به دور از نقاط گردابی جریان آب نصب شود. از سازندگان میتوان اطلاعات مربوط به نصب را گرفت. طول لوله مستقیم قبل و بعد از جریان سنج بستگی به نوع آن دارد اما معمولاً در مشخصات اعداد ۵ تا ۲۵ برابر قطر لوله در بالادست و ۲ تا ۵ برابر قطر لوله در پایین دست بعنوان طول لوله مستقیم دیده میشود. افت فشار لوله دو طرف جریان سنجها و منحنی مشخصات آن برای یافتن مقدار جریان مورد استفاده قرار میگیرد. افت فشار معمولاً بوسیله فشارسنج تفاضلی اندازه گیری میشود. منحنی تغییرات جریان با خط کش محاسبه مخصوص با هر جریان سنج همراه است. چنانچه بخواهید از منحنی مشخصات استفاده کنید مواظب باشید که محور مختصات منحنی لگاریتمی است و ممکن است بعلت درست نخواندن دچار اشکال شوید. برای تنظیم جریان ،اکثر جریان سنجها (نوع وانتوری ، صفحات سوراخ دار، و حلقوی) نیاز به شیر تنظیم کننده(balancing valve) دارند. چند نوع دیگر جریان سنج عبارتند از : کنتور با اثر دوپلر (doppler) ، لوله پیتوت و مانومتر، جریان سنج مغناطیسی، کنتور توربینی و نوع چرخاب (vortex shedding).

جریان سنج وانتوری

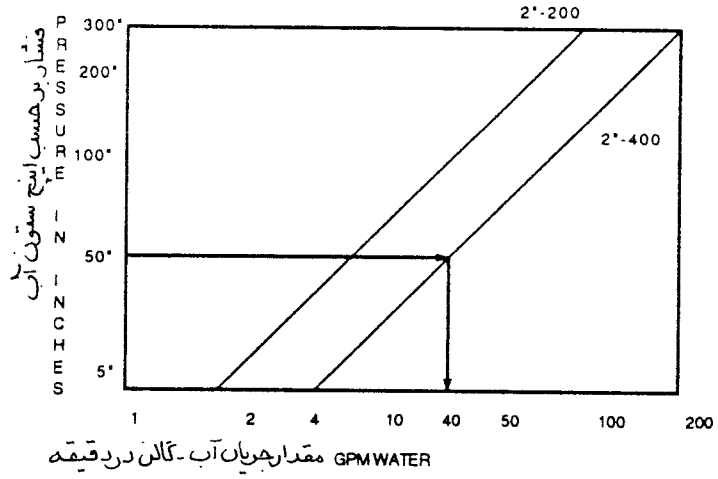
هنگامی که آب از جریان سنج وانتوری (شکل ۵-۵) عبور میکنند، جریان گردابی شده و اصطکاک زیادی ایجاد میگردد. در اثر تغییر سرعت آب، افت فشار بوجود میآید. این افت فشار بوسیله فشارسنج تفاضلی اندازه گیری میشود. از روی منحنی ظرفیت میتوان مقدار جریان بر حسب گالن در دقیقه را برای هر افت فشار اندازه گیری شده (برحسب اینچ ستون آب) بدست آورد.



شکل ۵-۵ جریان سنج وانتوری

مثال ۶-۵ : روی یک انشعاب ۲ اینچی یک جریان سنج وانتوری نصب شده است. روی پلاک جریان سنج اعداد "2inches-400" حک شده است. بوسیله فشارسنج تفاضلی افت فشار دو طرف آن ۵۰ اینچ نشان داده میشود.

- در منحنی (شکل ۶-۵) روی محور سمت چپ عدد ۵۰ را بیابید.
- از آن نقطه یک خط به سمت راست بکشید تا منحنی "2inches-400" را قطع کند.
- از این نقطه یک خط قائم بکشید تا محور مختصات را که به گالن در دقیقه است قطع کند.
- منحنی نشان میدهد مقدار جریان ۴۰ گالن آب در دقیقه است.



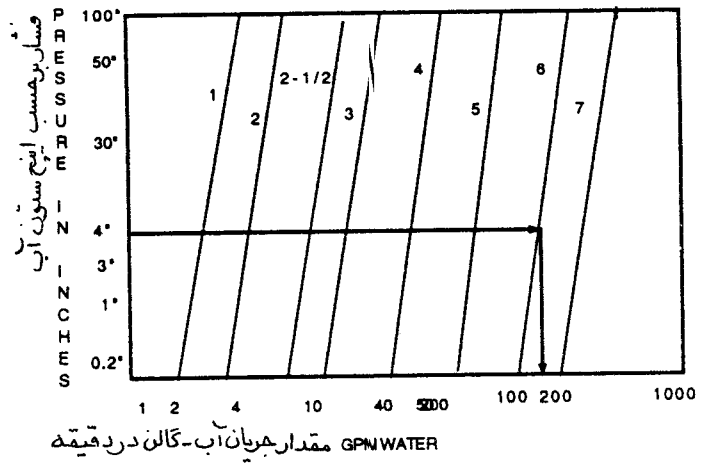
شکل ۶-۵ منحنی ظرفیت جریان سنج وانتوری

صفحات سوراخ دار (Orifice Plate)

جریان سنج از نوع سوراخدار یک دهانه باز ثابت و گرد در لوله است . با عبور آب از لوله گشادتر به صفحه سوراخ دار که قطر کمتر دارد، یک افت فشار قابل اندازه گیری بوجود می آید. منحنی ظرفیت سوراخ که همراه این وسیله تحویل میشود مقدار جریان را نسبت به افت فشار نشان میدهد. افت فشار بوسیله فشار سنج تفاضلی گرفته میشود. روش خواندن منحنی ظرفیت مانند روش جریان سنج وانتوری است.

جریان سنجهای حلقوی (Annular Flow Meters)

جریان سنج حلقوی یک سنسور چند روزنه ای است که در یک بدنه قرار دارد و در لوله نصب میشود. فاصله روزنه ها طوری است که حلقه سنسور را به سطح های مساوی تقسیم می نماید، مانند تراورس لوله پیتوت برای کانال گردهوا. دهانه های بالادست (upstream) فشار زیاد و دهانه های پایین دست (downstream) فشار کم را حس میکنند. اختلاف فشار حاصله بوسیله فشار سنج تفاضلی اندازه گیری میگردد. منحنی ظرفیت (شکل ۷-۵) با جریان سنج تحویل میشود که مقدار جریان را بر حسب گالن در دقیقه برای اختلاف فشارهای مختلف نشان میدهد.



شکل ۵-۷ جریان سنج حلقوی

مثال ۵-۷ : روی یک لوله ۶ اینچ یک جریان سنج حلقوی نصب شده است. اختلاف فشار ۴ اینچ اندازه گیری شده است.

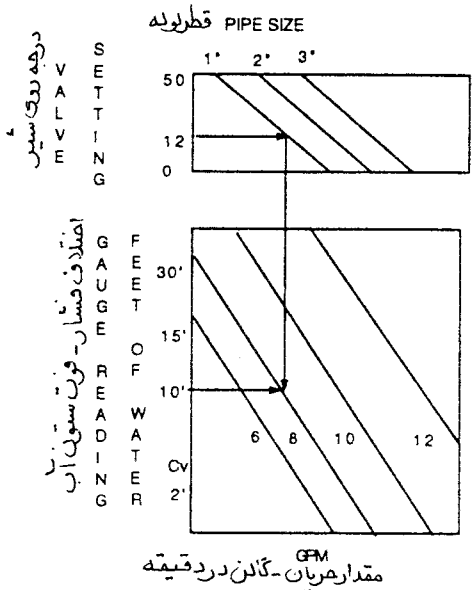
- روی منحنی (شکل ۵-۷) عدد ۴ اینچ را در طرف چپ بیابید.
- خطی افقی به سمت راست بکشید که منحنی ۶ اینچ را قطع کند.
- از این نقطه یک خط قائم بکشید تا محور مقدار جریان را قطع کند.
- گذر آب از جریان سنج ۲۰۰ گالن آب در دقیقه است.

چگونگی میزان کردن شیرهای متعادل کننده (Calibrated Balancing Valve)

این شیر ترکیبی از جریان سنج و شیر متعادل کننده است. شیرهای میزان شده متعادل کننده شبیه شیرهای متعادل کننده معمولی هستند با این تفاوت که در ورودی و خروجی آنها سه راهی اتصال (tap) برای اندازه گیری فشار تعبیه شده است. علاوه بر آن فشار سنج در وضعیتهای مختلف شیر بوسیله کارخانه تنظیم شده است. منحنی ظرفیت (شکل ۵-۸) با شیر داده میشود. فشار سنج تفاضلی برای اندازه گیری اختلاف فشار بکار میرود. اندازه باز و بسته بودن شیر میزان شده متعادل کننده بوسیله یک صفحه مدرج نشان داده میشود.

مثال ۵-۸ : روی یک لوله ۱ اینچ شیر میزان شده تعادلی نصب شده است. اختلاف فشار حدود ۱۰ فوت ستون آب است. شیر روی ۱۲ درجه تنظیم شده است.

- از روی نقطه ۱۰ فوت منحنی پایینی (شکل ۵-۸) حرکت کنید و به سمت راست بروید.
- روی عدد ۱۲ درجه وارد منحنی بالایی شده و یک خط افقی تا منحنی ۱ اینچ بکشید.
- از این نقطه یک خط قائم به سمت پایین بکشید تا خط افت فشار را قطع کند.
- مقدار جریان حدود ۸ گالن آب در دقیقه است.



شکل ۸-۵ منحنی ظرفیت شیر تعادلی میزان شده

چگونه با استفاده از ضریب جریان شیر (Valve Flow Coefficient) جریان آب را اندازه بگیریم

این امکان وجود دارد که بوسیله یک شیر کنترل خودکار جریان آب اندازه گیری شود اگر (۱) ضریب جریان شیر را بدانیم (۲) روی لوله ورودی و خروجی شیر سه راهی برای نصب فشارسنج و اندازه گیری فشار وجود داشته باشد. ضریب جریان شیر مقدار جریانی است (به گالن در دقیقه) که زمانیکه شیر کاملاً باز است ۱ پوند بر اینچ مربع افت فشار ایجاد نماید. از رابطه ۵-۵ برای محاسبه جریان استفاده کنید. برای تنظیم جریان از شیر تعادلی دستی استفاده کنید. از رابطه ۵-۶ برای یافتن وضعیت شیر از روی افت فشار استفاده کنید.

رابطه ۵-۵:

$$gpm = C_V \times \sqrt{\Delta P}$$

رابطه ۵-۶:

$$\Delta P = \left[\frac{gpm}{C_V} \right]^2$$

gpm= مقدار جریان آب، گالن در دقیقه

C_V = ضریب جریان شیر

ΔP= جذر افت فشار در شیر، پوند بر اینچ مربع

ΔP= افت فشار در دو طرف شیر، پوند بر اینچ مربع

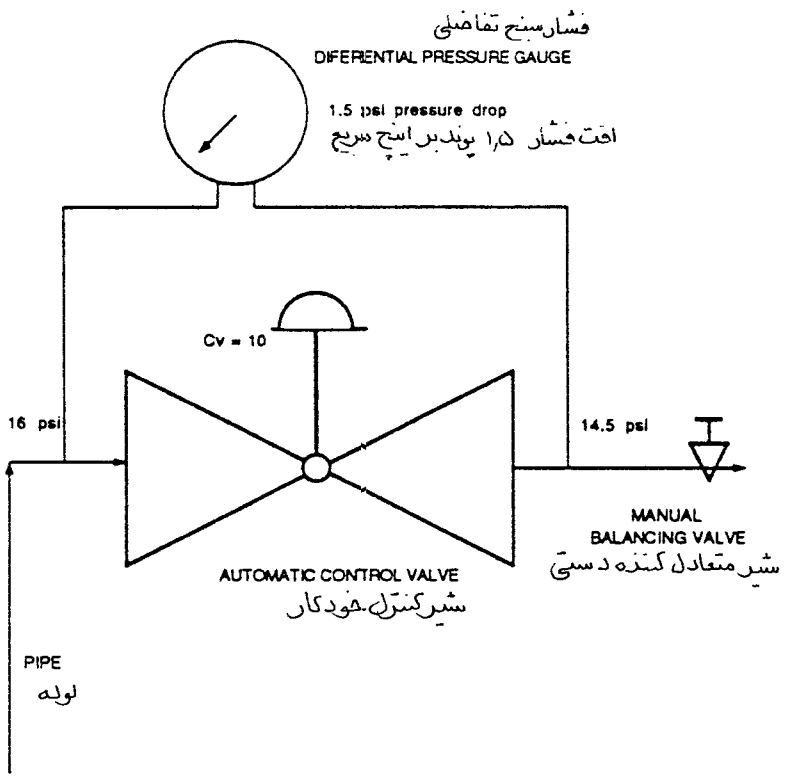
مثال ۸-۵ : ضریب جریان یک شیر کنترل خودکار (شکل ۹-۵) ۱۰ است (یعنی در افت فشار ۱ پوند هنگام باز بودن کامل شیر، مقدار جریان ۱۰ گالن در دقیقه است). افت فشار اندازه گیری شده ۱/۵ پوند است.

$$gpm = ۱۰ \times \sqrt{۱/۵} = ۱۲/۲$$

مثال ۹-۵ : جریان شیر کنترل خودکار را روی ۱۴ گالن در دقیقه تنظیم کنید. شیر متعادل کننده دستی را باز کنید تا افت فشار ۲ پوند بر اینچ مربع بر روی فشار سنج تفاضلی خوانده شود.

$$\Delta P = \left[\frac{۱۴}{۱۰}\right]^۲ = ۱/۹۶ \cong ۲$$

پوند بر اینچ مربع



شکل ۹-۵ بدست آوردن مقدار جریان با استفاده از افت فشار در یک شیر کنترل خودکار

تعیین مقدار جریان آب از روی مشخصات کویل

بعضی مواقع میتوان حدود مقدار جریان آب را از روی مشخصات کویل یا مبدل گرمایی اندازه گرفت اگر :

- کویل نو باشد یا به هر حال حالت نو داشته باشد در این صورت کویل هم مانند سایر جریان سنجها خواهد بود چون یک افت فشار معین دارد.
- سازنده، کویل را بطور واقعی تست نموده و افت فشار را نسبت به جریان معین بدست آورده باشد.
- برای اندازه گیری فشار باید روی لوله ورودی و خروجی کویل سه راهی برای نصب فشار سنج پیش بینی شود. از

رابطه ۵-۷ برای تعیین مقدار جریان استفاده کنید.

رابطه ۵-۷ :

$$gpm_C = gpm_R \sqrt{\frac{\Delta P_M}{\Delta p_R}}$$

gpm_C = میزان جریان محاسبه شده

gpm_R = مقدار جریان نامی

ΔP_M = افت فشار اندازه گیری شده

ΔP_R = افت فشار نامی

مثال ۵-۱۰ : مقدار جریان نامی یک کویل ۳۵ گالن در دقیقه در افت فشار ۶ فوت ستون آب بوسیله سازنده اعلام شده است. افت فشار ۷ فوت اندازه گیری شده است. مقدار جریان بشرح زیر قابل محاسبه است :

$$gpm_C = ۳۵ \sqrt{\frac{۷}{۶}} = ۳۷/۸$$

فصل ششم - اجزای تشکیل دهنده سیستم مرکزی گردش آب - پمپها

در این فصل درباره پمپ ، مشخصات و آرایش چندگانه آن صحبت خواهد شد. شما فرا خواهید گرفت که چگونه توان و راندمان پمپ را حساب کنید، چگونه با استفاده از قوانین پمپ عملکرد سیستم را معین کنید و با استفاده از منحنی پمپ، عملکرد پمپ را پیش بینی کنید و سرانجام در این فصل، خواهید آموخت که چگونه منحنی سیستم را رسم و نقطه کار پمپهای سری و موازی را تعیین کنید. با استفاده از قوانین پمپ، منحنی عملکرد پمپ و منحنی سیستم ، قادر خواهید بود که اثر تغییرات احتمالی در سیستم لوله کشی یا قطر پروانه پمپ را محاسبه و یا ترسیم نمایید. با استفاده از منحنی پمپ، به کمک ارقام و اطلاعات به دست آمده از آزمایش، میتوانید عملکرد پمپ را پیش بینی کنید. هر چند از منحنی پمپها برای پیدا کردن و رفع عیب سیستم نیز استفاده میشود، عملکرد پمپ (که با اندازه گیری محلی بدست می آید) ممکن است نسبت به آنچه که روی منحنی پمپ داده شده بعلت اندازه گیری غیردقیق یا انتخاب نادرست نقاط آزمایش، متفاوت باشد.

مشخصه (CHARACTERISTICS) پمپهای گریز از مرکز در تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع (HVAC)

یک پمپ نمونه گریز از مرکز در تاسیسات یاد شده، معمولاً یک بدنه حلزونی (volute) با یک یا چند پروانه با پره های خمیده به عقب وجریان شعاعی (radial flow) دارد.اگرپمپ یک پروانه داشته باشد به آن پمپ یک مرحله ای گفته میشود. اگر دو یا چند پروانه پشت سرهم روی یک محور سوار شده باشد، پمپ چند مرحله ای نامیده میشود. ورودی پمپ ممکن است از یک سو باشد. به این پمپ یک ورودی (single inlet) میگویند. اگر ورودی پمپ از دو طرف باشد به آن پمپ دو مکشی (double suction inlet) میگویند. اندازه لوله مکش ممکن است به اندازه لوله دهش (discharge) باشد. وقتی قطر لوله ورودی بزرگتر از خروجی باشد در محاسبات فشار کل، (total dynamic head) فشار سرعتی (velocity head) نیز باید در نظر گرفته شود (فصل پنجم).

اکثر پمپهای تاسیسات تهویه مطبوع (HVAC) بطور مستقیم با موتور دور ثابت، کوپله شده اند و حجم آبدهی ثابت دارند. بعضی از پمپها با کوپلینگ مستقیم با موتورهای با دور متغیر (فرکانس متغیر) کار میکنند. تغییر سرعت موتور، سرعت پمپ را تغییر میدهد. تغییر سرعت پمپ آنرا به پمپ با حجم متغیر تبدیل میکند. بعضی ازپمپها بوسیله محرک تسمه ای کار میکنند. این گونه پمپها نیز ممکن است با سرعت و حجم آب ثابت یا با سرعت و حجم آب متغیر باشند.

پمپ چگونه کار میکند

پمپ گریز از مرکز در تاسیسات، ماشینی است که با نیروی برق به کار می افتد و با غلبه بر مقاومت سیستم مقدار معینی آب را به گردش در می آورد. با گردش پروانه، نیروی گریز از مرکز آب را از پروانه به سمت بیرون پرتاب میکند نیروی گریز از مرکز و سایر مشخصه های طراحی، فشار در ورودی پمپ را کاهش میدهند (خلاء ناچیزی ایجاد میشود)، و در این هنگام بوسیله فشار جویا سایر فشارهای خارجی، آب بیشتری وارد پمپ میشود. این امر موجب میشود که فشار در خروجی پمپ بیش از فشار ورودی شود. بعد از وارد شدن آب، بین دهانه مکش (suction opening) و دهانه ورودی پروانه، کاهش فشار بیشتر میشود. کمترین فشار سیستم در دهانه ورودی پمپ است. آب پروانه را با سرعت نسبتاً

زیاد ترک میکند. سپس در بدنه پمپ ، سرعت کاهش یافته و تبدیل به فشار استاتیک میشود. اندازه قطر پروانه و سرعت چرخش آن ، فشار استاتیک خروجی را معین میکند. رابطه ۱-۶ برای یافتن حدود فشار استاتیک پمپ و رابطه ۲-۶ برای یافتن قطر تقریبی پروانه استفاده میشوند.

رابطه ۱-۶ : حدود فشاری (head) که پمپ تولید میکند.

$$h = \left[\frac{d \times rpm}{۱۸۴۰} \right]^{۲}$$

رابطه ۲-۶ : حدود قطر پروانه پمپ

$$d = \frac{۱۸۴۰ \sqrt{h}}{rpm}$$

h = فشار تولید شده بوسیله پمپ (فوت ستون آب)

d = قطر پروانه به اینچ

rpm = سرعت چرخش پروانه، دور در دقیقه

عدد ثابت = ۱۸۴۰

مثال ۱-۶ : قطر پروانه یک پمپ ۱۱ اینچ و سرعت چرخش پمپ ۱۷۵۰ دور در دقیقه است. فشارتقریبی پمپ برابر است با :

$$h = \left[\frac{۱۱ \text{ in} \times ۱۷۵۰}{۱۸۴۰} \right]^{۲} = ۱۰۹ \text{ فوت}$$

چگونه فشار مثبت موثر در مکش بر عملکرد پمپ اثر میگذارد (How Net Positive Suction Head Affects Performance)

از جمله عواملی که اثر زیادی بر عملکرد پمپ دارد کمبود « فشار مثبت در مکش » است که در این صورت پمپ نمی تواند به راحتی کار کند فشار مثبت در مکش (NPSH)، حداقل فشار لازم در ورودی پمپ است که، به منظور رعایت عوامل زیر، در طراحی و نصب پمپ باید تامین شود. لزوم این فشار مثبت به علل زیر است :

- افت فشار داخلی پمپ
- افت فشار اصطکاکی و دینامیکی لوله کشی و اجزای آن
- فشار بخار (vapar pressure) آب یا سایر مایعات (در دمای سیال)
- ارتفاع محل نصب منبع تغذیه
- ارتفاع (از سطح دریا) سیستم تاسیسات

فشار مثبت در مکش به دو جزء لازم (Required) و موجود (Available) تقسیم میشود. فشار مثبت لازم در مکش (NPSHR) یکی از مشخصه های طراحی پمپ و فشار مطلق واقعی است که باید در ورودی باشد تا بتواند با غلبه

بر اتلاف فشار داخلی اجازه دهد که پمپ به راحتی کار کند. این فشار برای هر ظرفیت یک پمپ معین عدد ثابتی است. فشار مثبت لازم در مکش (NPSHR) ناشی از سرعت جریان و اصطکاک در ورودی پمپ می باشد. این عدد بطور مستقیم با ظرفیت و سرعت پمپ تغییر میکند ولی به ارتفاع از سطح دریا و دمای سیال ربطی ندارد. فشار مثبت لازم در مکش روی منحنی کارکرد پمپ و در کاتالوگ آن توسط سازنده داده میشود.

منحنی پمپ معمولاً ارقام "NPSHR" پمپ را برای هر ظرفیت و هر قطر پروانه به دست میدهد. فشار مثبت موجود در مکش (NPSHA) جزء مشخصه های سیستم لوله کشی است. این فشار به ارتفاع محل نصب مخزن تغذیه نسبت به پمپ، افت فشار اصطکاکی در لوله، فشار بخار آب (جدول ۱-۶) و فشار سیستم تغذیه بستگی دارد.

فشار مثبت موجود در مکش (NPSHA) در ورودی پمپ باید حداقل ۲ فوت بیشتر از فشار مثبت لازم در مکش "NPSHR" باشد. فشار مثبت موجود، با ظرفیت پمپ و سرعت آن نسبت معکوس دارد(بعلت زیاد شدن افت فشار اصطکاکی در لوله ورودی).

برای محاسبه فشار مثبت موجود در مکش از رابطه ۳-۶ استفاده کنید.

جدول مشخصات آب

دما (درجه فارنهایت)	چگالی (پوندبرفوت مکعب)	وزن (پوندبرگالن)	فشار بخار، (فوت ستون آب)	چگالی نسبی
۵۰	۶۲/۳۸	۸/۳۴	۰/۴۱	۱/۰۰۲
۶۰	۶۲/۳۵	۸/۳۳	۰/۵۹	۱/۰۰۱
۷۰	۶۲/۲۷	۸/۳۲	۰/۸۴	۱/۰۰۰
۸۰	۶۲/۱۹	۸/۳۱	۱/۱۷	۰/۹۹۸
۹۰	۶۱/۱۱	۸/۳۰	۱/۶۲	۰/۹۹۷
۱۰۰	۶۲/۰۰	۸/۲۹	۲/۲۰	۰/۹۹۵
۱۱۰	۶۱/۸۴	۸/۲۷	۲/۹۶	۰/۹۹۳
۱۲۰	۶۱/۷۳	۸/۲۵	۳/۹۵	۰/۹۹۰
۱۳۰	۶۱/۵۴	۸/۲۳	۵/۲۰	۰/۹۸۸
۱۴۰	۶۱/۴۰	۸/۲۱	۶/۷۸	۰/۹۸۵
۱۵۰	۶۱/۲۰	۸/۱۸	۸/۷۴	۰/۹۸۲
۱۶۰	۶۱/۰۱	۸/۱۶	۱۱/۲۰	۰/۹۷۹
۱۷۰	۶۰/۰۰	۸/۱۲	۱۴/۲۰	۰/۹۷۵
۱۸۰	۶۰/۵۷	۸/۱۰	۱۷/۸۵	۰/۹۷۲
۱۹۰	۶۰/۳۵	۸/۰۷	۲۲/۳۰	۰/۹۶۸
۲۰۰	۶۰/۱۳	۸/۰۴	۲۷/۶۰	۰/۹۶۵
۲۱۰	۵۹/۸۸	۸/۰۰	۳۴/۰۰	۰/۹۶۱

رابطه ۳-۶ : فشار مثبت موجود در مکش

$$NPSHA = P \pm H_S + VH - VP_A$$

NPSHA = فشار مثبت موجود در مکش به فوت

P = فشارجو درمحل نصب پمپ ، فوت

H_S = فشار در مکش (فشار یا خلاء) که نسبت به مرکز پروانه پمپ تصحیح شده باشد به فوت

اگر H_S بیش از فشار جو باشد اضافه میشود، اگر پایین تر باشد تفریق میگردد.

VH = فشار سرعتی آب در محل اندازه گیری H_S ، فوت

VP_A = فشار بخار مطلق در دمای سیال ، فوت

مثال ۲-۶ : فشار مکش یک پمپ تاسیسات گرمایی که در سطح دریا قرار دارد، ۱۴ پوند بر اینچ مربع میباشد. سرعت آب ۴ فوت در ثانیه و دمای آب ۱۸۰ درجه فارنهایت است. فشار مثبت موجود در مکش برابر است با

$$NPSHA = P \pm H_S + VP - VH_A$$

$$NPSHA = ۳۳/۹ + ۳۲/۳۴ + ۰/۲۵ - ۱۷/۸۵ = ۴۸/۶ \text{ فوت}$$

P = ۳۳/۹ (فشار جو در سطح دریا)

H_S = ۳۲/۳۴ (۱۴ psig x ۲/۳۱ ft/psi)

HV= ۰/۲۵ (از جداول فشار سرعتی یا استفاده از رابطه زیر)

$$HV = \frac{V^2}{2g} = \frac{4^2}{2 \times ۳۲/۲} = ۰/۲۵$$

VP_A = ۱۷/۸۵ (از جدول ۱-۶)

توان آب (Water Horsepower)

توان آب (whp) توان تئوریکی است که برای کار کردن پمپ مورد نیاز است (رابطه ۴-۶)، راندمان صد در صد فرض میشود.

رابطه ۴-۶ : توان آب

$$whp = \frac{gpm \times h \times SG}{۳۹۶۰}$$

whp = توان آب

gpm = گالن در دقیقه

h = فشار (ارتفاع) که پمپ باید داشته باشد، فوت ستون آب

چگالی نسبی برای آب در دمای یخ زدن (صفر درجه سانتیگراد، ۳۲ درجه فارنهایت) تا جوشیدن (۱۰۰ درجه سانتیگراد، ۲۱۲ درجه فارنهایت) چگالی نسبی ۱ فرض میشود = SG

۸/۳۳ lb/gal : ۳۳۰۰۰ ft-lb/min ، عدد ثابت = ۳۹۶۰

اما چون پمپها با راندمان صد در صد کار نمیکنند، توان واقعی که برای کار پمپ لازم است توان حقیقی (bhp) میباشد. رابطه ۵-۶ برای محاسبه توان حقیقی به کار میرود. اگر راندمان پمپ معلوم نیست، برای محاسبه توان حقیقی از عدد ۰/۷۰ استفاده کنید.

رابطه ۶-۵ : توان آب

$$bhp = \frac{gpm \times TDH}{۳۹۶۰ \times eff_p}$$

bhp = توان حقیقی به اسب بخار (brake horse power)

TDH = فشار دینامیکی کل (total dynamic head)که پمپ باید ایجاد کند،فوت ستون آب

۳۹۶۰ = عدد ثابت

eff_p = راندمان پمپ ، به درصد

مثال ۳-۶ : راندمان یک پمپ ۸۳ درصد، جریان آب ۱۶۰۰ گالن دردقیقه و فشار دینامیکی کل ۲۸۰ فوت است. توان حقیقی برابر است با :

$$bhp = \frac{۱۶۰۰ \times ۲۸۰}{۳۹۶۰ \times ۰/۸۳} = ۱۳۶$$

چگونه میتوان راندمان پمپ را معین کرد

راندمان، نسبت انرژی مفید خروجی (out put) به توان داده شده (in put) میباشد. راندمان پمپ میتواند بوسیله رابطه ۶-۶ بدست آید.

رابطه ۶-۶ : راندمان پمپ

$$eff_p = \frac{gpm \times TDH}{۳۹۶۰ \times bhp}$$

چگونه با استفاده از قوانین پمپ عملکرد آن را پیش بینی کنیم

عملکرد پمپ را میتوان با قوانین آن پیش بینی نمود. قوانین پمپ عوامل زیر را پیش بینی می کند:

- حجم آبدهی به گالن در دقیقه = (gpm)
- فشار دینامـــــــــیکی کل = (TDH)
- توان حقیقی (bhp) در سرعتهای مختلف = (rpm)
- قطر پروانه = (d)

اگر بخواهیم به زبان ساده بیان کنیم ، قوانین پمپ بشرح زیر است :

۱ :

الف - حجم آبدهی (gpm) با تغییرات سرعت پمپ (rpm) نسبت مستقیم دارد.

ب - حجم آبدهی (gpm) با تغییرات قطر پروانه (p) نسبت مستقیم دارد.

$$\frac{gpm_{۲}}{gpm_{۱}} = \frac{rpm_{۲}}{rpm_{۱}}$$

$$\frac{gpm_{۲}}{gpm_{۱}} = \frac{d_{۲}}{d_{۱}}$$

۲ :

الف - فشار (برای اکثر محاسبات فشار دینامیکی کل منظور است) با تغییرات مجذور سرعت نسبت مستقیم دارد.

ب - فشار دینامیکی کل با تغییرات مجذور قطر پروانه نسبت مستقیم دارد.

ج - فشار دینامیکی کل با تغییرات مجذور حجم آبدهی نسبت مستقیم دارد.

$$\frac{TDH_{۲}}{TDH_{۱}} = \left[\frac{rpm_{۲}}{rpm_{۱}}\right]^{۲}$$

$$\frac{TDH_{۲}}{TDH_{۱}} = \left[\frac{d_{۲}}{d_{۱}}\right]^{۲}$$

$$\frac{TDH_{۲}}{TDH_{۱}} = \left[\frac{gpm_{۲}}{gpm_{۱}}\right]^{۲}$$

۳ :

الف - تغییرات توان حقیقی با توان سوم سرعت پمپ نسبت مستقیم دارد.

ب - تغییرات توان حقیقی با توان سوم قطر پروانه نسبت مستقیم دارد.

ج - توان حقیقی با توان سوم حجم آبدهی نسبت مستقیم دارد.

د - توان حقیقی با جذر توان سوم فشار دینامیکی کل نسبت مستقیم دارد.

هـ - توان حقیقی با فشار دینامیکی کل به توان ۱/۵ نسبت مستقیم دارد.

$$\frac{bhp_{۲}}{bhp_{۱}} = \left[\frac{rpm_{۲}}{rpm_{۱}}\right]^{۳}$$

$$\frac{bhp_{۲}}{bhp_{۱}} = \left[\frac{d_{۲}}{d_{۱}}\right]^{۳}$$

$$\frac{bhp_2}{bhp_1} = \left[\frac{gpm_2}{gpm_1}\right]^3$$

$$\frac{bhp_2}{bhp_1} = \sqrt{\left[\frac{TDH_2}{TDH_1}\right]^3}$$

حجم آبدهی اولیه $= gpm_1$

حجم آبدهی ثانویه $= gpm_2$

سرعت اولیه پمپ $= rpm_1$

سرعت ثانویه پمپ $= rpm_2$

قطر اولیه پروانه $= d_1$

قطرثانویه پروانه $= d_2$

فشار دینامیکی کل اولیه $= TDH_1$

فشاردینامیکی کل ثانویه $= TDH_2$

توان حقیقی اولیه $= bhp_1$

توان حقیقی ثانویه $= bhp_2$

مثال ۴-۶ : یک پمپ با سرعت ۱۱۵۰ دور در دقیقه، آبدهی ۴۰۰ گالن در دقیقه در فشار ۱۰۰ فوت و توان حقیقی ۱۴ اسب بخار در حال کار است. قطر پروانه ۱۵ اینچ است با تراش پروانه حجم آبدهی به ۳۴۰ گالن در دقیقه کاهش داده میشود. قطر پروانه جدید، فشار دینامیکی کل و توان حقیقی را محاسبه کنید.

$$\frac{gpm_2}{gpm_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$d_2 = d_1 \times \frac{gpm_2}{gpm_1} = ۱۵ \times \frac{۳۴۰}{۴۰۰} = ۱۲/۷۵ \text{ اینچ}$$

$$TDH_2 = TDH_1 \times \left[\frac{gpm_2}{gpm_1}\right]^2$$

$$TDH_2 = ۱۰۰ \times \left[\frac{۳۴۰}{۴۰۰}\right]^2 = ۷۲/۲۵ \text{ فوت}$$

$$bhp_2 = bhp_1 \times \left[\frac{gpm_2}{gpm_1}\right]^3$$

$$bhp_{۲} = ۱۴ \times \left[\frac{۳۴۰}{۴۰۰}\right]^{۳} = ۸/۶ \text{ اسب بخار}$$

مثال ۵-۶ : یک پمپ با قدرت ۴۰ اسب بخار در حال کار است. قطر پروانه ۱۰ اینچ است. برای اینکه توان حقیقی به ۳۵ اسب بخار کاهش یابد قطر پروانه چقدر باید باشد.

$$d_{۲} = d_{۱} \times \sqrt[۳]{\frac{bhp_{۲}}{bhp_{۱}}}$$

$$d_{۲} = ۱۰ \times \sqrt[۳]{\frac{۳۵}{۴۰}} = ۹/۵۶ \text{ اینچ}$$

مثال ۶-۶ : یک پمپ با سرعت متغیر در ۱۷۵۰ دور در دقیقه ، ۷۰۰ گالن در دقیقه آبدهی دارد. سرعت اندازه گیری شده ۱۲۰۰ دور است. آبدهی را حساب کنید.

$$gpm_{۲} = gpm_{۱} \times \frac{rpm_{۲}}{rpm_{۱}}$$

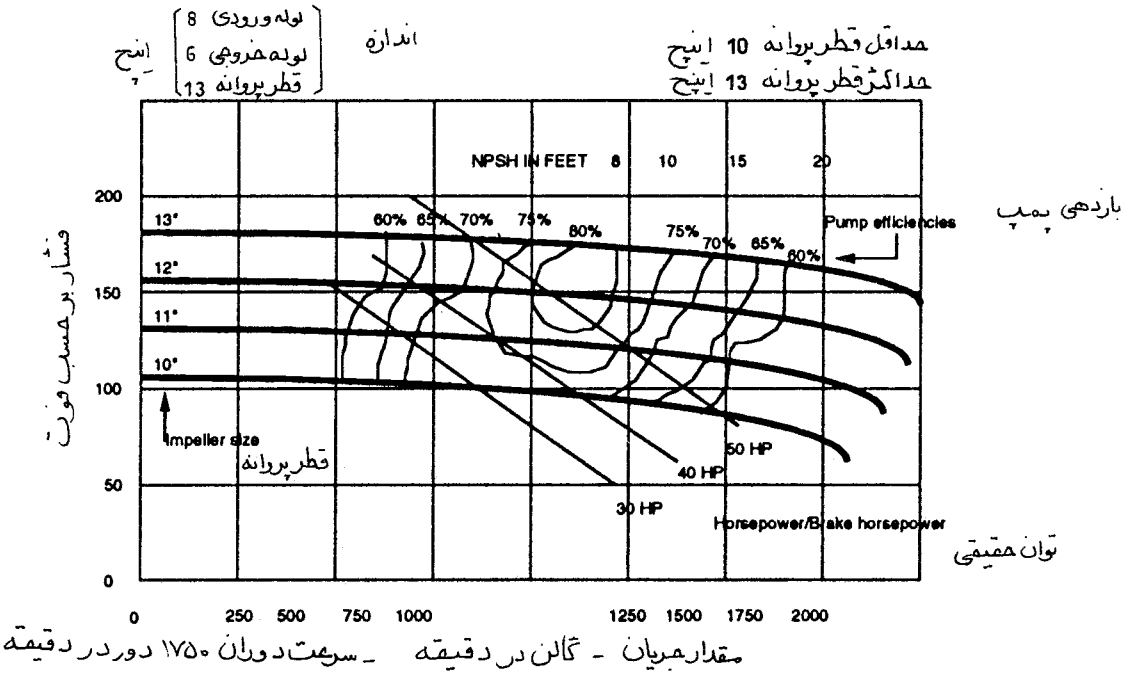
$$gpm_{۲} = ۷۰۰ \times \frac{۱۲۰۰}{۱۷۵۰} = ۴۸۰$$

منحنی پمپ

منحنی پمپ (شکل ۱-۶) که بوسیله سازنده ترسیم شده، نمایانگر عملکرد یک پمپ مشخص است. منحنیها برای سرعت ثابت رسم شده اند. اکثر منحنی ها پارامترهای زیر را نشان میدهند:

- فشار (فشار دینامیکی کل، فوت ستون آب)
- مقدار جریان آب (گالن در دقیقه)
- راندمان پمپ (درصد)
- توان حقیقی یا توان به اسب بخار
- اندازه ورودی و خروجی پمپ (اینچ)
- سرعت ، (دور در دقیقه)
- حداکثر و حداقل انداره قطر پروانه (اینچ)
- فشار مثبت لازم در مکش، فوت ستون آب

فشار روی محور قائم مختصات (محور Y) و حجم آبدهی روی محور افقی مختصات (محور X) نشان داده میشود. راندمان پمپ بوسیله منحنی های نسبتاً قائم نمایش داده میشود. خطوط اسب بخار تعیین شده یا توان حقیقی از بالا سمت چپ به سمت راست پایین منحنیها کشیده میشود. فشار مثبت لازم در مکش در بالا و به سمت راست است. در بالای منحنی ، اندازه ورودی و خروجی (در این مثال ۸ اینچ ورودی و ۶ اینچ خروجی)، حداکثر و حداقل قطر پروانه، و سرعت موتور یا پمپ نوشته میشود. (توجه کنید که در پمپهای با کوپلینگ مستقیم که سرعت پمپ و موتور یکسان است برای هر اندازه قطر پروانه منحنی جداگانه ای ترسیم میشود). برای پمپهای مورد استفاده در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع (HVAC)، فشار به فوت ستون آب و مقدار آبدهی به گالن در دقیقه (شکل ۱-۶) نشان داده میشود. این منحنیها در حقیقت کارکرد پمپ را بطور کلی، بدون اثر دما یا چگالی سیال، نمایش میدهند. اما گاه برای پمپها منحنیهایی نیز ارائـــه میشود که برای سیال معین، آب با دمای معین یا چگالی معینی رسم شده اند. فشار و آبدهی در این منحنی ها معمولاً « پوند بر اینچ مربع و گالن در دقیقه » یا « پوند بر اینچ مربع و پوند در ساعت» است .



شکل ۱-۶ منحنی های پمپ

چگونه از منحنی سیستم استفاده کنیم

در یک سیستم لوله کشی ثابت، فشار (فشار دینامیکی کل TDH) با مجذور جریان تغییر میکند. یک منحنی سیستم، ترسیم تغییرات فشار نسبت به تغییرات جریان است. از منحنی سیستم برای تحلیل عمل پمپ استفاده میشود و نقاطی که در لوله کشی مشکلات مربوط به افت فشار اصطکاکی و دینامیکی دارند مشخص میگردند. برای ترسیم منحنی سیستم، مقدار آبدهی و فشار دینامیکی کل را در محل اندازه بگیرید. این نقطه را که نقطه کار پمپ نام دارد روی منحنی پمپ مشخص کنید. سایر نقاط لازم برای ترسیم منحنی از قوانین پمپ بدست می آید (فشار دینامیکی کل با مجذور جریان تغییر میکند).

مثال ۶-۷ : در شکل ۶-۲ ، پمپ با ۱۰۰۰ گالن در دقیقه و فشار دینامیکی کل ۱۰۰ فوت کار میکند. نقطه A، B، C به ترتیب ،۵۰۰ ۷۵۰ و ۱۲۵۰ گالن در دقیقه است.

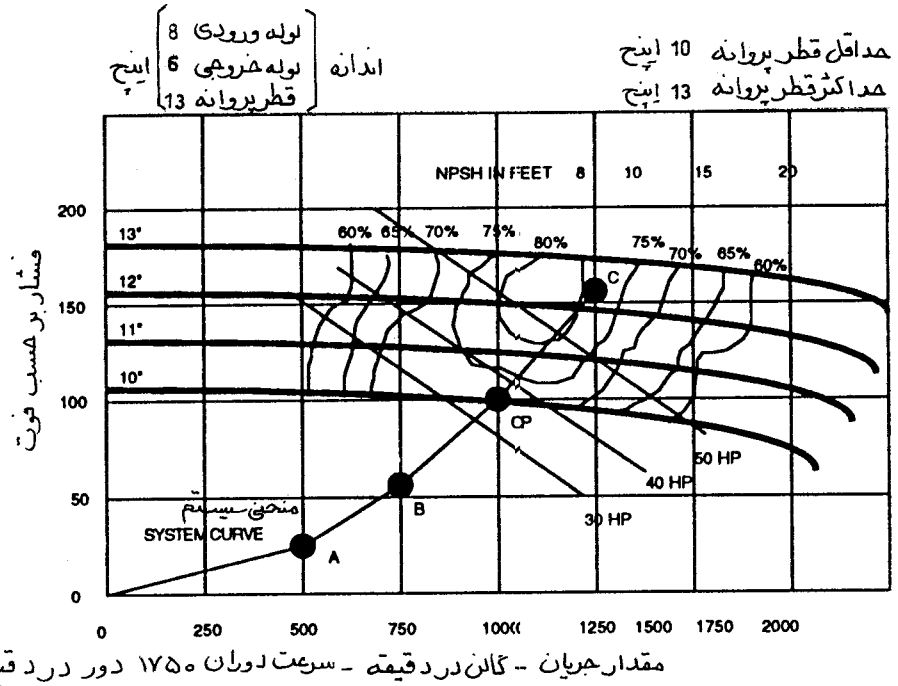
برای رسم منحنی سیستم از رابطه زیر استفاده میکنیم:

$$\frac{TDH_{۲}}{TDH_{۱}} = \left[\frac{gpm_{۲}}{gpm_{۱}}\right]^{۲}$$

نقطه A $TDH_{۲} = ۱۰۰ \times \left[\frac{۵۰۰}{۱۰۰۰}\right]^{۲} = ۲۵$ فوت

نقطه B $TDH_{۲} = ۱۰۰ \times \left[\frac{۷۵۰}{۱۰۰۰}\right]^{۲} = ۵۶$ فوت

نقطه C $TDH_{۲} = ۱۰۰ \times \left[\frac{۱۲۵۰}{۱۰۰۰}\right]^{۲} = ۱۵۶$ فوت



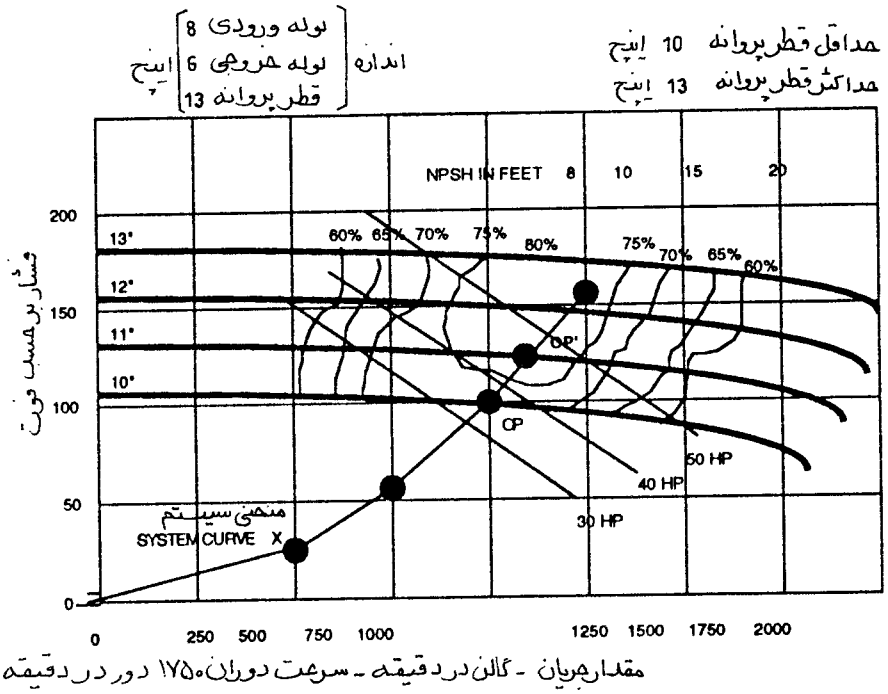
شکل ۲-۶ منحنی سیستم

منحنی سیستم، فشار لازم برای غلبه بر افت فشار اصطکاکی و دینامیکی (Friction and Dynamic) در آبدهی های مختلف را نشان میدهد. یک سیستم توزیع آب فقط در طول منحنی سیستم مخصوص به خود کار میکند. اگر هیچ تغییری در مقاومت سیستم (باز و بسته کردن شیر، تغییر شرایط کار کویلها و غیره) پیش نیاید، کم و زیاد شدن مقاومت سیستم فقط در اثر تغییرات جریان خواهد بود. این تغییرات مقاومت روی منحنی سیستم قرار دارد. اما اگر شیرها کمی بسته شوند یا کویل و لوله ها رسوب بگیرند، این منحنی سیستم کاربرد ندارد و یک منحنی سیستم دیگر براساس نقطه کار (operating point) جدید باید رسم شود.

چگونه نقطه کار سیستم و پمپ را محاسبه کنیم

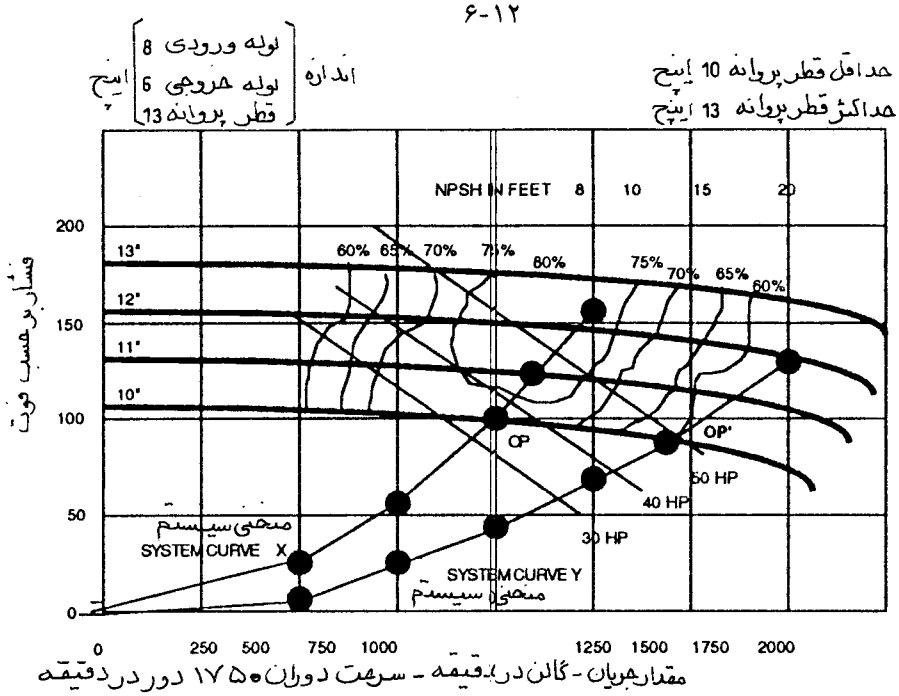
همانطور که گفته شد، نقطه کار پمپ نقطه تلاقی منحنی سیستم و منحنی عملکرد پمپ است. اثر هر تغییری را که در پمپ یا سیستم توزیع آب بوجود آید، میتوان بوسیله منحنی و قوانین پمپ پیش بینی و ترسیم نمود. برای یک پمپ، کاهش مقاومت سیستم به معنی افزایش آبدهی و افزایش مقاومت سیستم به معنای کاهش مقدار آبدهی است. برای منحنی سیستم، مقاومت سیستم با مجذور آبدهی کاهش یا افزایش می یابد. اگر فشار دینامیکی کل در حال کار بیش از فشار دینامیکی کل در طراحی باشد، مقدار آبدهی، توان و فشار مثبت لازم در مکش پمپ کمتر از مقدار طراحی خواهد بود. از طرف دیگر، اگر فشار کار کمتر از فشار طراحی باشد، مقدار آبدهی، توان و فشار مثبت لازم در مکش بیش از مقدار طراحی است. برای افزایش یا کاهش مقدار آبدهی، یا باید شیری را باز و بسته کنیم یا قطر پروانه (یا سرعت) پمپ را تغییر دهیم. هر تغییری در قطر پروانه، سرعت چرخش، یا شبکه توزیع سیستم، با استفاده از قوانین پمپ، منحنی عملکرد پمپ و منحنی سیستم قابل محاسبه و ترسیم است.

مثال ۶-۸ : برای افزایش دبی ، قطر پروانه پمپی را افزایش داده ایم. نقطه کار پمپ برای منحنی ۱۰ اینچ در سیستم لوله کشی روی شکل ۶-۳ نشان داده شده است. پروانه ای با قطر جدید ۱۱ اینچی نصب میکنیم. پمپ اکنون روی منحنی ۱۱ اینچ کار میکند. چون سیستم لوله کشی تغییر نکرده است، منحنی سیستم ثابت باقی میماند. حالا پمپ در نقطه کار جدید (OP') با آبدهی و فشار بیشتر کار میکند.



شکل ۶-۳ منحنی سیستم

مثال ۶-۹ : حجم آبدهی در سیستم با کاهش فشار از طریق باز کردن شیری افزایش داده میشود. اکنون پمپ در یک نقطه کار با آبدهی بیشتر و ارتفاع کمتر (OP') کار میکند. یک منحنی سیستم جدید (منحنی سیستم Y، شکل ۶-۴) از نقطه کار جدید روی منحنی ۱۰ اینچ رسم میشود.



شکل ۴-۶

مثال ۱۰-۶ : منحنی شماره ۱ برای یک پمپ گریز از مرکز است. پمپ با موتور مستقیم کوپله شده و سرعت آن ۱۷۵۰ دور در دقیقه است. حداقل قطر پروانه ۱۱ و حداکثر ۱۵ اینچ است. افزایش قطر از ۱۱ تا ۱۵ با رشد $\frac{1}{8}$ اینچ ، قطر خروجی پمپ ۵ و قطر ورودی ۶ اینچ است.

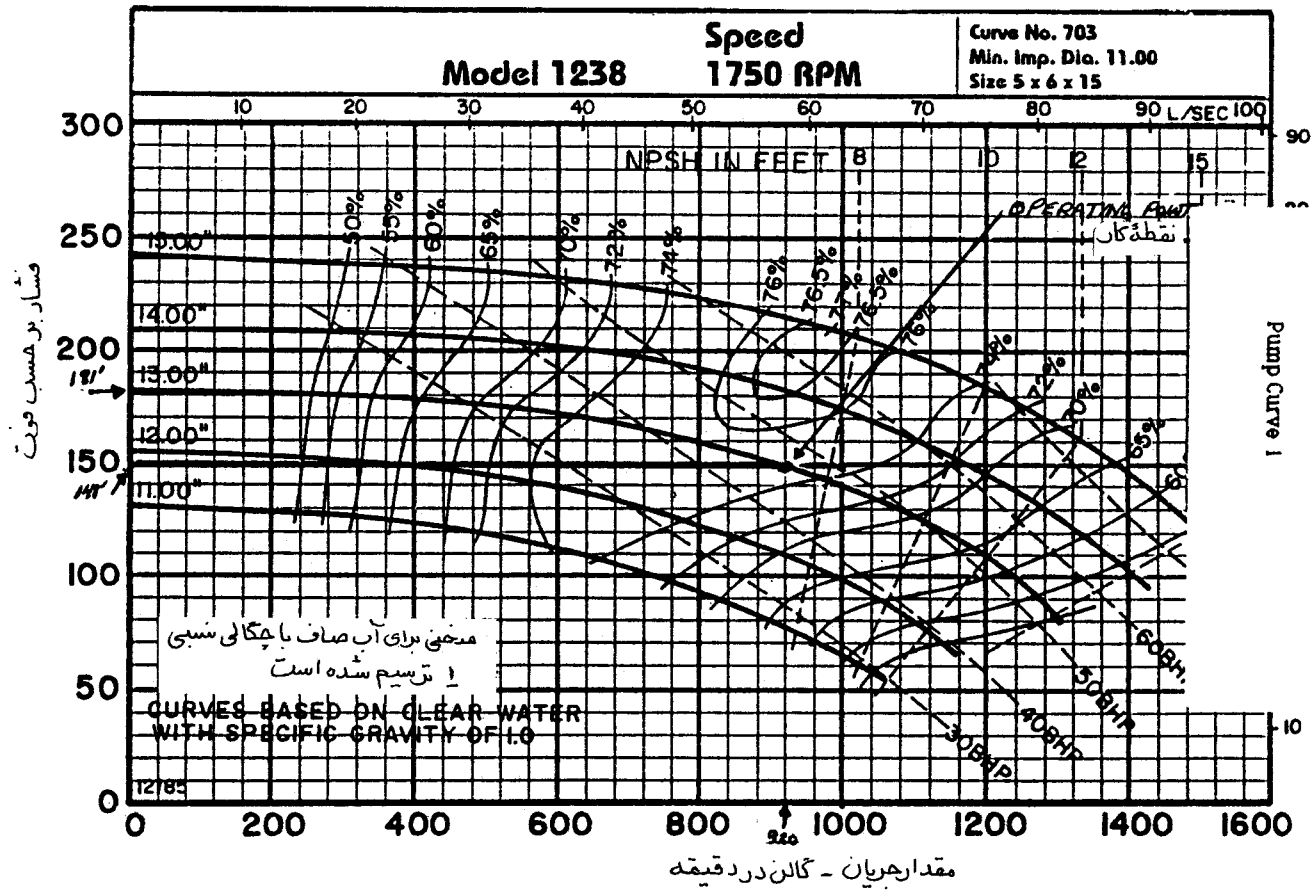
● منحنی شماره ۱ پمپ : قطر پروانه را معین کنید. فشارسنج آزمایش را نصب کنید، پمپ را خاموش کنید، شیر خروجی را ببندید، پمپ را روشن کنید و عوامل زیر را اندازه بگیرید:

- فشار خروجی ۹۸/۵ پوند بر اینچ مربع
- فشار مکش ۲۰ پوند بر اینچ مربع
- افزایش فشار پمپ ۷۸/۵ پوند بر اینچ مربع
- افزایش فشار پمپ ۱۸۱ فوت ستون آب
- اندازه پروانه به قطر ۱۳ اینچ گواهی میشود.

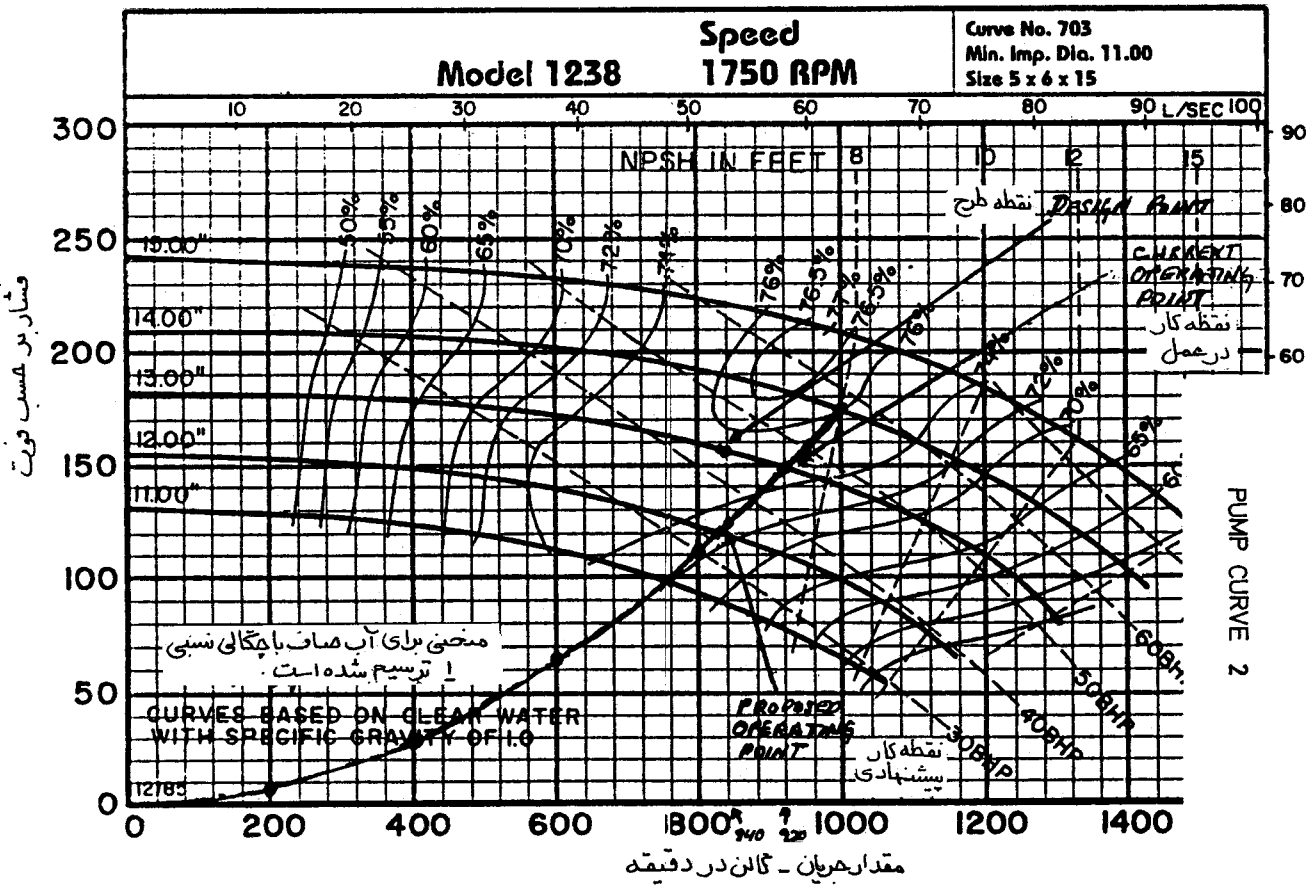
منحنی شماره ۱ پمپ : نقطه کار را تعیین کنید. فشارسنج آزمایش را دست نزنید، پمپ را خاموش کنید، شیر خروجی را باز کنید، پمپ را روشن کرده و اندازه گیریهای زیر را انجام دهید:

- فشار خروجی ۸۴ پوند بر اینچ مربع
- فشار مکش ۲۰ پوند بر اینچ مربع
- افزایش فشار پمپ ۶۴ پوند بر اینچ مربع
- افزایش فشار دینامیکی کل در پمپ ۱۴۸ فوت ستون آب

- راندمان پمپ ۷۵ درصد است
- از منحنی پمپ یا محاسبات، توان حقیقی ۴۵/۸ اسب بخار به دست می آید.



منحنی شماره ۱ پمپ



منحنی شماره ۲ پمپ

● منحنی شماره ۲ پمپ : منحنی سیستم را بکشید. نقاط انتخابی دلخواه عبارتند از : ۱۲۰۰ ، ۱۰۰۰ ، ۹۲۰ ، ۸۰۰ ، ۶۰۰ ، ۴۰۰ ، ۲۰۰ و صفر گالن در دقیقه.

منحنی شماره ۲ پمپ : فشارها محاسبه و منحنی سیستم کشیده شده است.

$$HD_2 = HD_1 \times \left[\frac{gpm_2}{gpm_1}\right]^2 = ۱۴۸ \times \left[\frac{۱۰۰۰}{۹۲۰}\right]^2 = ۱۷۵ \quad \text{فوت}$$

گالن در دقیقه	فشار
۱۰۰۰	۱۷۵
۹۲۰	۱۴۸
۸۴۰	۱۲۳
۸۰۰	۱۱۲
۶۰۰	۶۳
۴۰۰	۲۸
۲۰۰	۷
۰	۰

منحنی شماره ۲ پمپ : شرایط نقطه طراحی، ۸۴۰ گالن در دقیقه در ۱۵۶ فوت فشار دینامیکی کل، ۷۵درصد راندمان ۴۴/۱ اسب بخار توان حقیقی و ۱۳ اینچ قطر پروانه است. نقطه کار کنونی ۹۲۰ گالن در دقیقه،۱۴۸ فوت فشار، ۷۵ درصد راندمان، ۴۵/۸ توان حقیقی و ۱۳ اینچ قطر پروانه است.

راه حل شماره ۱ : برای کاهش آبدهی به مقدار طراحی شده، شیر خروجی را ببندید تا ۸ فوت ستون آب مقاومت اضافی ایجاد شود (۱۴۸-۱۵۶). با اضافه کردن این مقاومت پمپ روی منحنی خود به عقب برمیگردد. بستن شیر خروجی تقریباً ۱/۷ اسب بخار صرفه جویی میکند.

راه حل شماره ۲ : قطر پروانه را به $^{7}/_{8}$ ۱۱ اینچ کاهش دهید.*

$$d_{۲} = d_{۱}\left[\frac{gpm_{۲}}{gpm_{۱}}\right]$$

ارتفاع محاسبه شده ۱۲۳ فوت است. توان حقیقی محاسبه شده ۳۴/۹ اسب بخار است. کم کردن قطر پروانه حدود ۱۰/۹ اسب بخار صرفه جویی میکند.

$$HD_{۲} = HD_{۱}\left[\frac{gpm_{۲}}{gpm_{۱}}\right]^{۲}$$

$$BHP_{۲} = BH_{۱}\left[\frac{gpm_{۲}}{gpm_{۱}}\right]^{۳}$$

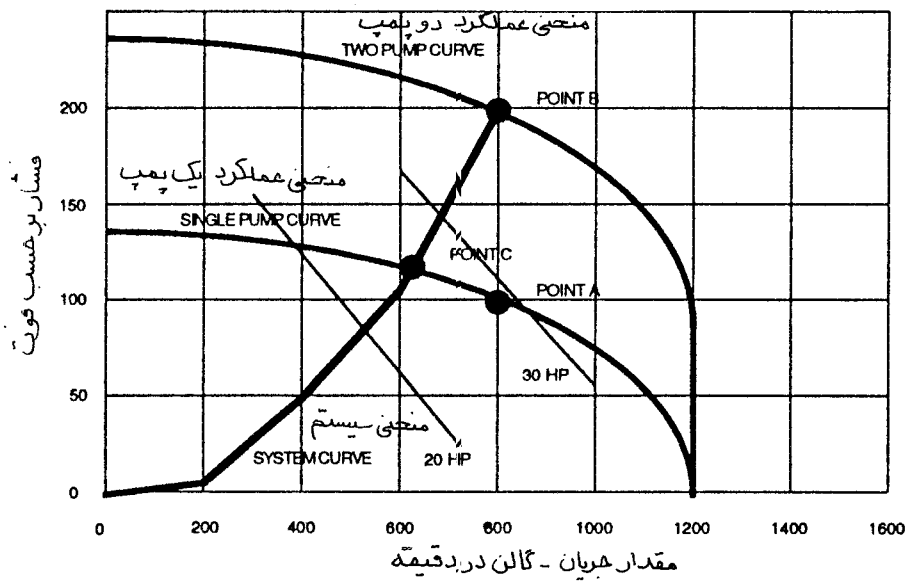
آرایش چندگانه پمپها

پمپها را ممکن است سری و یا موازی نصب کنند. هرگاه سری باشند، جریان ثابت ولی ارتفاع و توان با هم جمع میشوند (شکل ۵-۶). این را با پمپهایی که موازی هستند مقایسه کنید (شکل ۶-۶). در پمپهای موازی، فشار ثابت ولی آبدهی و توان زیاد میشود. بعلاوه هرگاه یکی از پمپهای موازی خاموش شود، پمپهای باقیمانده تقریباً میتواند دبی طراحی را بدهد. آبدهی یک پمپ در حقیقت نسبت به آبدهی آن وقتی هر دو پمپ کار کنند در وضعیت موازی بیشتر است. این از نظر حفاظت پمپ ذخیره یک مزیت محسوب میشود زیرا وظیفه پمپ ذخیره آن است که عمل پمپ کردن را در صورت قطع پمپ در حال کار، ادامه دهد.

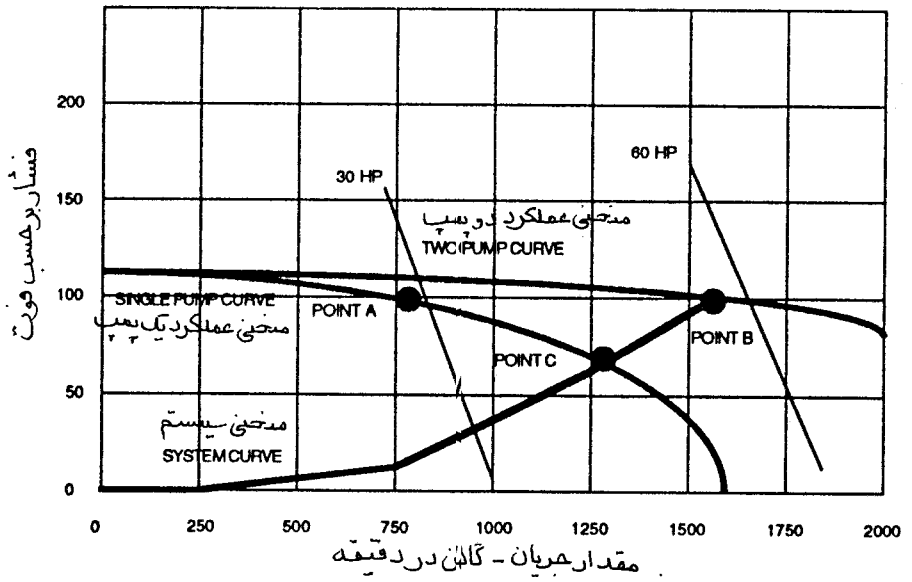
از منحنی پمپ و سیستم برای معین کردن دبی یک پمپ و دبی هر دو پمپ در آرایش موازی یا سری استفاده کنید.

---

* توجه کنید که وقتی در نقطه ۸۴۰ گالن ، ۱۲۳ فوت و ۳۴/۹ اسب بخار فشار و توان را روی منحنی سیستم بکشیم اندازه پروانه $^{1}/_{8}$ ۱۲ اینچ است (نه $^{7}/_{8}$ ۱۱).این بدان علت است که منحنی بین ۱۲ و ۱۳ اینچ قطر پروانه کمی گشاد میشود. هر گاه منحنی پمپ را در دسترس دارید، از طریق آن قطر پروانه را تعیین کنید. این یک دلیل دیگر برای گرفتن منحنی پمپ از سازنده است. اگر منحنی نداشتید آنوقت با استفاده از قوانین پمپ قطر را می یافتید. در این صورت مقدار آبدهی حدود ۸۲۵ در ۱۱۸ فوت و ۳۳/۷ اسب بخار می بود. وقتی از منحنی استفاده میکنید و هزینه برای شما مهم است قطر ۱۲ اینچ یا$^{1}/_{8}$ ۱۲اینچ را انتخاب کنید که مطمئن شوید آبدهی لازم دارید. صرفه جویی توان حقیقی هنوز حدود ۱۰/۹ اسب بخار است.



شکل ۶-۵ وقتی پمپها به طور سری کار کنند



شکل ۶-۶ وقتی پمپها به طور موازی کار کنند

مثال ۱۱-۶ : دو پمپ که هر یک به تنهایی ۸۰۰ گالن را در ۱۰۰ فوت و ۲۹ اسب به جریان می اندازند اگر سری بسته شوند ۸۰۰ گالن، ۲۰۰ فوت و ۵۸ اسب میدهند (شکل ۵-۶) و اگر موازی بسته شوند ۱۶۰۰ گالن، ۱۰۰ فوت و ۵۸ اسب میدهند (شکل ۶-۶).

مثال ۱۲-۶ (شکل ۵-۶) : نقطه کار هر یک از پمپها به تنهایی روی منحنی پمپ (نقطه A، ۸۰۰ گالن، ۱۰۰ فوت و ۲۹ اسب) است و پمپها سری بسته شده و همگی در حال کارند. نقطه کار طراحی دو پمپ در آرایش سری نقطه B است که ۸۰۰ گالن ، ۲۰۰ فوت و ۵۸ اسب است. اگر فقط یک پمپ کار کند، نقطه کار به محل تلاقی منحنی یک پمپ و منحنی سیستم نقل مکان میکند (نقطه C، ۶۲۵ گالن ، ۱۲۲ فوت و ۲۷/۵ اسب). توجه کنید که فشار افزایش یافته (۱۲۲ به ۱۰۰) ولی آبدهی و توان کاهش پیدا کرده اند (۸۰۰ به ۶۲۵ و ۲۹ به ۲۷/۵) . موتور هر یک از پمپها برای حداکثر توان (اسب بخار) باید انتخاب شوند. در آرایش سری وقتی هر دو پمپ کار میکنند این نیاز دیده میشود.

مثال ۱۳-۶ (شکل ۶-۶) : نقطه کار یک پمپ به تنهایی روی منحنی پمپ (نقطه A، ۸۰۰ گالن، ۱۰۰ فوت و ۲۹ اسب) قراردارد و با پمپ دیگری موازی بسته شده است و هر دو در حال کار میباشند. نقطه کار پمپهای موازی در نقطه B و ۱۶۰۰ گالن ، ۱۰۰ فوت و ۵۸ اسب است. اگر فقط یک پمپ کار کند، نقطه کار به محل تلاقی منحنی یک پمپ و منحنی سیستم یعنی نقطه C، ۱۳۰۰ گالن ، ۶۶ فوت و ۳۱ اسب) نقل مکان میکند. توجه کنید که فشار کاهش یافته (۱۰۰ به ۶۶) ولی آبدهی و توان افزایش یافته است (۸۰۰ به ۱۳۰۰ و ۲۹ به ۳۱) . هر یک از موتورها باید برای حداکثر توان انتخاب شوند. در آرایش موازی وقتی یک پمپ به تنهایی کار میکند این نیاز دیده میشود.

فصل هفتم . اجزای تشکیل دهنده سیستم توزیع آب (Water Distribution Components)

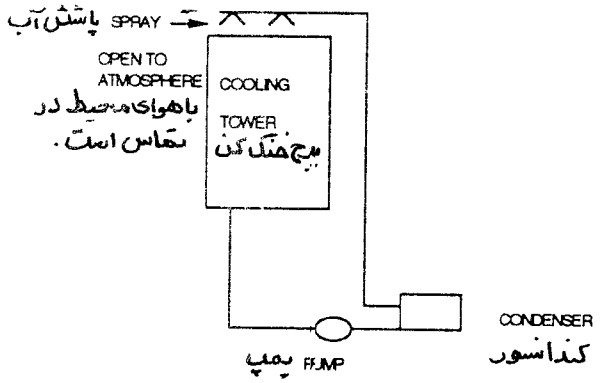
سیستم توزیع آب در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع معمولاً شامل اجزای زیر است :

- سیستم لوله کشی
- صافی آب
- کنترل جریان آب
- اندازه گیرهای جریان
- محلهای اندازه گیری دما
- محلهای اندازه گیری فشار
- محلهای بالانس کردن (Balancing Station)
- اجزای کنترل فشار
- اجزای کنترل هوا
- مبدلهای گرمایی
- کویلهای سرمایی و گرمایی
- پمپهای گریز از مرکز (فصل ششم)
- واحدهای تبادل گرما (شامل دیگها که در فصل نهم و چیلرها که در فصل دهم و یازدهم توضیح داده میشود)

سیستمهای لوله کشی

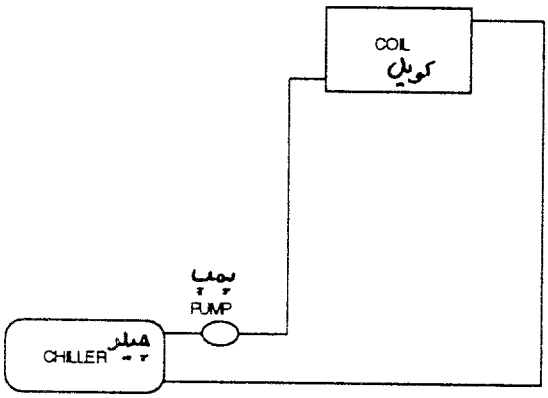
سیستم باز و سیستم بسته

لوله کشی باز به سیستمی گفته میشود که مدار آن در یک نقطه باز باشد و آب با هوای آزاد در تماس قرار گیرد. برای مثال سیستم لوله کشی کندانسورهای آبی و برج خنک کن را میتوان نام برد.(شکل ۱-۷)



شکل ۱-۷ سیستم باز

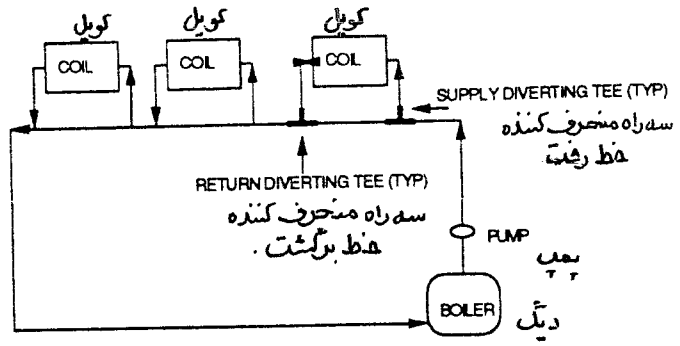
لوله کشی بسته به سیستمی گفته میشود که مدار آب کاملاً بسته باشد و در هیچ نقطه با هوای آزاد در تماس نباشد، مانند سیستم آب سردکننده که در شکل ۲-۷ نشان داده شده است.



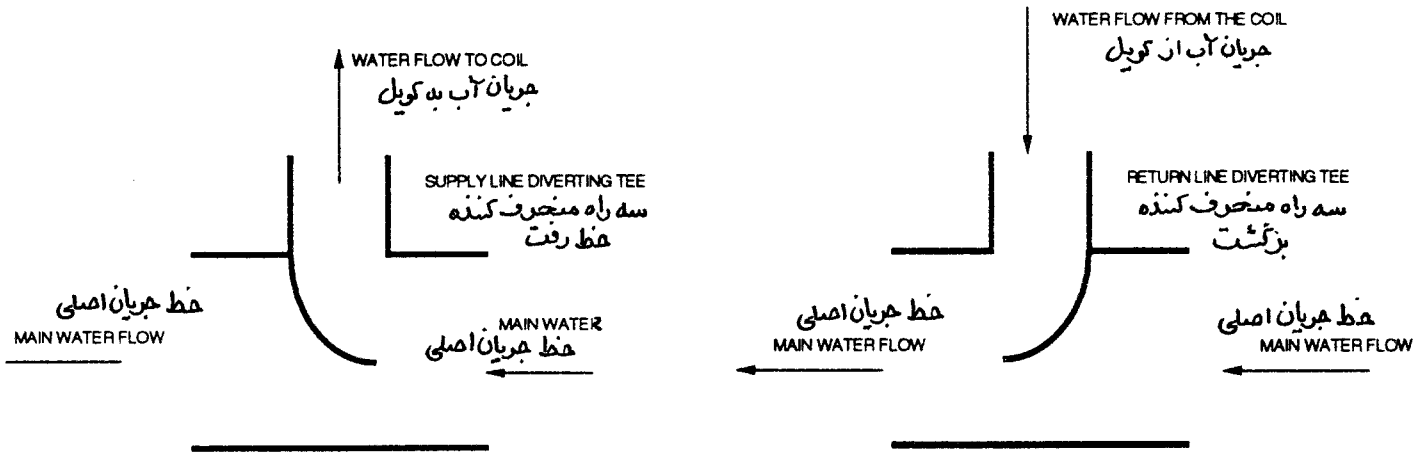
شکل ۲-۷ سیستم بسته

سیستم یک لوله ای

ازسیستم یک لوله ای درمنازل مسکونی وساختمانهای تجاری کوچک وصنعتی استفاده میشود.سیستم یک لوله ای شکل ۳-۷ از یک مدار اصلی توزیع کننده حلقوی تشکیل شده است. هریک از پایانه ها(terminal) با لوله رفت و برگشت به لوله اصلی متصل است. یک سه راه منحرف کننده(diverting tee) (شکل ۴-۷) در خط رفت یا برگشت و یا بعضی مواقع روی هر دو نصب میشود. سه راه منحرف کننده برای ایجاد افت فشار در لوله اصلی نصب میشود تا مقدار آب مناسب به هر یک از پایانه ها برسد. اگر این سه راه نصب نشود و از سه راه معمولی استفاده شود، آب گرایش دارد که در لوله اصلی به حرکت مستقیم خود ادامه دهد و به طرف پایانه (کویل) منحرف نشود زیرا افت فشار پایانه بیش از افت فشار خط اصلی است. اگر این اتفاق بیفتد به اصطلاح میگویند پایانه « گرسنهstarved» مانده است.



شکل ۳-۷ سیستم یک لوله ای

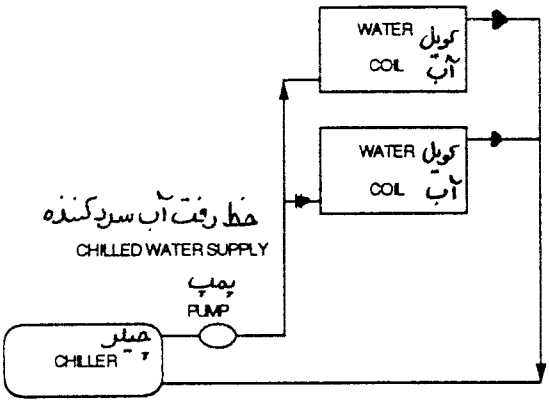


شکل ۴-۷ سه راه منحرف کننده

با استفاده از شیرهای کنترل و شیرهای قطع و وصل روی انشعابها، میتوانید لوله اصلی را بطور مجزاء کنترل و سرویس کنید. اگر سیستم، پایانه های زیادی با شیرکنترل داشته باشد، ممکن است دورترین پایانه از دیگ، آب را با دمای کافی دریافت نکند. برای سیستمهای بزرگ و گسترده گردش آب (hydronic) از سیستم دو لوله ای استفاده کنید تا مطمئن شوید که دمای آخرین پایانه با دمای دیگ برابر است .

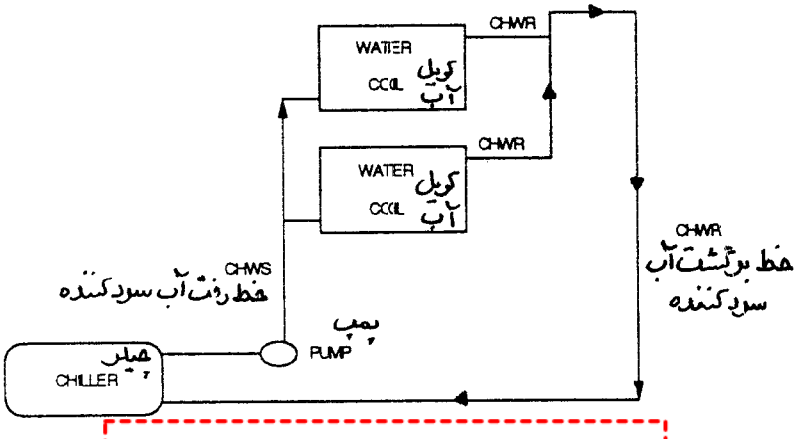
سیستم دو لوله ای با برگشت مستقیم و معکوس
(Two-pipe Direct and Reverse Return systems)

سیستم دو لوله ای، خط رفت و برگشت جداگانه به هر یک از کویلها دارد. شیرهای کنترل خودکار و شیرهای قطع و وصل دستی برای هر یک از کویلها نصب میشود. سیستم دو لوله ای با برگشت مستقیم (شکل ۵-۷) آب برگشتی را از نزدیکترین راه ممکن به پمپ برمیگرداند. در این لوله کشی اولین کویلی که آب رفت دریافت میکند، اولین کویل نیز هست که آب آن به مبدأ برمیگردد. در سیستم لوله کشی با برگشت مستقیم طول لوله اصلی کمترین مقدار را دارد و بنابراین هزینه اولیه آن کمتر است. اگر قرار باشد جریان آب تنظیم شود، در تمام مدار باید شیر تعادل (Balancing Valve) و جریان سنج (Flow Meter) نصب شود.



شکل ۷-۵ سیستم دو لوله ای با برگشت مستقیم

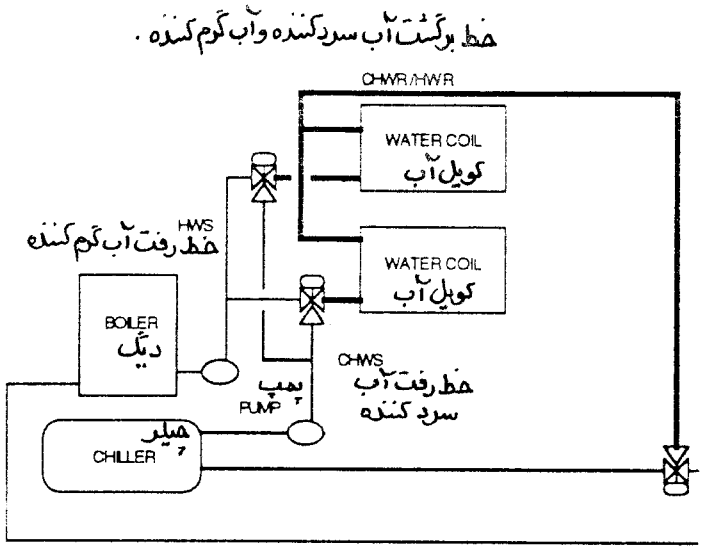
سیستم دو لوله ای با برگشت معکوس (شکل ۷-۶) لوله کشی کویلها طوری است که اولین کویل که آب رفت به آن میرسد، آخرین کویلی خواهد بود که برگشت آن به مبدأ برمیگردد. در این سیستم مقدار لوله کشی بیشتری مورد نیاز است و هزینه اولیه آن بیشتر است. چون مجموع طول لوله رفت و برگشت مدارها یکسان است، بعضاً گمان میشود که این سیستم «خود تنظیم» (self-balancing) است. در حالیکه اینطور نیست و سیستم با لوله کشی برگشت معکوس نیز برای بالانس شدن نیاز به شیر تعادل و جریان سنج دارد.



شکل ۷-۶ سیستم دو لوله ای با برگشت معکوس

سیستم سه لوله ای با برگشت مستقیم و معکوس
(Three-pipe Direct and Reverse Return systems)

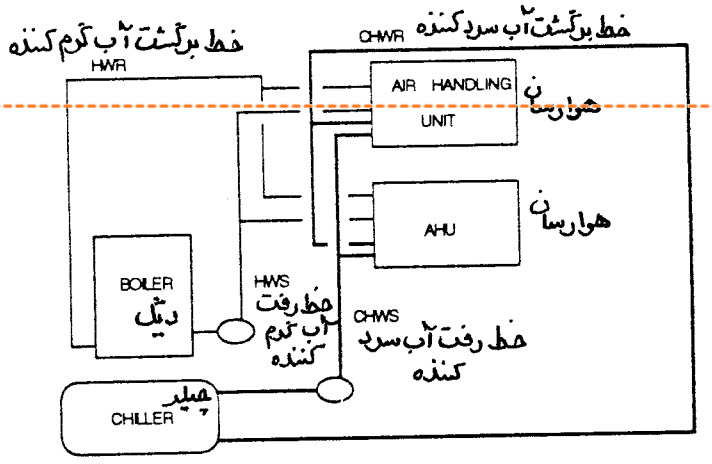
سیستم سه لوله ای (شکل ۷-۷) دو لوله رفت و یک برگشت دارد. یک خط آب سردکننده رفت و دیگری آب گرم کننده رفت است و با هم مخلوط نمیشوند. هر کویل آبی دارای شیر سه راهه است که آب سرد یا آب گرم (ونه هردو) را به کویل هدایت میکند. اما برگشت کویلها مشترک است و این بدان معنی است که ممکن است در بعضی مواقع خط برگشت مخلوطی از آب سرد و گرم باشد که در این صورت انرژی را هدر میدهد زیرا به دیگ آب سردتر و به چیلر آب گرمتر از آنچه در طرح پیش بینی شده میرسد و باید با کار بیشتر آنها دمای رفت طراحی حاصل شود. لوله برگشت کویلها میتواند به شکل مستقیم یا معکوس کشیده شود.



شکل ۷-۷ سیستم سه لوله ای

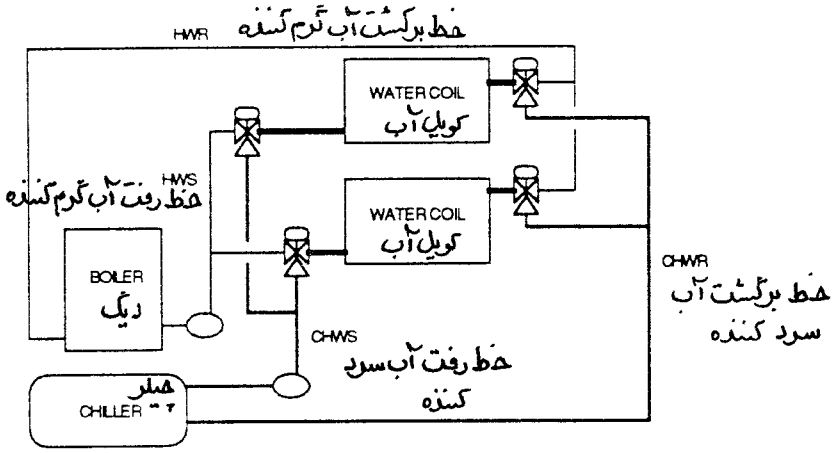
سیستم چهار لوله ای با برگشت مستقیم و معکوس
(Four-pipe Direct and Reverse Return systems)

در سیستم چهار لوله ای در واقع دو سیستم دو لوله ای دارد: یک سیستم دو لوله ای مجزا برای گردش آب سرد کننده ویک سیستم دو لوله ای مجزابرای گردش آب گرم کننده.دستگاه هوارسان(شکل ۸-۷)معمولاً دارای دو کویل جدا ازهم یکی برای آب سردکننده و دیگری برای آب گرم کننده است که این دو مخلوط نمیشوند. هرکویل شیر کنترل خودکار خود را دارد که ممکن است دو راهه یا سه راهه باشد. شیرهای دستی قطع و وصل هم جداگانه برای هر کویل نصب میشود.



شکل ۸-۷ سیستم چهار لوله ای

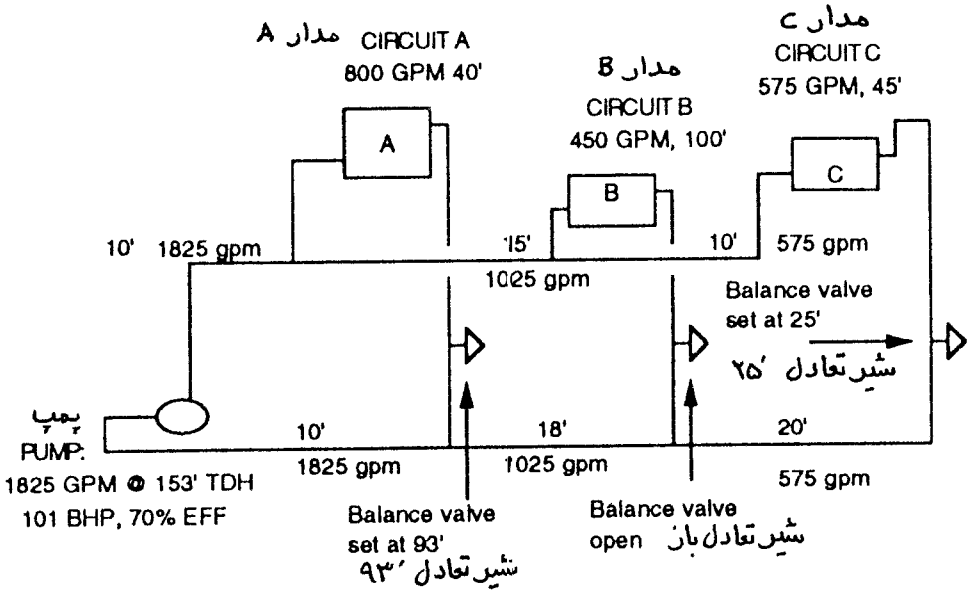
بعضی از دستگاههای هوارسان فقط یک کویل دارند (شکل ۹-۷) و با آب سردکننده یا آب گرم کننده تغذیه میشوند. یک شیر سه راهه در خط رفت کویل نصب میشود. خطوط آب سرد و آب گرم رفت مخلوط نمیشوند. شیر سه راهه یا آب سرد یا آب گرم (ولی نه هر دو) را به کویل هدایت میکند. در خط برگشت از کویل، یک شیر سه راهه دو وضعیتی، آب سردکننده و یا آبگرم کننده را به خط برگشت خود هدایت مینماید. اتصال خط برگشت از کویل میتواند بصورت مستقیم یا معکوس باشد.



شکل ۷-۹ سیستم چهار لوله ای

مدار لوله کشی اولیه - ثانویه (Primary-Secondary Piping Circuits)

در سیستم لوله کشی از نوع اولیه، فقط یک پمپ برای توزیع آب نصب میشود (شکل ۷-۱۰ A) . در سیستمهای از نوع اولیه - ثانویه (شکل ۷-۱۰ B) یک پمپ آب را درمدار حلقوی اولیه و یک پمپ دیگر آب را در مدار حلقوی ثانویه به گردش در می آورند. یک تکه لوله بعنوان قطعه اتصال این دو مدار را به یکدیگر متصل میسازد که ممکن است طول آن حداکثر ۲ فوت باشد. این تکه لوله افت فشار بسیار کمی دارد و بنابراین جدایی و استقلال دو مدار را بهم نمیزند. برای خنثی کردن افت فشار در مدار ثانویه و رساندن آب به کویلها، یک پمپ جداگانه در این مدار نصب میشود. مقدار جریان آب در مدار ثانویه ممکن است کمتر، بیشتر یا مساوی جریان آب در مدار اولیه باشد (شکل ۷-۱۱).

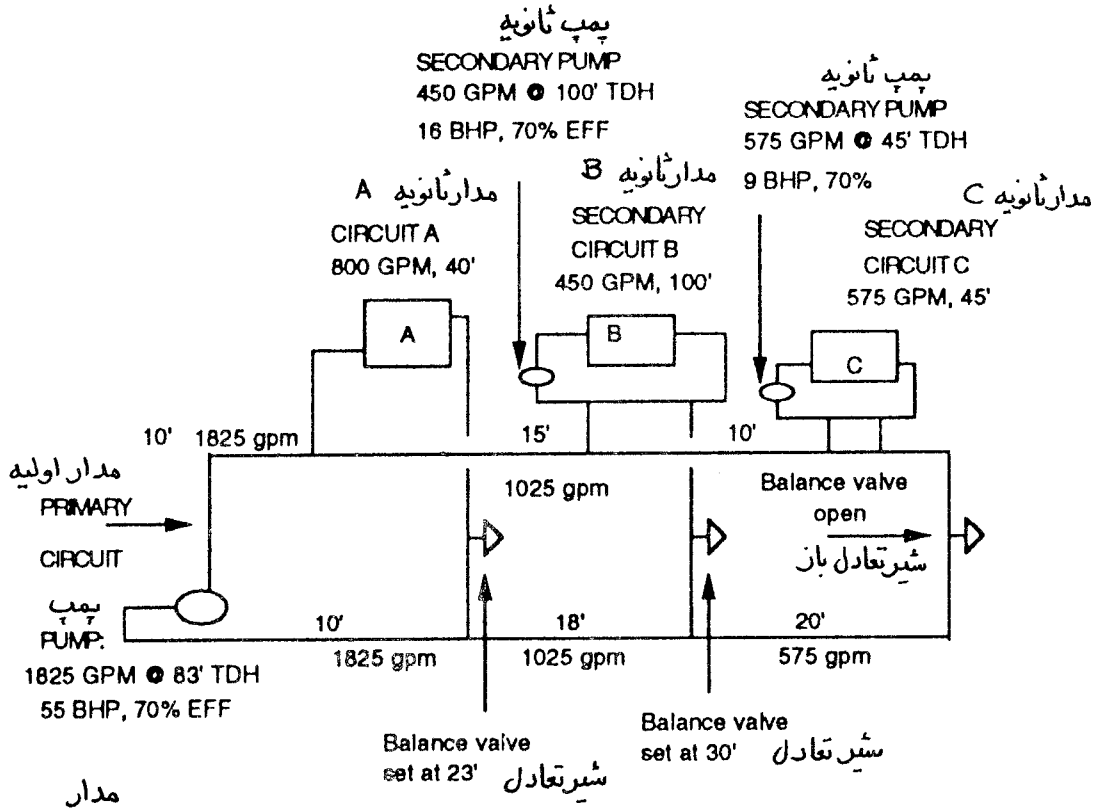


CIRCUIT "A" 10 + 40 + 10 = 60'

CIRCUIT "B" 10 + 15 + 100 + 18 + 10 = 153' (LONGEST RUN)

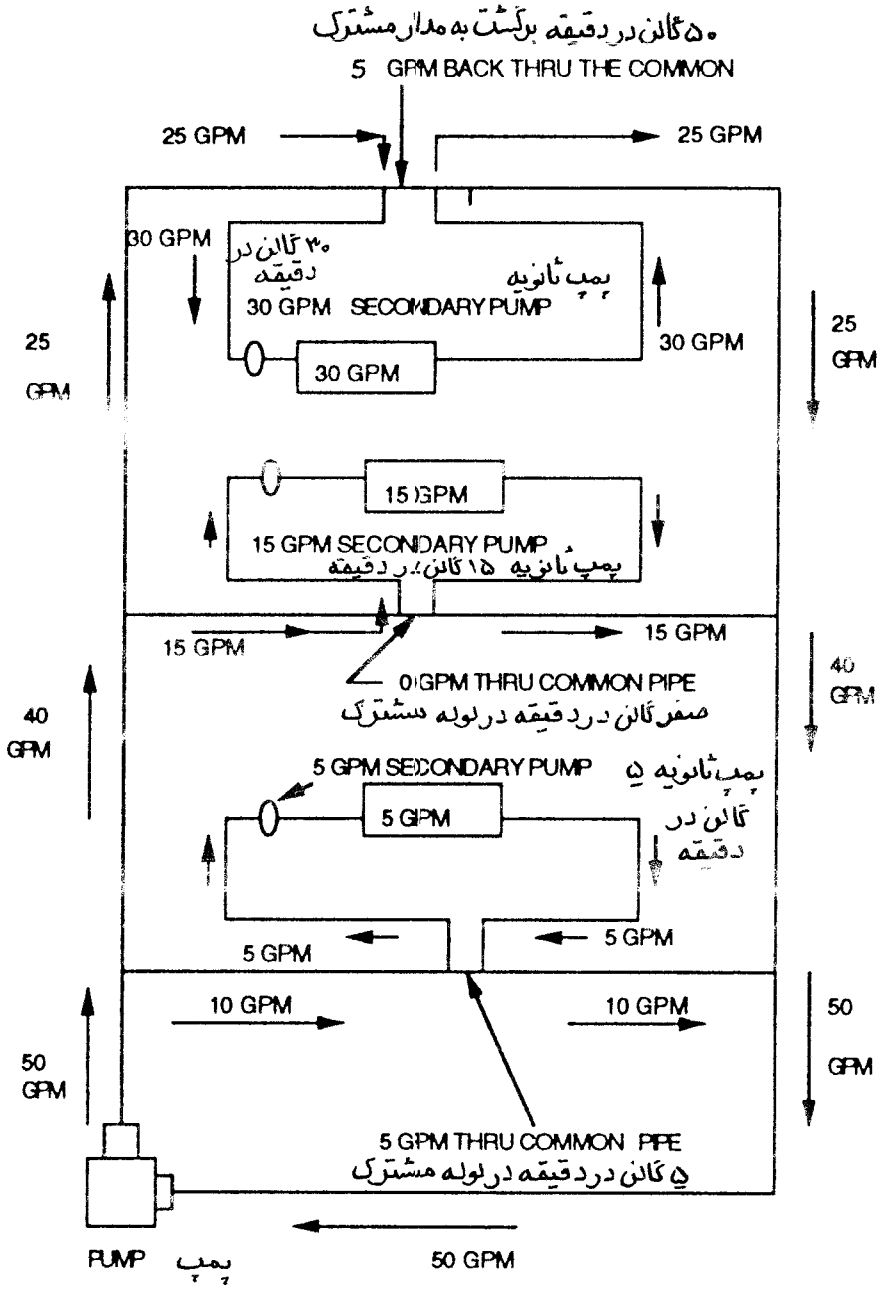
CIRCUIT "C" 10 + 15 + 10 + 45 + 20 + 18 + 10 = 128'

شکل ۷-۱۰ A سیستم دو لوله ای



مدار
CIRCUIT "A" 10 + 40 + 10 = 60'
مدار
CIRCUIT "B" 10 + 15 + 18 + 10 = 53'
مدار
CIRCUIT "C" 10 + 15 + 10 + 20 + 18 + 10 = 83' (LONGEST RUN)

شکل B ۷-۱۰ سیستم اولیه - ثانویه دو لوله ای



شکل ۷-۱۱ سیستم اولیه - ثانویه با لوله اتصال

مثال ۷-۱ : سیستمهای لوله کشی اولیه - ثانویه توان پمپ کردن آب را کاهش داده و با استفاده از شیر تعادل کیفیت کنترل سیستم را افزایش میدهند. در شکل ۷-۱۰ A ، مدار به شکل اولیه - ثانویه بسته نشده است. پمپ با ظرفیت آبدهی ۱۸۲۵ گالن در دقیقه و فشار کل خروجی (TDH) ۱۵۳ فوت کار میکند. برای پمپی که راندمان ۷۰ درصد دارد این به معنی ۱۰۱ اسب بخار توان حقیقی (bhp) است. طولانی ترین مسیر، خط B با افت فشار معادل ۱۵۳ فوت است. اگر این سیستم به شکل اولیه - ثانویه درآید (شکل ۷-۱۰ B)، مدار ثانویه C طولانی ترین مسیر خواهد بود که طول آن ۸۳ فوت است. بنابراین پمپ اولیه هنوز با ۱۸۲۵ گالن در دقیقه کار میکند ولی فشار کل خروجی آن ۸۳ فوت

است و توان حقیقی لازم برای این کار ۵۵ اسب بخار است. پمپ ثانویه مدار B برای به گردش درآوردن ۴۵۰ گالن آب در دقیقه و فشار ۱۰۰ فوت انتخاب میشود و برای مدار C ظرفیت پمپ ۵۷۵ گالن آب در دقیقه و فشار ۴۵ فوت خواهد بود. جمع توان این سه پمپ (۹+۱۶+۵۵) یعنی ۸۰ اسب است و بنا بر این ۲۱ اسب بخار صرفه جویی شده است. اگر سیستم اولیه - ثانویه در سال ۵۰۰۰ ساعت کار کند و برای هر کیلو وات ساعت ۰/۰۸ دلار هزینه داشته باشد، این به معنی ۷۰۰۰ دلار صرفه جویی در سال خواهد بود که بایستی با هزینه بهره برداری قبل از تبدیل نیز مقایسه شود.

صافی آب

صافی (strainer) یک نوع فیلتر آب است. در داخل صافی یک توری آشغالگیر قرار دارد. این توری به شکل غلاف یا سبد است و برای گرفتن ذرات و سایر اجسام خارجی آب نصب میشود. اگر سیستم لوله کشی به شکل «باز» است، توری باید بطور ادواری باز و تمیز شود. اگر این کار صورت نگیرد، افت فشار دو طرف توری زیاد شده و موجب کاهش جریان آب خواهد شد. همچنین اگر اینکار صورت نگیرد، افت فشار بیش از حد نرمال حاصل خواهد شد. از این نوع توریها در زمان نصب تاسیسات استفاده میشود، ولی اگر سیستم بسته است و توری آن دانه ریز است بهتر است در زمان راه اندازی اولیه آن را با توری درشت تر عوض کنید. غیر از صافی پمپها، صافی با توری ریز قبل از شیرهای کنترل و نازل آبپاشها هم به منظور حفاظت آنها نصب میشود.

برای اجتناب از حفره زایی (cavitation) ، صافیهایی که در مکش پمپ قرار میگیرد باید درست انتخاب و همیشه تمیز نگهداشته شود. بعنوان مثال ، شما میتوانید مشکل حفره زایی پمپ کندانسور را با برداشتن صافی یا جابجایی آن به خروجی پمپ حل کنید. از صافی فقط در نقاطی که لازم است اجزای سیستم حفاظت شوند استفاده کنید. بعنوان مثال ، صافی که در تشتک برج خنک کن نصب میشود ممکن است برای گرفتن رسوبات کافی باشد و لزومی برای نصب صافی دیگر در مکش پمپ نباشد.

کنترل جریان آب

جریان آب با استفاده از چند نوع شیر، کنترل میشود:

- شیرهای کنترل دستی و خودکار و شیرهای تعادل دستی برای تنظیم مقدار جریان آب استفاده میشوند.
- شیرهای قطع و وصل برای جداسازی قسمتهایی از سیستم.
- شیرهای یک طرفه برای محدود کردن جهت جریان.

شیرهای کنترل دستی

سه نوع اصلی شیر کنترل دستی معمول است : شیرهای کنترل تعادل و کنترل مقدار جریان، شیرهای تعمیر و نگهداری (قطع و وصل) و شیرهای یکطرفه. هر یک از این شیرها در زیر تعریف میشوند:

شیرهای تعادل کنترل جریان (flow control and balancing valve)

شیرهای توپکی (ball valves) شیرهای توپکی افت فشار کمی دارند و منحنی مشخصه دبی آنها خوب است بطوریکه برای متعادل کردن جریان مدار آب از آنها استفاده میشود.

شیرهای پروانه ای (butterfly valves) شیرهای پروانه ای افت فشار کمی دارند و بعضی اوقات از آنها بعنوان شیر تعادل استفاده میشود. ولی منحنی مشخصه تغییرات جریان آنها بخوبی شیر توپکی یا شیر سماوری نیست.

شیرهای کف فلزی . این شیرها معمولاً در خطوط تغذیه آب (make-up) استفاده میشوند. گرچه از این شیرها برای تنظیم جریان هم استفاده میشود ولی افت فشار بسیار بالایی دارند و بنا براین نباید برای تنظیم و متعادل کردن جریان استفاده شوند.

شیرهای ترکیبی (combination valves) این شیرها بنام شیرهای چند منظوره و یا سه منظوره هم خوانده میشوند. این شیرها جریان را تنظیم و جهت آنرا محدود میکنند. اینها به شکل مستقیم یا گوشه ای عرضه میشوند و در ساخت آنها از یک شیر یکطرفه و یک شیر تعادل کالیبره شده و یک شیر قطع و وصل، مجموعاً در یک بدنه، استفاده شده است. این شیرها برای جلوگیری از برگشت جریان بطرف پمپ ، موقع خاموش شدن پمپ، عمل میکند و در مواقع تعمیر و نگهداری نیز عمل قطع و وصل را انجام میدهند. شیرهای ترکیبی بوشن لازم برای نصب فشارسنج را هم دارند که از آن برای اندازه گیری افت فشار استفاده میشود. یک منحنی نمودار نحوه کالیبره کردن شیر نیز با آنها فروخته میشود که به کمک آن افت فشار به گالن در دقیقه تبدیل میشود. این شیرها معمولاً حافظه قطع نیز دارند.

شیرهای سماوری (plug valves) از این شیرها هم برای تنظیم جریان و هم برای قطع و وصل جریان استفاده میشود. این شیرها افت فشار کم و مشخصه جریان بسیار خوبی دارند. بعضی از آنها حافظه قطع قابل تنظیم دارند. حافظه قطع این شیرها در حین بالانس نهایی تنظیم میشود. اگر شیر به علتی بسته شود میتوان آن را با استفاده از حافظه به تنظیم اولیه برگرداند.

شیرهای تعادل کالیبره شده (calibrated balancing valves) این شیرها در واقع شیر سماوری هستند که برای اندازه گیری فشار در ورودی و خروجی، بوشن نصب فشار سنج دارند. این شیرها توسط سازنده و برحسب افت فشار نسبت به تغییرات جریان کالیبره شده اند. یک صفحه درجه بندی شده مقدار بازبودن شیر را نشان میدهد. نمودار تغییرات افت فشار نسبت به جریان (گالن بر دقیقه) در این شیرها توسط سازنده ارائه میشود (به فصل ۵ مراجعه کنید).

شیرهای تعمیر و نگهداری

شیرهای کشویی برای سرویس و نگهداری دستگاهها، شیرهای کشویی نصب میشود تا با بستن آن دستگاه بطور کامل از مدار اصلی جدا شود. شیرهای کشویی باید کاملاً باز یا کاملاً بسته باشند و فقط در این وضعیتها میتوان از آنها در کنترل جریان نیز استفاده نمود. گرچه شیرهای کشویی افت فشار کمی دارند ولی نمیتوان از آنها برای تنظیم مقدار جریان (throttling) استفاده نمود. ساختمان داخلی شیر طوری است که اگر دریچه (plug) آن کمی باز بماند، سرعت زیاد آب باعث سایش (erosion) دیسک و نشیمن و در نتیجه نشت شیر در زمانی که کاملاً بسته است میشود.

شیرهای یکطرفه

این شیرها در خروجی پمپ و برای جلوگیری از جریان معکوس (backflow) نصب میشود. شیرهای یکطرفه اجازه میدهند که آب فقط در یک جهت جریان یابد. طرز کار این شیرها بدین ترتیب است که اگر جریان در جهت درست باشد، فشار آب دریچه آن را بالا برده و شیر را باز میکند. دریچه شیر بر اثر نیروی ثقل (شیرهای یکطرفه لولایی) و یا عمل فنر (شیرهای یک طرفه سوپاپی با فنر) در صورتی بسته میشود که جریان آب قطع شود و یا اینکه فشار آب در جهت عکس به آنها وارد شود.

شیرهای کنترل خودکار (automatic control valves)

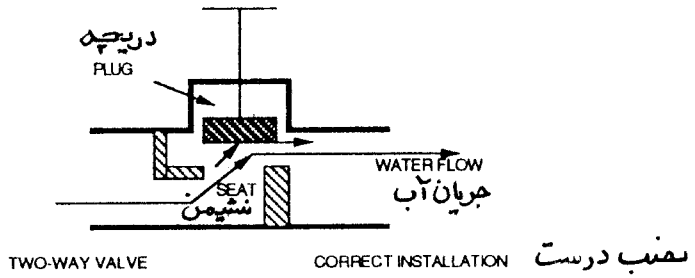
شیرهای کنترل خودکار برحسب نوع ساخت و نحوه کنترل رده بندی میشوند:

- ساخت
  - شیر دو راهه - یک یا دو نشیمنگاهی (single-seated / double-seated)
  - شیر سه راهه - شیر مخلوط کننده (mixing) با یک نشیمن یا شیر منحرف کننده (diverting) با دو نشیمن
- کنترل
  - تدریجی (modulating)
  - دو وضعیتی

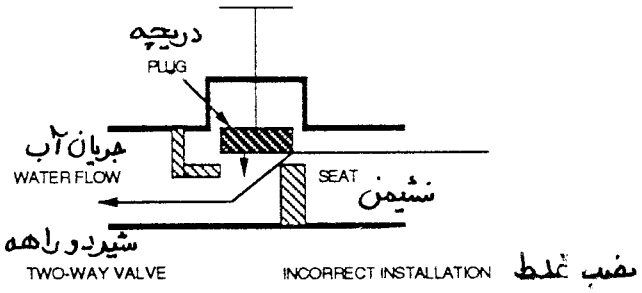
شیرهای دو راهه

شیرهای دو راهه برای تنظیم جریان آب استفاده میشوند که تبادل گرما در یک پایانه (terminal) آبی را کنترل مینماید. در صورتیکه تبادل گرما لازم نباشد این شیرها می بندند و اگر لازم باشد باز میشوند. استفاده از شیر کنترل دو راهه یک نشیمنی در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع بسیار متداول است. شیر دو راهه دو نشیمنی هنگامی کاربرد دارد که اختلاف فشار زیاد باشد و آببندی کامل لازم نباشد. جریان آب در شیرهای دو نشیمنی تمایل دارد که دهانه (port) اول را ببندد و دهانه دوم را باز کند. این طرح موجب میشود که نیروها تعادل یابند و زمانیکه شیر در حال بستن است ضربه قوچ بوجود نیاید حتی اگر اختلاف فشار فاحشی در دو طرف شیر وجود داشته باشد.

شیرها باید طوری نصب شوند که جهت جریان مخالف بستن دریچه شیر باشد. فشار آب تمایل دارد که به دریچه شیر در جهت باز شدن آن نیرو وارد کند (شکل ۱۲-۷). اگر شیر خلاف آن نصب شود ممکن است بطور پیاپی باز و بسته شود. این عمل که لقی (chattering) خوانده میشود باعث میشود که دریچه شیر (که در جهت نادرست نصب شده) بین حالت باز و بسته و حتی کاملاً بسته رفت و آمد کند (شکل ۱۳-۷). سرعت عبور آب در اطراف دریچه بسیار زیاد میشود زیرا سطح عبور کاهش یافته است. این سرعت زیاد (و فشار سینتیک منتج از آن) بر نیروی فنر فائق آمده و باعث بسته شدن دریچه میگردد. وقتی دریچه بسته شد، جریان قطع میشود و بالطبع سرعت و فشار سینتیک نیز صفر میشوند. در این لحظه ، نیروی فنر دریچه را دوباره باز میکند، وقتی دریچه باز شد ، سیکل تکرار میشود و میگویند شیر لق (chattered) شده است.



شکل ۱۲-۷

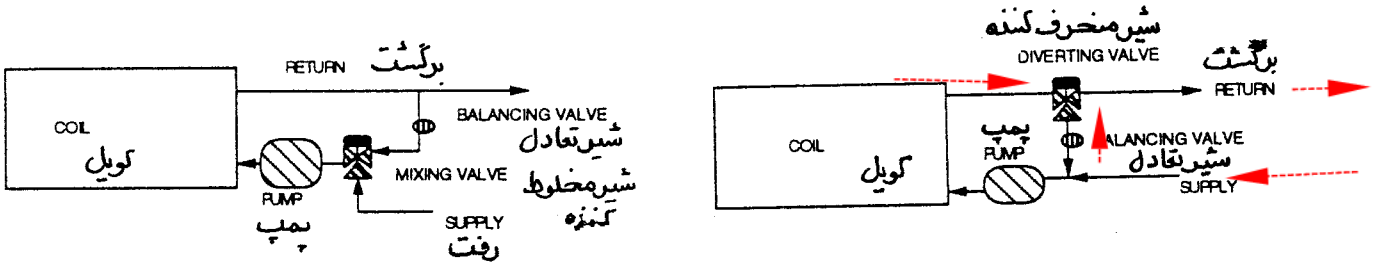


شکل ۱۳-۷

شیرهای سه راهه

شیرهای سه راهه ممکن است یک نشیمنی (مخلوط کننده) یا دو نشیمنی (منحرف کننده diverting) باشند. شیرهای مخلوط کننده یک نشیمنی بیشتر متداول است. یک شیر مخلوط کن دو ورودی و یک خروجی دارد. شیرهای منحرف کننده (diverting valves) یک ورودی و دو خروجی دارند. واژه «مخلوط کننده» یا «منحرف کننده» نشان دهنده کاربرد شیر نیست بلکه به ساختمان داخلی شیر اشاره دارد. انتخاب یکی از این دو برای یک کاربرد مشخص بستگی به این دارد که شیر چگونه نصب میشود تا دریچه (plug) آن بر ضد جریان بنشیند. تعویض این دو در یک سیستم (یا نصب غیر درست هر کدام از آنها) باعث لقی (chattering) میشود. هر یک از این شیرها را میتوان برای کنترل جریان (کاربرد کنارگذری، شکل ۷-۱۴) و یا کنترل دما (کاربرد مخلوط کنندگی، شکل ۷-۱۵) استفاده نمود که بستگی به محل نصب خواهد داشت.

شکل ۷-۱۴



شکل ۷-۱۵

نوع دیگر شیر تدریجی، سه راهه است که در خط رفت آب به کویل در سیستمهای سه لوله ای استفاده میشود. این شیر دو ورودی و یک خروجی دارد. به یک ورودی آب گرم کننده و دیگری آب سرد کننده میرسد. شیر مقدار آب گرم کننده یا آب سرد کننده را تغییر میدهد ولی آنها را مخلوط نمیکند. بسته به نیاز ترموستات که در فضای مورد نظر نصب شده است شیر اجازه میدهد که یا فقط آب گرم کننده یا فقط آب سرد کننده به کویل برسد.

از همین نوع شیر سه راهه تدریجی در خط رفت سیستمهای چهار لوله ای یک کویل استفاده میشود. خط برگشت نیز شیر سه راهه دارد که فقط دو وضعیتی است. شیر برگشت یک ورودی و دو خروجی دارد. بسته به دمایی که آب در ورودی کویل دارد، آب خروجی یا به مدار آب گرم کننده یا به مدار آب سرد کننده می پیوندد.

جریان سنجها (Flow Meters)

ابزار سنجش مقدار جریان (که در فصل ۵ گفتگو شد) مانند جریان سنج حلقوی (annular flow meters)، جریان سنج صفحه سوراخ دار (orifice plate)، جریان سنج وانتوری (venturi) و جریان سنج شیر تعادلی درجه بندی شده (calibrated) همگی بطور دائم در سیستم نصب میشوند و برای اندازه گیری مقدار جریان پمپها، مبدلهای گرمایی، لوله ها و کویلها استفاده میشوند. این جریان سنج ها باید بدور از اجزایی مانند زانو، تبدیل، شیر و مانند آنها

نصب شود تا جریان قبل از وارد شدن به آنها یکنواخت شده باشد. معمولاً سازندگان طول لوله مستقیم قبل و بعد از جریان سنج را معین میکنند تا یک اندازه گیری دقیق و قابل اعتماد صورت گیرد. طول لوله مستقیم بسته به نوع و اندازه جریان سنج متفاوت است. مشخصات تیپ داده شده معمولاً ۵ تا ۲۵ برابر قطر لوله برای بالادست و ۲ تا ۵ برابر قطر لوله برای پایین دست جریان سنج است.

جریان سنج های حلقوی (annular flow meters)

جریان سنجهای حلقوی چند دهانه حساس دارند که در لوله قرار میگیرد. جاگیری سوراخهای لوله حساس طوری است که سطح مساوی از قطر لوله را تشکیل میدهند. جریان سنج برای این است که سرعت آب را هنگام عبور از دهانه حساس اندازه بگیرد. دهانه های بالا دست فشار زیاد و دهانه پایین دست فشار کم را حس میکنند. اختلاف فشار حاصله بوسیله یک فشارسنج نشان داده میشود سپس با استفاده از نمودار ارائه شده توسط سازنده و افت فشار اندازه گیری شده مقدار جریان آب (گالن در دقیقه) به دست می آید.

جریان سنج های روزنه ای (orifice flow meters)

صفحه روزنه ای (orifice plate) یک بازشوی دایره ای ثابت در لوله است. زمانیکه آب در جریان است افت فشار «دایمی» قابل اندازه گیری وجود دارد. در اثر تغییر ناگهانی سرعت، گرداب و اصطکاک بوجود می آید که باعث افت فشار معینی در دو طرف روزنه میشود که بوسیله فشارسنج آن اندازه گیری میشود. با استفاده از نموداری که مقدار آب برحسب گالن در دقیقه را برای هر افت فشار نشان میدهد، مقدار گذر جریان بدست می آید.

جریان سنج های ونتوری (venturi flow meters)

این جریان سنجها مانند جریان سنجهای روزنه ای عمل میکنند اما شکل وانتوری سرعت را به تدریج کاهش میدهد. افت فشار «دایمی» در این جریان سنجها کمتر از آن چیزی است که بوسیله روزنه ایجاد میشود. در اینجا نیز اختلاف فشار دو طرف بوسیله فشارسنج اندازه گیری میشود و با استفاده از نمودار ارائه شده با وانتوری توسط سازنده میتوان مقدار جریان (گالن در دقیقه) را به دست آورد.

شیرهای تعادلی مدرج (Calibrated Balancing Valves)

با انواع جریان سنجهای گفته شده در بالا همیشه یک شیر تعادل هم لازم است. شیرهای تعادلی مدرج طراحی شده اند که هر دو کار جریان سنج و شیر تعادل را انجام دهند. سازنده شیر آن را برای مقادیر مختلف جریان و افت فشار مدرج مینماید و به شکل نمودار با آن بفروش میرساند. افت فشار بوسیله فشارسنج اندازه گیری میشود.

محلهای اندازه گیری دما

محلهای اندازه گیری دما در نقاط مختلف لوله کشی از جمله در دو طرف چیلرها، کندانسورها، دیگها و کویلها نصب میشود. محلهای اندازه گیری دما که انباری ترمومتر(thermometer well) شهرت دارد، بعضی مواقع روی لوله نصب میشود تا در موقع لزوم بوسیله یک دما سنج و بعنوان آزمایش دمای آب بطور غیر مستقیم اندازه گیری شود. انباری یک مایع (روغن) هادی گرما در خود دارد. گرمای آب از جداره انباری به روغن و از آنجا به دماسنج میرسد. برای اینکه تماس خوبی با آب برقرار شود، معمولاً انباری مایع باید بطول مناسب در لوله پیش رود. انباری دماسنج باید قائم نصب شود و اگر این میسر نباشد باید حداکثر ۴۵ درجه از خط قائم قرار گیرد. اگر زاویه نصب بیش از ۴۵ درجه باشد، انباری خشک میشود و هوا به عنوان عایق عمل نموده و دما به درستی اندازه گیری نمیشود.

محلهای اندازه گیری فشار

انبارهای تست فشار هم میتواند روی لوله کشی از جمله قبل و بعد از چیلرها، کندانسورها، دیگها و کویلها نصب شود. یک میل مدرج (probe) فشار که با دست نگهداشته شده و به یک فشار سنج متصل باشد به داخل انباری وارد میکنند. در بسیاری موارد میتوان از محلهای اندازه گیری یا برای فشار و یا برای دما استفاده کرد.

محلهای بالانس کردن (Balancing Station)

محل تنظیم به نقطه ای گفته میشود که در آنجا جریان آب هم اندازه گیری و هم کنترل میشود. در این نقاط یک وسیله اندازه گیری و یک وسیله کنترل حجم قرار میگیرد. این محلهای بالانس باید طبق توصیه های سازندگان قبل و بعد از خود یک قطعه لوله مستقیم داشته باشند. یک شیر تعادل مدرج یک نوع محل تنظیم و بالانس میتواند تلقی گردد.

اجزای کنترل کننده فشار آب سیستم

شیرهای کنترل فشار

شیر فشار شکن (pressure reducing valve)

شیرهای فشار شکن (شکل ۱۶-۷) روی خط آب تغذیه سیستم نصب میشود. این شیر فشار آب شهر را تا فشار مورد نیاز برای پر کردن سیستم کاهش میدهد. معمولاً نقطه تنظیم این شیرها ۱۲ پوند بر اینچ مربع (۲۸ فوت ستون آب) میباشد که برای یک ساختمان یک یا دو طبقه کافی است. برای ساختمانهای سه طبقه و بیشتر، این شیرها را تنظیم میکنند تا فشار خروجی شیر حداقل ۵ پوند بر اینچ مربع، بیش از فشار بالاترین پایانه (terminal) باشد.

مثال ۲-۷ : پمپ، دیگ و مخزن انبساط برای یک سیستم تاسیسات تهویه مطبوع در طبقه هم کف ساختمانی نصب شده است . فن کویلها در طبقه آخر این ساختمان سه طبقه قرار دارند. ارتفاع نصب کویلها ۳۰ فوت است. شیر فشار شکن باید برای ۱۸ پوند بر اینچ مربع تنظیم شود. (۳۰ فوت معادل ۱۳ پوند بر اینچ مربع است + ۵ پوند بر اینچ مربع ضریب اطمینان). برای تغییر تنظیم شیر فشارشکن، سرپوش بالای آن را بردارید، مهره نگهدار را آزاد کنید، و پیچ تنظیم را در جهت عقربه های ساعت بچرخانید تا فشار سیستم افزایش یابد. چرخاندن پیچ در خلاف جهت عقربه های ساعت فشار را کاهش میدهد.

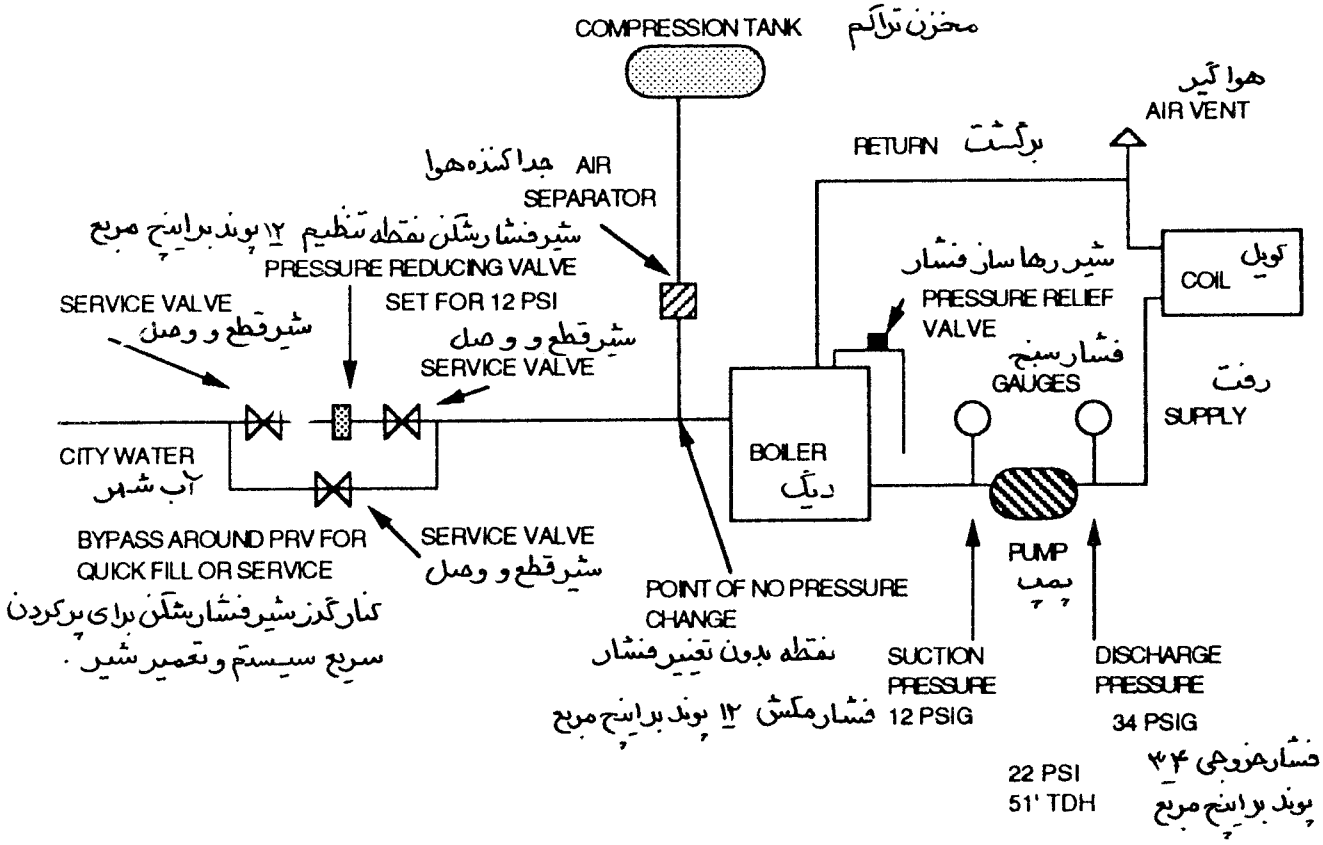
شیر اطمینان فشار (pressure relief valve)

این شیرها(شکل ۱۶-۷) جزء ابزار ایمنی دستگاه و افراد محسوب میشوند که روی دیگها یا دستگاههای دیگر نصب، و معمولاً در کارخانه تنظیم میشوند و در فشار کمتر از حداکثر فشار کار مجاز سیستم باز میکنند.

مخازن کنترل فشار

بعد از اتمام نصب سیستم هیدرونیک، آن را با آب شهر پر میکنند (شکل ۱۶-۷) . شیر فشار شکن تنظیم میشود و سیستم آزمایش میگردد. حالا سیستم برای کار معمول خود آماده است. همانطور که میدانید آب وقتی گرم میشود انبساط می یابد و در موقع سرد شدن منقبض میشود. فرض کنید که دیگ روشن شده است. آب گرم شده و منبسط میشود اگر برای این آب انبساط یافته، جایی در نظر گرفته نشود باعث افزایش فشار سیستم شده و در نهایت باعث ترکیدگی لوله یا سایر دستگاهها خواهد شد. مخازن انبساط برای این طراحی میشوند که از این خطر جلوگیری کنند. این مخازن برای این است که فشار مطلوب سیستم را نگهداری و حفظ کنند ضمن اینکه نوسانات ناشی از انبساط و

انقباض آب را نیز خنثی کرده و فشار سیستم را کنترل می نمایند. مخزن انبساط در سیستمهای باز و مخزن متراکم (compression tank) (شکل ۱۶-۷)، در سیستمهای بسته استفاده میشوند.



شکل ۱۶-۷

مخزن انبساط باز

مخزن انبساط به زبان ساده یک مخزن باز است که در سیستم هیدرونیک باز استفاده شده و امکان انبساط و انقباض آب را فراهم میکند. وقتی دمای آب افزایش می یابد، حجم آب سیستم زیاد شده و سطح آب در مخزن انبساط بالا میرود. مخازن انبساط باز به دلیل تماس با هوا و تبخیر یا جوش آمدن آب مشکل خوردگی دارند. به این دلیل کاربرد این مخازن به سیستمهایی که حداکثر دمای آنها ۱۸۰ درجه فارنهایت (۸۲ درجه سانتیگراد) و کمتر باشد محدود شده است.

مخزن انبساط بسته (compression tank)

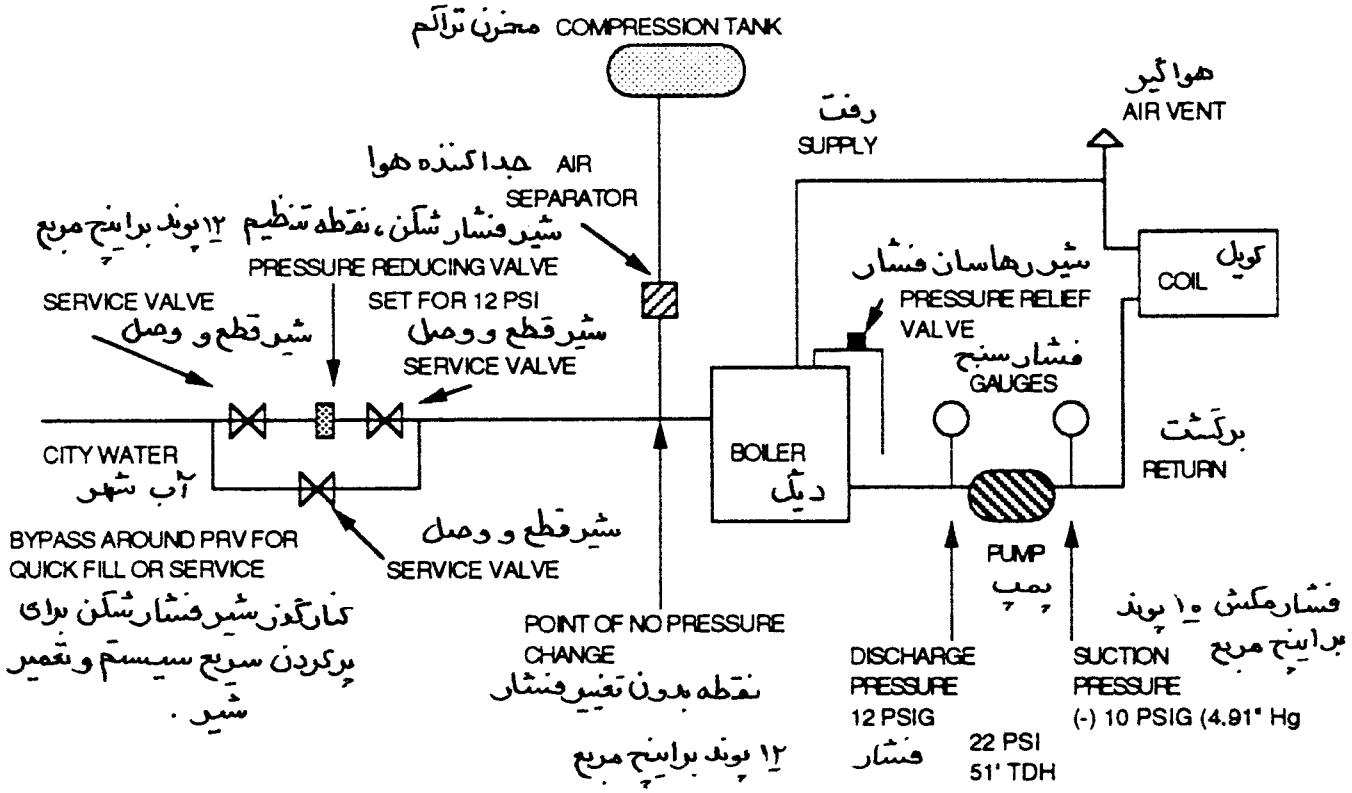
مخزن تراکم یک مخزن بسته است که در آن آب با کیسه هوا در تماس است. دو سوم این مخزن معمولاً از آب پر میشود. هوا یا کیسه هوا در بالای مخزن بعنوان بالشتک هوا عمل کرده و فشار مطلوب سیستم را نگه میدارد. بالشتک هوا با تغییرات حجم خود به نوسانات حجم آب پاسخ میدهد و تغییرات فشار سیستم را کنترل میکند. فشار در سیستمهای هیدرونیک معمولاً بین حداقل فشار پر کن (طبق آنچه در بخش شیرهای فشار شکن توضیح داده شد) و

حداکثر فشار کار مجاز که توسط دیگ ایجاد میشود متغیر است . اگر هوای داخل مخزن نشت کند، آب مخزن را پر میکند به این حالت مخزن «آب گرفته» (waterlogged) میگویند . آب گرفتگی وقتی اتفاق می افتد که هوا نشت کند و فشار سیستم کمتر از نقطه تنظیم شیر فشار شکن گردد. در این لحظه شیر فشار شکن باز شده و آب بیشتری به داخل مخزن میرود و مخزن را پر میکند تا به نقطه تنظیم خود برسد و بعد ببندد.

وقتی آب گرفتگی بوجود می آید نوسانات حجم آب خنثی نمیشود و فشار مطلوب سیستم را نمیتوان برقرار نمود. یک مخزن آب گرفته باید خالی شود و محل نشت شناسایی و تعمیر گردد. اگر حالت آب گرفتگی در مخزن باقی بماند و آب سیستم گرم شود، آب انبساط یافته مخزن را بطور کامل پر میکند. چون بالشتک هوا وجود نداشته و آب جایی برای انبساط ندارد، هر دفعه که سوخت پاش دیگ روشن میشود فشار بالا میرود شیر اطمینان دیگ عمل میکند و با خارج کردن آب فشار اضافی سیستم را آزاد میکند. وقتی شیر اطمینان آب را خارج کرد، شیر فشار شکن باز میکند تا آب تازه جانشین آن کند. این سیکل به همین ترتیب ادامه می یابد. هر زمان آب تازه وارد سیستم میشود با خود هوا می آورد (به بخش جداکننده هوا در این فصل مراجعه کنید).

نقطه ای که مخزن تراکم به سیستم وصل میشود به « نقطه بدون تغییر فشار» (the point of no pressure change) شهرت دارد (شکل ۱۶-۷). مخزن تراکم باید روی مکش پمپ نصب شود. اگر مخزن تراکم به خروجی پمپ متصل شود، فشار پمپ باید برابر با نقطه تنظیم شیر فشار شکن شود و این ممکن است حالتی بوجود آورد که در مکش پمپ فشار کمتر از فشار بخار آب (vapor pressure) باشد. اگر فشار در مکش پمپ کمتر از فشار بخار (vapor pressure) آب باشد، در پمپ حفره زایی (cavitation) بوجود می آید. بعلاوه فشار آب در محل هواگیری (air vent) ممکن است بجای مثبت، منفی بشود که این خود هوا به داخل سیستم می آورد و باعث خوردگی میشود.

مثال ۳-۷ : در شکل ۱۶-۷ شیر تعمیر و نگهداری (service valve) برای ۱۲ پوند بر اینچ مربع تنظیم شده است. نقطه اتصال مخزن تراکم روی مکش پمپ است. فشارسنج ورودی پمپ ۱۲ پوند بر اینچ مربع را نشان میدهد. افت فشار کل سیستم ۵۱ فوت ستون آب یا ۲۲ پوند بر اینچ مربع است. وقتی پمپ شروع به کار میکند ، فشار ۳۴ پوند بر اینچ مربع (۲۲+۱۲) خواهد بود. اگر مخزن تراکم در خروجی پمپ قرار داده شود (شکل ۱۷-۷)، فشار سنج در خروجی پمپ فشار استاتیک ۱۲ پوند بر اینچ مربع را نشان خواهد داد. افت فشار سیستم هنوز همان ۵۱ فوت (۲۲ پوند) است. بنابراین فشار مکش منهای ۱۰ پوند بر اینچ مربع (۲۲-۱۲) یا ۴/۹ اینچ ستون جیوه خلاء خواهد بود.



شکل ۷-۱۷

اجزای کنترل هوای سیستم

سیستم معمولاً از طریق فشار آب شهر پر میشود. این آب هدر رفتگی های سیستم از جمله مواقع تعمیر سیستم و نیز تبخیر آب را جبران میکند. برای جلوگیری از مشکلات هوا، مانند هوا گرفتن زانوها یا کویلها، بهتر است آب تغذیه سیستم به خط لوله هوا یا به ته مخزن تراکم متصل شود.

در یک سیستم هیدرونیک بسته که به درستی طراحی، نصب و بهره برداری شده باشد، هوای سیستم در لوله ها حرکت کرده و از بالاترین نقاط سیستم خارج میشود و یا اینکه در مخزن تراکم جمع میگردد. علاوه بر هوایی که در سیستم از قبل وجود دارد، موقع گرم شدن آب، هوای محلول در آن نیز جدا میشود.

یک مخزن تراکم اگر اجزای کنترل هوا نداشته باشد دچار آب گرفتگی میشود. بعنوان مثال وقتی دیگ خاموش است آب سرد میشود. آب سرد هوای مخزن تراکم را جذب میکند و بطور ثقلی به دیگ برمیگردد. وقتی آب گرم میشود، هوا آزاده شده و تخلیه میگردد. بعد از چند سیکل کار، هوای مخزن کم شده و آب تمام آن را پر میکند. در این حالت آب جایی برای انبساط جز خارج شدن از شیر اطمینان نخواهد یافت.

در سیستمهای هیدرونیک ابزار کنترل هوا برای آزاد سازی هوای محبوس در آب طراحی میشوند که نام آنها بشرح زیر است:

- جداکننده های هوا
- شیر هواگیری دستی
- شیر هواگیری خودکار

جداکننده های هوا (Air Separators)

چند نوع جدا کننده هوا وجود دارد : گریز از مرکز، لوله عمیق و خطی . جداکننده هوا نوع گریز از مرکز (شکل ۱۶-۷) از نیروی گریز از مرکز و سرعت پایین آب برای جداسازی هوا استفاده میکند. وقتی آب از جداکننده عبور میکند، نیروی گریز از مرکز گرد آب ایجاد کرده و قطرات سنگین آب بدون هوا را به سمت جداره خارجی میرانند. مخلوط سبکتر آب - هوا به قسمت سرعت پایین و توری جمع آوری که در وسط گرد آب قرار دارد میرود. هوای محبوس که به این ترتیب جدا شده به مخزن تراکم هدایت میشود. جداکننده نوع لوله عمیق (the boiler dip tube) لوله ای است که در قسمت بالای دیگ نصب میشود. وقتی آب گرم میشود، هوا جدا شده و در قسمت بالای دیگ جمع میشود. لوله عمیق اجازه میدهد که این هوای آزاد شده به مخزن تراکم راه یابد. از مخزن خطی و کم سرعت باضافه لوله عمیق جداکننده هوا در جائیکه دیگ را نتوان بعنوان یک نقطه جداکننده هوا تلقی نمود استفاده میشود.

هواگیرها (air vents)

شیرهای هوا (شکل ۱۶-۷) ممکن است دستی یا خودکار باشند. یک نوع خودکار آن هواگیر هیدروسکپی نامیده میشود که در آن ماده ای وجود دارد که وقتی خیس است انبساط می یابد و شیر هواگیری را می بندد. اگر در سیستم هوا وجود داشته باشد مواد هیدروسکپی خشک شده و موجب باز شدن شیر میگردد. نوع دیگری از شیر هواگیری خودکار شناوردار هم وجود دارد که وقتی در شیر آب است شناور راه خروج هوا را می بندد. وقتی در سیستم هوا وجود داشته باشد شناور میافتد و شیر هواگیری را باز میکند.

شیرهای هواگیری دستی در بالای سیستم و روی زانوها نصب میشود و بطور ادواری آن را باز میکنند تا هوای سیستم خارج شود.

مبدلهای گرمایی

انواع اصلی مبدلهای گرمایی عبارتند از تیوب و پوسته(shell and tube)، کویل و پوسته(Shell and coil) و صفحه و حلزون (helical and plate) . مبدلهای گرمایی که در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع استفاده میشوند شامل موارد زیر هستند:

- بخار به آب (کنورتر، کویل بخار)
- آب به بخار (مولد، دیگ)
- مبرد به آب (کندانسور)
- آب به مبرد (اواپراتور، کولر، چیلر)
- آب به آب (مبدل گرمایی)

- هوا به آب (کویل سرمایی آبی)
- هوا به مبرد (کویل سرمایی تبخیری)
- آب به هوا (کویل گرمایی)
- مبرد به هوا (کندانسور)

کویلهای تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

کویلهایی که در تاسیسات یاد شده مورد استفاده است انواع گوناگون دارد که با مصالح مختلف و در اندازه های متفاوت ساخته میشوند. سیالاتی که در آنها جریان دارد ممکن است آب، آب نمک (brines) ، مبرد یا بخار باشد. سیالی که از کویل میگذرد ممکن است هوا را گرم ، سرد یا رطوبت گیری بنماید.

کویلها معمولاً یک قاب و مجموعه ای در لوله های مرکزی(core) دارند. مجموعه مرکزی کویل شامل لوله ها، زانوهای برگشت و پره نازک (fin) میباشد. قاب کویل برای جاسازی هسته مرکزی و حل مسئله انبساط و انقباض آن میباشد. هسته مرکزی معمولاً از لوله مسی به قطر $\frac{5}{8}$ اینچ ساخته شده است. مصالح دیگر لوله ها ممکن است فولاد کربنی، فولاد زنگ ناپذیر، برنجی یا آلیاژ نیکل - مس باشد. تعداد لوله ها و عمق و ارتفاع آنها در کویل متفاوت است. عمق آنها معمولاً از یک تا ۱۲ ردیف لوله در جهت حرکت هوا میباشد که ردیف (row) نامیده میشود و از ۴ تا ۳۶ لوله در هر ردیف روی هم قرار میگیرند که ارتفاع کویل را تشکیل میدهند. هر چه تعداد ردیفها و تعداد لوله های تشکیل دهنده هر ردیف بیشتر باشد تبادل گرمایی بیشتر است (و برای کویلهای سرمایی، رطوبت گیری بیشتر) به همین ترتیب مقاومت در مقابل حرکت هوا بیشتر است (نیاز به توان بیشتری است) و هزینه اولیه نیز بیشتر خواهد بود.

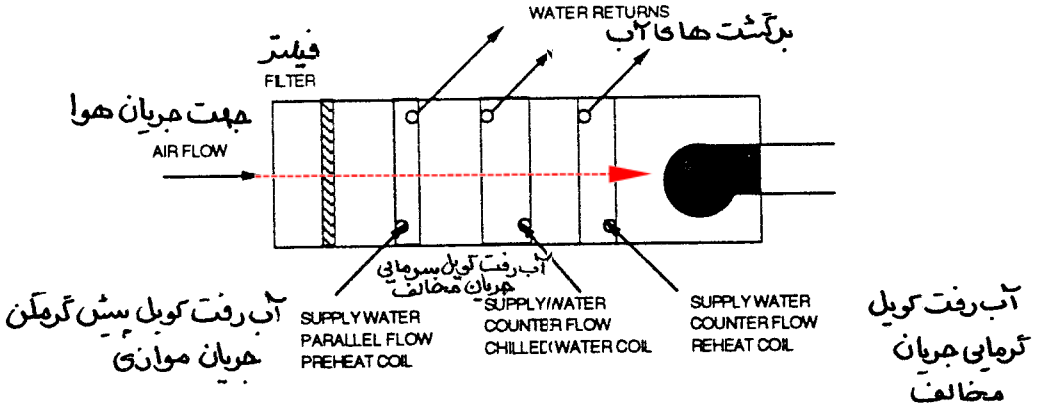
زانوهای برگشت تکه لوله های به شکل U هستند که در انتهای کویل قرار دارند. تعداد و ترتیب استقرار زانوهای برگشت بسته به تعداد ردیف و نحوه استقرار مدار (circuiting arrangement) دارد. استقرار مدارها به ترتیبی است که لوله ها بطور سری و موازی به هم وصل میشوند تا بهترین ترکیب تبادل گرما، ظرفیت، جریان و افت فشار را به دست دهند. پره های نازک (fin) لوله ها آلومینیومی یا مسی است. این پره ها سطح تبادل گرما را افزایش داده و راندمان را نیز افزایش میدهند. فاصله آنها معمولاً بین ۴ تا ۱۴ پره در هر اینچ متغیر است. هر چه تعداد پره ها بیشتر باشد تبادل گرما بهتر است اما از طرف دیگر مقاومت در برابر هوا افزایش می یابد. برای کاهش هزینه معمولاً از پره های آلومینیومی استفاده میشود اما هرگاه از کویل پاششی (sprayed) استفاده شود ، پره مسی لازم است تا از تجزیه الکتریکی بین دو فلز غیر مشابه (آلومینیوم و مس) جلوگیری کند. کویلهایی که فقط در معرض تقطیر (condensation) میباشند کمتر به تجزیه الکتریکی دچار میشوند و معمولاً کلکتورهای مسی، لوله های مسی، پره های آلومینیومی و قاب فولادی دارند. در کاربردهایی که هوا دارای عوامل خورنده است، از پوششهای (coatings) مختلف برای حفاظت پره ها و لوله ها میتوان استفاده نمود.

لوله کشی کویلهای آبی در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

کویلهایی تاسیسات یاد شده را میتوان با جریان مخالف (counter flow) یا موازی (parallel flow) به سیستم لوله کشی متصل نمود (شکل ۱۸-۷). اما برای بیشترین تبادل گرما در یک وضعیت مشخص بهتر است که کویلها با جریان مخالف بسته شوند. جریان مخالف بدین معنی است که جریان هوا و آب در خلاف جهت یکدیگر است. بعبارت دیگر آب در جایی وارد کویل میشود که هوا آن را ترک میکند. برای کویل سرمایی، این جمله بدین معنی

است که آب سرد در نقطه ای وارد کویل میگردد که در همان جا هوا از کویل خارج میشود.

کویلی که بطور موازی بسته شود بدان معنی خواهد بود که هوا و آب در جهت موافق یکدیگر جریان دارند آب و هوا از یک طرف کویل وارد میشوند. برای کویلهای سرمایی موازی، آب سردکننده در نقطه ای وارد کویل میشود که هوای گرم وارد میشود و این به معنی تبادل حرارت کمتری است.



شکل ۷-۱۸

در بعضی کاربردها مانند کویلهای پیش گرمکن، کویل به عمد بطور موازی بسته میشود. کویل پیش گرمکن برای گرم کردن هوای تازه و حفاظت از یخ زدگی سایر کویلها در اقلیمهای سرد استفاده میشود. بنابراین کویل موازی بسته میشود یا به عبارت دیگر آب یا بخار از طرفی که هوا وارد میشود وارد کویل میگردد. در این مثال تبادل گرما بسیار حیاتی است یعنی رساندن سریع گرما به کویل بسیار مهم است.

در کویلهای گرمایی و سرمایی اضافه بر اینکه کویلها باید با جریان مخالف لوله کشی شوند، لوله ورودی آب باید از پایین و لوله خروجی آب باید به بالای کویل متصل شود. این روش هوای محبوس کویل را به سمت قسمت بالای کویل میراند، جائیکه امکان تخلیه آن وجود دارد. ورود بخار به کویلهای بخاری از بالا و خروج کندانسیت آن از پایین است.

نحوه محاسبه میانگین لگاریتمی اختلاف دما در تبادل گرما

وقتی دو سیال در یک پروسه تبادل گرما میکنند، اختلاف دما در پایان، کمتر از اختلاف دما در آغاز خواهد بود. در این حالت تبادل گرما یک منحنی لگاریتمی دارد. همین میانگین اختلاف دما که به میانگین لگاریتمی (LMTD) شهرت دارد تعیین کننده بهترین نوع مبدل است. هر چه عدد آن بیشتر باشد تبادل حرارت بیشتر است.

رابطه ۷-۱ : میانگین لگاریتمی اختلاف دما (LMTD) از رابطه زیر محاسبه میشود:

$$LMTD = \frac{\Delta T_L - \Delta T_s}{L_n \left[\frac{\Delta T_L}{\Delta T_s} \right]}$$

LMTD = میانگین لگاریتمی اختلاف دما

ΔT_L = اختلاف دمای بزرگتر

ΔT_s = اختلاف دمای کوچکتر
L_n = لگاریتم طبیعی

مثال ۴-۷ : در یک کویل سرمایی موازی، دمای هوای ورودی ۷۵ درجه فارنهایت است. دمای آب ورودی به آن ۴۵، دمای هوای خروجی ۶۰ و دمای خروجی آب ۵۵ درجه فارنهایت میباشد. اختلاف دمای بزرگتر ۳۰ (۷۵-۴۵) و اختلاف دمای کوچکتر ۵ است (۵۵-۶۰). میانگین لگاریتمی اختلاف دما ۱۳/۹ است. اگر همین کویل، با مشخصات داده شده خلاف جریان (counter flow) بسته شود، اختلاف دمای بزرگتر ۲۰ (۵۵-۷۵) و اختلاف دمای کوچکتر ۱۵ (۴۵-۶۰) خواهد بود و میانگین لگاریتمی ۱۷/۴ میشود.

هوای ورودی به یک کویل گرمایی موازی دمای ۷۵ درجه فارنهایت دارد و تا ۱۱۰ درجه فارنهایت گرم میشود. دمای ورودی آب گرم کننده ۲۰۰ و خروجی آن ۱۸۰ درجه فارنهایت است. اختلاف دمای برزگتر ۱۲۵ (۷۵ - ۲۰۰) و اختلاف دمای کوچکتر ۷۰ (۱۱۰ - ۱۸۰) است که در اینصورت میانگین لگاریتمی ۹۴/۹ خواهد بود. اگر همین کویل با مشخصات داده شده خلاف جریان بسته شود، اختلاف بزرگتر ۱۰۵ (۷۵-۱۸۰) و اختلاف دمای کوچکتر ۹۰ (۱۱۰-۲۰۰) است که در اینصورت میانگین لگاریتمی به ۹۷/۳ افزایش خواهد یافت.

فصل هشتم - ارزیابی عملکرد زیر سیستمهای برقی، گرمایی و تبرید
(Verifying the Performance of Electrical, Heating and Refrigeration Subsystems)

زیر سیستمهای برقی

قبل از اقدام به اندازه گیری محلی، مشخصات موتورها و کاتالوگ دستگاهها را جمع آوری و آنها را مطالعه کنید تا خود را با اهداف طرح آشنا سازید. برای وضوح بیشتر، موتور و مدارها را روی نقشه ها پلاک گذاری نمایید. هنگام بازرسی مدارک، احتمالی از موتور را که نیاز به بازرسی دقیق تر دارند یادداشت کنید که بعداً در ارزیابی عملکرد آنها در محل نصب فراموش نشوند. البته تمام مدارک زیر همیشه در دسترس نیست اما هر چقدر اطلاعات بیشتری جمع آوری کنید آشنایی شما با سیستم افزایش خواهد یافت و میتوانید برای بهینه سازی سیستمها راه حلهای بهتری ارائه دهید. مدارک زیر را به دست آورید:

- نقشه های الکتریکی
  - نقشه های مهندسی
  - نقشه های کارگاهی
  - نقشه های «اجرا شده» (as-built)
  - نقشه های شماتیک (schematic)
- کاتالوگ دستگاهها
  - شرح مشخصات و رده بندی موتور
  - دستورالعملهای آزمایش و نگهداری
- منحنی عملکرد موتور
- گزارشهای قبلی در مورد بازدید و یا بالانسینگ موتورها

فرمهای گزارش

فرمهای گزارش زیر را برای هر موتور آماده کنید:

- برگ آزمایش و اطلاعات موتور
- برگ اطلاعات محرک (drive)
- برگ خلاصه اطلاعات
- برگ اطلاعات در خصوص ابزار استفاده شده و نحوه درجه بندی (calibration) آنها
- طرح واره ها(schematics)

ارزیابی عملکرد سیستمهای برقی

وارسی سرویس فاکتور موتور

سرویس فاکتور موتور (SF) عددی است که توان نامی موتور در آن ضرب میشود تا حداکثر بار مجازی را که موتور میتواند بطور دائم در ولتاژ و فرکانس نامی خود تحمل کند بدست آید. بعنوان مثال اگر کارخانه ای سرویس فاکتور موتور خود را با تضمین ۱/۱۵ اعلام کند این بدان معنی است که کارخانه اجازه میدهد تا ۱۱۵ درصد توان نامی موتور در ولتاژ و فرکانس مشخص شده از آن بطور دائم کار گرفته شود، گرچه کار کردن موتور در بیش از توان نامی ذکر شده روی پلاک مشخصات (یعنی بیش از ۱۰۰ درصد) مجاز نمی باشد. در بعضی مواقع، مانند افت ولتاژ، اگر موتور بیش از ۱۰۰ درصد توان خود کار کند (ولی هنوز در حد سرویس فاکتور خود باشد)، سیم پیچی موتور آسیب دیده و عمر مفید آن را کاهش خواهد داد (رابطه ۱-۸) .

رابطه ۱-۸ : وات مساوی است با حاصل ضرب ولتاژ در آمپر w=va . بنابراین آمپر با ولتاژ نسبت عکس دارد.

w = va

وات = w

ولتاژ= v

آمپر= a

رابطه ۲-۸ : توان برابر است با حاصل ضرب جریان در پتانسیل

p = ie

توان یا وات = p

جریان الکتریکی یا آمپراژ = i

نیروی محرکه ، پتانسیل یا ولتاژ = e

مثال ۱-۸ : یک موتور با ۴۸۰ ولت و ۲۵ آمپر در حال کار است. اگر ولتاژ به ۴۶۰ ولت افت نماید جریان موتور ۲۶ آمپر خواهد شد.

w = va

وات ۱۲۰۰۰ = ۴۸۰ x ۲۵ = w

$$\text{آمپر } ۲۶ = a = \frac{w}{v} = \frac{۱۲۰۰۰}{۴۶۰}$$

وارسی سرعت موتور

دور موتور یک ماشین ثابت است مگر اینکه به محرک با دور متغیر مجهز باشد. عدد دور در دقیقه حک شده روی پلاک مشخصات موتور بعنوان حداکثر سرعت آن تلقی میگردد. معمولاً سرعت واقعی موتور در حال بهره برداری اندازه گیری نمیشود. سرعت پلاک مشخصات موتور سرعت نامی است که موتور تحت توان نامی خود میچرخد. بعضی اوقات سرعت ممکن است کمی متفاوت باشد ولی آنقدر نیست که عملکرد فن، پمپ یا کمپرسور و یا محاسبات مهندسی را تحت تاثیر قرار دهد.

ارزیابی حفاظت اضافه بار (overload) موتور

حفاظت اضافه بار موتور که «هیتر» یا «حرارتی» (thermals) هم خوانده میشود، برای این است که موتور را در مقابل بیش از حد گرم شدن (overheating) حفاظت نماید. وقتی بار اضافه به موتور تحمیل شود، جریان الکتریکی افزایش یافته و موتور بیش از حد گرم میشود. ابزار حفاظت اضافه بار، این ازدیاد جریان را حس میکند و قبل از

خسارت دیدن سیم پیچی، موتور را خاموش میکند. پیش از راه اندازی مجدد موتور، ابزار حفاظت بار باید بطور دستی به حال اولیه برگشت داده شود.

حفاظت اضافه بار بایستی با راه انداز (starter) و جریان بار نامی موتور هماهنگ باشد. بطور کلی ، حفاظت اضافه بار طوری تنظیم میشود که در جریان ۱۲۵ درصد بیش از جریان نامی موتور عمل کند. اگر دامنه تنظیم خیلی زیاد باشد ممکن است موتور بخوبی حفاظت نشود از طرف دیگر اگر دامنه تنظیم کوچک باشد موتور مرتباً خاموش میکند. معمولاً در سرپوش کلید راه انداز موتور نموداری وجود دارد که حفاظت اضافه بار و جریان نامی آن را برای یک راه انداز مشخص میدهد (جدول ۱-۸). حفاظت اضافه بار معمولاً یک شماره یا یک حرف دارد که نشانگر آمپر آنها است.

اندازه راه انداز (Starter Size)				
شماره هیتر	اندازه 00	اندازه 0	اندازه 1	اندازه 2
	جریان بار نامی (Full Load AMPS)			
AA ۴	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	
AA ۳	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	
AA ۲	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	
A ۱۰	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۴۰	
A ۱۱	۱/۵۵	۱/۵۵	۱/۵۵	
A ۱۲	۱/۷۰	۱/۷۰	۱/۷۰	
A ۱۳	۱/۸۰	۱/۸۰	۱/۸۰	
A ۱۴	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	
A ۲۵	۵/۳۰	۵/۳۰	۵/۳۰	
A ۲۶	۶/۳۰	۶/۳۰	۶/۳۰	
A ۲۷	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰	
A ۲۸	۷/۷۰	۷/۷۰	۷/۷۰	
A ۲۹	۸/۵۰	۸/۵۰	۸/۵۰	
A ۴۰		۱۵/۶	۱۵/۶	۱۶
A ۴۱		۱۷/۵	۱۷/۵	۱۷/۹
A ۴۲		۱۸/۹	۱۸/۹	۱۹/۴
A ۴۳		۲۱/۳	۲۱/۳	۲۲/۲
A ۴۴		۲۳/۴	۲۳/۴	۲۴/۷

جدول ۱-۸: حفاظت اضافه بار برای موتور معمولی، ۴۰ درجه سانتیگراد دما، سرویس فاکتور ۱/۱۵، کلاس عایق «A»

اگر موتور جدید است و یا اخیراً تغییراتی در مدار الکتریکی آن داده شده است، مطمئن شوید که حفاظت اضافه بار مناسب آن نصب شده باشد. برای نصب حفاظت اضافه بار مناسب اطلاعات زیر را بدست آورید:

- اندازه راه انداز موتور

- جریان نامی در بار حداکثر
- سرویس فاکتور

کسی که وسایل الکتریکی سفارش میدهد ممکن است به کلاس عایق، حداکثر افزایش دمای مجاز و رده بندی موتور هم نیاز داشته باشد. دمای میانگین محیط برای کلید راه انداز در مقایسه با دمای میانگین محیط برای موتور نیز ممکن است مهم باشد. بعضی اوقات ممکن است این دماها با یکدیگر اختلاف زیادی داشته باشد و ابزار حفاظت باید با آن مطابقت نماید.

اندازه گیری پارامترهای برقی

نحوه اندازه گیری ولتاژ

معمولاً ولتاژ روی تابلو برق موتور یا بوسیله ولتمتر تدریجی (analog) یا دیجیتال روی کلید اندازه گیری میشود. ولتمترها اختلاف ولتاژ بین فازها (در موتور سه فاز) و یا اختلاف ولتاژ فاز و نول (neutral) (در موتورهای تک فاز) را اندازه گیری میکنند. ولتاژ اندازه گیری شده معمولاً در حد ۱۰ درصد بالاتر یا پایین تر از ولتاژ نامی حک شده روی پلاک مشخصات موتور میباشد. بعنوان مثال ، اگر ولتاژ پلاک مشخصات موتور ۲۳۰ ولت باشد، ولتاژ اندازه گیری شده چیزی بین ۲۰۷ و ۲۵۳ ولت خواهد بود. اگر ولتاژ خارج از این دامنه باشد، سیستم باید بازرسی شود. معمولاً ولتاژ بین دو فاز یکسان نیست.

مثال ۸-۲ : بین فاز ۱ و ۲ مساوی ۲۳۳ ولت، بین فاز ۲ و ۳ برابر با ۲۳۵ ولت و بین فاز ۳ و ۱، ۲۳۸ ولت ممکن است باشد.

هرگاه ولتاژ نامتعادل باشد، جریان نیز نامتعادل است . ناهماهنگی جریان الکتریکی ممکن است ۱۰ درصد ناهماهنگی ولتاژ باشد.این بدان معنی است که موتورگرمتراز شرایط طراحی کارمیکند.چنانچه ناهماهنگی زیاد باشد عمر موتور را کاهش میدهد. بنابراین حداکثر مقدار مجاز ناهماهنگی ولتاژ برای موتورهای سه فاز ۲ درصد تعیین شده است.

رابطه ۸-۳ : ناهماهنگی ولتاژ فازها

$$\%V = \frac{\Delta D_{max}}{V_{avg}} \times ۱۰۰$$

درصد ناهماهنگی ولتاژ = $\%V$

حداکثر انحراف از ولتاژ میانگین = ΔD_{max}

ولتاژ میانگین = V_{avg}

مثال ۸-۳ : در مثال ۸-۲ ناهماهنگی ولتاژ از ۲ درصد بیشتر نیست.

$$۲۳۳ + ۲۳۵ + ۲۳۸ = ۷۰۶$$

$$\text{ولتاژ میانگین} \quad \frac{۷۰۶}{۳} = ۲۳۵$$

$$\text{اختلاف ولتاژ ۲} = ۲۳۳ - ۲۳۵$$

$$\text{اختلاف ولتاژ ۰} = ۲۳۵ - ۲۳۵$$

$$\text{اختلاف ولتاژ ۳} = ۲۳۸ - ۲۳۵$$

$$\%V = \frac{۳}{۲۳۵} \times ۱۰۰ = ۱/۳$$

اندازه گیری جریان الکتریکی

جریان موتور معمولاً روی تابلو برق خوانده میشود یا بوسیله آمپرمتر دیجیتالی یا تدریجی (analog) و روی کلید قطع و وصل موتور اندازه گیری میشود. برای موتورهای سه فاز و برای موتورهای تک فاز جریان الکتریکی یک فاز اندازه گیری میشود. عدد اندازه گیری شده هر فاز نبایستی از جریان داده شده روی پلاک مشخصات موتور بیشتر باشد. هرگاه در حالت جریان کار، جریان الکتریکی بیش از اندازه پلاک مشخصات ولی در حدود دسترس سرویس فاکتور و ولتاژ باشد، شیر خروجی پمپ یا دمپر خروجی بادزن را ببندید تا مقدار آن به عدد پلاک مشخصات یا کمتر از آن برسد.

اگر جریان الکتریکی در حالت بهره برداری بیش از مقدار پلاک مشخصات و بیش از سرویس فاکتور باشد موتور را خاموش کنید. قبل از راه اندازی مجدد علت وضعیت اضافه بار را پیدا کرده و رفع عیب کنید. اگر موتور مربوط به دستگاه حساسی است آن را خاموش نکنید ولی بلافاصله شخص مسئول را یافته و او را در مورد اضافه بار بودن موتور مطلع سازید.

اندازه گیری ضریب قدرت

ضریب قدرت معمولاً روی تابلو برق موتور خوانده میشود یا بوسیله اندازه گیر دیجیتالی یا تدریجی ضریب قدرت اندازه گیری میشود. ضریب قدرت فقط روی یک فاز موتور تک فاز و هر سه فاز موتور سه فاز القایی اندازه گیری میشود. ضریب قدرت باید ۸۵٪ یا بیشتر باشد. اگر ضریب قدرت کمتر از ۰/۹ است، با اداره برق منطقه خود مشورت کنید که آیا آنها برای ضریب قدرت پایین هزینه اضافی مطالبه میکنند یا خیر. در صورت مثبت بودن پاسخ، ممکن است لازم باشد برای سیستمهای الکتریکی القایی خازن نصب شود تا ضریب توان بالا برود.

زیر سیستمهای تاسیسات گرمایی (Heating Subsystems)

قبل از آغاز اندازه گیری محلی، کوشش کنید که مشخصات و کاتالوگ دستگاههای تاسیسات گرمایی را جمع آوری و مطالعه کنید تا با مشخصات و اهداف سیستمهای گرمایی آشنا شوید. برای وضوح بیشتر، دستگاهها و لوله های توزیع آب، هوا و بخار را روی نقشه ها علامت گذاری کنید. هنگام مطالعه مدارک سعی کنید دستگاههایی را که به توجه خاص نیاز دارند شناسایی نمایید که هنگام اندازه گیری آنها را بازرسی کنید.

البته تمام مدارک زیر همیشه در دسترس نیست ولی سعی کنید تا حد امکان آنها را بدست آورید زیرا منابع اطلاعاتی بیشتر درک شما را نسبت به سیستم افزایش میدهد و میتوانید برای بهینه سازی آن نظرات بهتری ارائه دهید.

- پلانهای تاسیسات مکانیکی

  نقشه های مهندسی
  نقشه های کارگاهی
  نقشه های اجراء شده (As-Built)
  نقشه های طرح واره ای (Schematic)

- کاتالوگ دستگاهها

  ظرفیت و شرح دستگاههای گرمایی
  توصیه های آزمایش دستگاهها
  دستورالعملهای بهره برداری و نگهداری

- جداول یا منحنیهای عملکرد دستگاههای گرمایی

- گزارشهای قبلی در خصوص بازدید و یا بالانس کردن دستگاههای گرمایی
- کار نمای روزانه (Daily Log)

فرمهای گزارش

فرمهای گزارش زیر را برای هر دستگاه حرارتی تهیه نمایید.

- برگ آزمایش و اطلاعات دستگاهها
- برگ خلاصه
- ابزار استفاده شده و برگ اطلاعات درجه بندی آنها (calibration)
- طرح واره ها

ارزیابی عملکرد سیستمهای گرمایی

ارزیابی عملکرد دیگ

اگر دیگ جدیداً خریداری و نصب شده است، اطمینان حاصل کنید که طبق دستورالعمل سازنده و مقررات ملی منطقه ای راه اندازی و برای کار ایمن آماده شده است. کار نمای فشار و دمای کار روزانه دیگ باید نگهداری شود. هر تغییر قابل توجهی در ارقام دما و فشار نشانگر وجود اشکال در کار دیگ میتواند باشد. علت تغییرات باید پیدا شود. چنانچه اشکالی بروز نماید که برای کار ایمن پرسنل دستگاه خطر ساز باشد، قبل از ادامه روند بازرسی باید برطرف گردد. موارد زیر، بر حسب مورد، هنگام ارزیابی عملکرد سیستم باید وارسی و یادداشت شود:

- آمار پلاک مشخصات

  آمار نوشته شده روی پلاک مشخصات را با آمار ارائه شده توسط سازنده و نیازهای طرح مقایسه کنید.

- کنترلها

  کنترلهای احتراق - مطمئن شوید که فشار و دما درست تنظیم شده است.
  کنترلهای ایمنی - مطمئن شوید که فشار و دما درست تنظیم شده است.
  کنترلهای سطح آب - مطمئن شوید که سطح آب در جای درستی قرار دارد و حفاظتهای قطع سطح پایین آب درست کار میکند.

- وسایل جنبی - کارکرد دیگ و وضعیت کلی آن را بازرسی کنید
- لوله های دیگ - وضعیت کلی آنها را چک کنید.
- در مورد دهانه های ورود هوای احتراق، دمپرهای بارومتری، دمپر کنترل احتراق (draft control damper) ، مطمئن شوید که درست انتخاب شده است و بخوبی کار میکنند.

بازرسی شیر اطمینان فشار

شیر اطمینان فشار (pressure relief valve) را بازدید کنید که در جای خود نصب شده و دهانه آن بوسیله درپوش بسته نشده باشد. سعی نکنید شیر را به حالت باز در آورید زیرا شیر اطمینان یک وسیله ایمنی است و با رسیدن فشار به عدد از پیش تعیین شده به طور خودکار باز میشود و اجازه نمیدهد فشار سیستم از حداکثر فشار کار مجاز سیستم بالاتر رود. حداکثر فشار کار مجاز نباید از حدود تعیین شده برای دیگ تجاوز کند. بعنوان مثال برای دیگهای با دمای پایین ممکن است نقطه تنظیم شیر اطمینان ۳۰ پوند بر اینچ مربع باشد.

بازبینی دمای آب و کنترلهای سطح آب

در دیگهای آب گرم ، دمای آب باید حداقل ۱۷۰ درجه فارنهایت باشد. این بدان معنا است که دمای دودکش حدود ۳۲۰ درجه فارنهایت است. عملکرد حفاظت قطع سطح پایین آب را دستی آزمایش کنید.

در دیگهای بخار، حفاظت قطع سطح پایین آب و نشانگر آن باید روزانه تمیز شوند تا مواد جامد باعث گرفتگی آنها نشود. بعلاوه عملکرد حفاظت یاد شده در حال کار باید هرهفته چک شود. برای این کار پمپ تغذیه دیگ (feed water pump) را خاموش کنید و اجازه دهید سیستم بکار خود ادامه دهد. به شیشه آبنما نگاه کنید و نقطه ای را که در آنجا حفاظت، دیگ را خاموش میکند به دقت علامت بگذارید. این نقطه یک نقطه مرجع است چون هر بار که این آزمایش را انجام میدهید، ابزار حفاظت باید در همین نقطه دیگ را خاموش بکند. اگر این کار را نکرد، شاید لازم باشد کنترل سطح آب را تعویض کنید.

تعیین راندمان احتراق دیگ

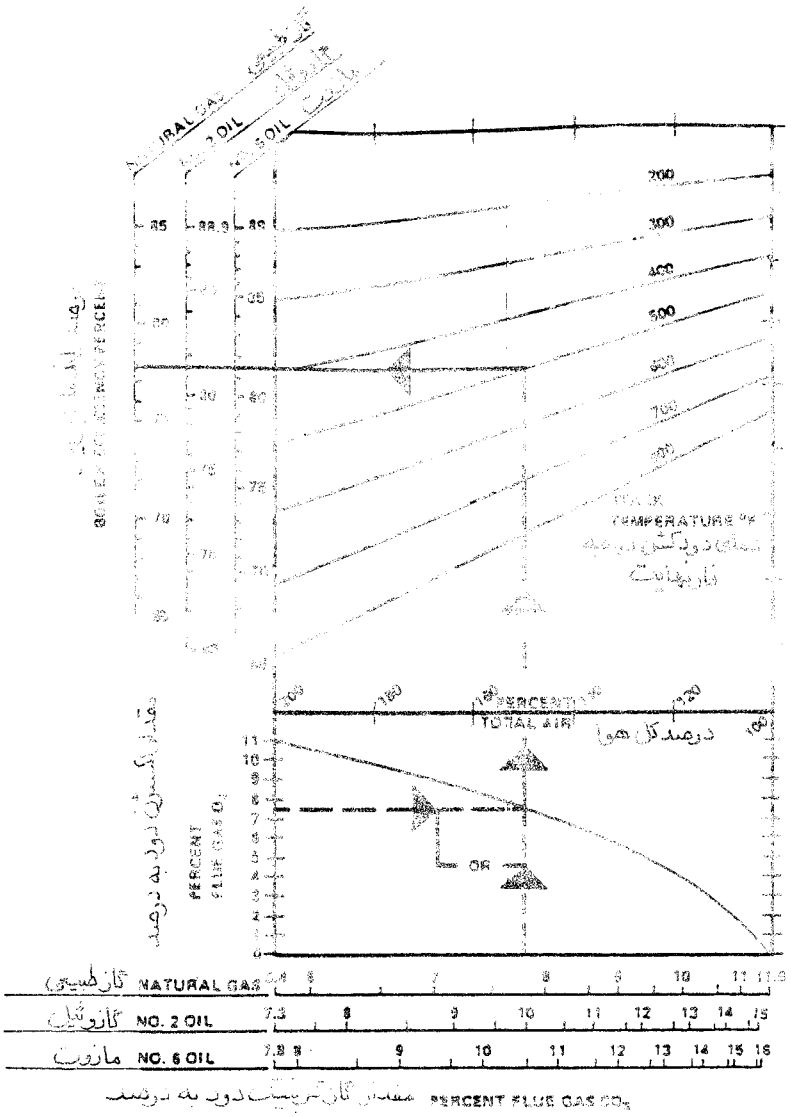
برای تعیین راندمان احتراق دیگ، از آنالیز الکترونیکی دود یا کیف ابزار آزمایش شیمیایی (chemical test kit) استفاده کنید و ترکیبات دود خروجی دیگ را آنالیز کنید. در این آزمایش درصد گاز کربنیک (CO_2)، درصد هوای اضافی احتراق (O_2)، دمای دود در ورود به دودکش و دمای هوای موتورخانه اندازه گیری میشود. این اندازه گیریها اتلاف گرما در دودکش و راندمان دیگ را معین میکند. ابزار اندازه گیری ممکن است درصد گازهای یادشده را مستقیماً نشان دهد یا اینکه نموداری برای تعیین گازها داشته باشند. حداکثر راندمانی را که برای دیگهای با سوخت مایع یا گاز طبیعی قابل دستیابی دانسته اند حدود ۸۰ درصد میباشد.

برای گرفتن آنالیز دود به ترتیب زیر عمل کنید:

- سوراخ ریزی را در دودکش بین دیگ و دمپر دودکش ایجاد کنید. این سوراخ باید حداقل ۶ اینچ از دمپر فاصله داشته باشد. اندازه سوراخ باید بحدی باشد که بتوان میل مدرج (probe) اندازه گیری را از آن عبور داد.
- مقدار سوخت دیگ را یادداشت کنید.
- از ترمومتر دیجیتال یا تدریجی برای اندازه گیری دمای هوای موتورخانه استفاده کنید.
- از ترمومتری که تا ۱۰۰۰ درجه فارنهایت مدرج شده است برای اندازه گیری دمای دودکش استفاده کنید.
- دمای خالص دود را حساب کنید (دمای دود منهای دمای اتاق).

میل مدرج (وسیله اندازه گیری) را داخل سوراخ کنید. مقدار گاز کربنیک و اکسیژن را اندازه گیری کنید.

اگر وسیله شما دیجیتال باشد، قادر است راندمان دیگ را محاسبه کرده و روی صفحه نشان دهد. اگر دستگاه اندازه گیری تدریجی (analog) است، به نمودار پیوست آن مشابه آنچه در شکل ۱-۸ نشان داده شده مراجعه و راندمان دیگ را بخوانید.



شکل ۱-۸ اثر ترکیب دود و هوا بر روی راندمان دیگ

نحوه اندازه گیری دمای دودکش دیگ

دمای دودکش باید حداقل ۳۲۰ درجه فارنهایت باشد ولی بیش از ۱۵۰ درجه از دمای بخار یا آب دیگ فراتر نرود. اگر دمای دودکش خیلی پایین باشد، بخار آب موجود در دود کندانس میشود. این آب با گوگرد موجود در دود ترکیب شده و اسید سولفوریک حاصل میگردد که در نهایت منجر به خوردگی دودکش و لوله ها میشود. اگر دمای

دودکش خیلی بالا باشد نشانگر این است که دیگ با راندمان بالا کار نمیکند. براساس یک محاسبه تقریبی به ازاء هر ۱۰۰ درجه کاهش دمای دودکش، راندمان تقریباً ۲/۵ درصد افزایش می یابد. دمای بالای دودکش نشان میدهد که احتراق بدرستی انجام نمیشود و یا اینکه لوله ها گرفته اند و یا هوا بیش از نیاز وارد میشود که محصول احتراق را به خارج برده و اجازه نمیدهد تبادل حرارت بدرستی انجام پذیرد.

هنگام تغییر بار، دمای دودکش میتواند در عرض چند دقیقه تا ۱۰ درجه فارنهایت تغییر کند . بنابراین سعی کنید همیشه دما، فشار و مقدار سوخت دیگ را نیز در کار نمای روزانه یادداشت نماید.

تعیین مقدار هوای اضافی و اکسیژن مورد نیاز

مقدار هوای اضافی، یعنی مقدار هوای لازم برای سوخت کامل با احتساب ضریب اطمینان نباید از ۱۰ درصد تجاوز کند. اکسیژن موجود در دود حداقل باید ۱ درصد باشد ولی از ۲ درصد تجاوز نکند. یک محاسبه تقریبی نشان میدهد که برای هر ۱درصد اکسیژن، تقریباً ۵ درصد هوای اضافی لازم است.

معین کردن مقدار گاز کربنیک و مونوکسید کربن

مقدار گازکربنیک موجود در دود باید تا آنجائیکه ممکن است زیاد باشد. برای راندمان حداکثر در دیگهای با سوخت گاز طبیعی مقدار آن ۱۰ و برای دیگهای باسوخت مایع حدود ۱۳ الی ۱۴ درصد است. آزمایش نیز برای تعیین مقدار مونوکسیدکربن باید انجام شود. مونوکسید کربن نباید وجود داشته باشد زیرا گازی کشنده است و وجود آن نشانگر سوخت ناقص میباشد. وجود مونوکسید کربن بدین معنی است که هوای کافی برای سوخت نمیرسد یا اینکه مشعل درست کار نمیکند. در این مواقع دیگ را خاموش کنید و عیب را قبل از راه اندازی مجدد برطرف نمایید.

کنترل فشار سوخت

در دیگ های با سوخت گاز، افت فشار گاز نمایانگر افت فشار در خط اصلی شهر یا معیوب بودن رگولاتور است. در بویلرهای با سوخت مایع، افت فشار سوخت نمایانگر گرفتگی صافی است، یا شیر کنترل درست کار نمیکند و یا اینکه خط انتقال سوخت نشتی دارد.

آزمایش برای تایید وجود دود

علاوه بر آزمایشی که بر روی محصول احتراق (دود) انجام میشود یک آزمایش دود (smoke) در مورد دیگهای با سوخت مایع نیز باید انجام شود. دود غیر متعارف نمایانگر احتراق ناقص است. احتراق ناقص بنوبه خود به این معنی است که سوخت هدر میرود، موجب پدیدار شدن دوده (soot) روی سطوح تبادل حرارت نیز میشود و راندمان را پایین میآورد. بعنوان مثال ، دوده ای به ضخامت $^1/_8$ اینچ، مصرف سوخت را به مقدار ۱۰ درصد افزایش میدهد.

آزمایش تله های بخار برای نشتی

آزمایش نشتی تله های بخار میتواند بوسیله ابزار ردیابی که یک گوشی ساده با میل مدرج فولادی تا وسایل صوتی الکترونیکی پیشرفته را در برگیرد، انجام شود. در بعضی از سیستمها ممکن است نشتی تله بخار بوسیله ترموگرافها،

حرارت سنج (pyrometer) یا مدادهای حساس دما (crayons) یا سایر وسایل انجام شود.

زیر سیستمهای تبرید

قبل از انجام اندازه گیری محلی، کوشش کنید که مشخصات و کاتالوگ دستگاههای تبرید را جمع آوری و مطالعه کنید و خود را با اهداف طرح آشنا سازید. برای وضوح، دستگاهها را روی نقشه برچسب بزنید. هنگام مطالعه مدارک، سعی کنید دستگاههای حساس و یا موارد خاص را مشخص کنید تا هنگام ارزیابی عملکرد سیستم، آنها را بطور دقیق زیر نظر بگیرید.

تمام مدارک زیر همیشه در دسترس نیست اما هر چه بیشتر مدارک خود را تکمیل کنید آشنایی شما با سیستم بهتر شده و شما قادر خواهید بود برای بهینه سازی سیستم پیشنهادهای مفیدی ارائه دهید.

- پلانهای مکانیکی

  نقشه های مهندسی
  نقشه های کارگاهی
  نقشه های اجراء شده
  نقشه های طرح واره

- کاتالوگ دستگاهها

  ظرفیت و شرح مشخصات دستگاههای تبرید
  توصیه های آزمایش آنها
  دستورالعملهای بهره برداری و نگهداری

- جداول و منحنی عملکرد دستگاههای تبرید و دیاگرام فشار- انتالپی و فشار- دمای مربوط به مبرد

- گزارشهای قبلی در خصوص بازدید وسایل تبرید یا گزارشهای بالانس کردن سیستم

- کارنمای روزانه(daily log)

فرمهای گزارش

برحسب مورد، فرمهای زیر را برای هر یک از سیستمهای تبرید آماده کنید:

- برگ آزمایش و اطلاعات دستگاههای تبرید

- برگ خلاصه اطلاعات

- برگ اطلاعات وسایل اندازه گیری و نحوه درجه بندی آنها

- طرح واره ها

ارزیابی عملکرد سیستمهای تبرید

اندازه گیری فشار و دمای سیستم تراکم

بسته به نوع و اندازه سیستم، شما قادر هستید فشار و دمای کمپرسور را بوسیله یک لوله چند شاخه (MAINFOLD) که به آن لوله سرویس میگویند اندازه بگیرید. لوله چند شاخه شامل فشارسنج های طرف فشار بالا و فشار پایین و شیرهای دستی و دو یا سه شیلنگ است. این وسایل قادر هستند که فشار کار سیستم تبرید را اندازه بگیرند، سیستم را تخلیه نمایند و یا عملیات شارژ و دشارژ گاز و امثال آن را انجام دهند. شیلنگها معمولاً کد رنگ دارند، رنگ آبی برای شیلنگ فشار پایین، رنگ قرمز برای طرف فشار بالا و رنگ زرد یا سفید برای شیلنگ وسطی. لوله چند شاخه را میتوان پس از عملیات آویزان نمود تا سر راه نباشد. فشارسنج دست راست برای سنجش فشار بالا است که فشار تقطیر را به پوند بر اینچ مربع بالاتر از فشار آتمسفر (PSIG) نشان میدهد. فشارسنجها معمولاً با دامنه ۵ پوند بر اینچ مربع از صفر الی ۵۰۰ مدرج شده اند. فشارسنج دست چپ فشار پایین یا فشار مکش را اندازه گیری میکند. این فشار سنج یک فشارسنج ترکیبی است و فشار را به اینچ ستون آب از ۳۰ اینچ خلاء تا صفر و با دامنه ۱ پوند بر اینچ مربع نشان میدهد و از ۱۲۰ الی ۲۰۰ مدرج شده است. گرچه درجه بندیهای دیگری نیز وجود دارد ولی آنچه گفته شد از همه متداولتر است. فشارسنجها برای مبردهای مختلف مانند R-12, R-22, R-502 در دسترس هستند. درجه بندی دما مربوط به فشار مبردی که در حال آزمایش است روی صفحه مدرج و در طرف داخلی درجه بندی فشار قرار دارد. بعنوان مثال اگر فشار خوانده شده ۸۵ پوند بر اینچ مربع بالاتر از فشار آتمسفر باشد، دمای آن روی صفحه مدرج ۸۰ درجه فارنهایت برا ی مبرد R-12 و یا ۵۰ درجه فارنهایت برای مبرد R-22 خوانده میشود. برای مبردهای دیگر و اندازه گیری با سیستم متریک فشارسنجهای دیگری ساخته شده است. در سیستمهای بزرگتر، دما و فشار از وسیله اندازه گیری ثابت خوانده و یادداشت میگردد.

اندازه گیری دمای کندانسور هوایی و سرعت هوا

دمای خشک ورودی و خروجی طرفین کویل کندانسور را اندازه گیری کنید. اختلاف دمای نرمال کندانسور بین ۱۵ الی ۳۰ درجه فارنهایت است. حسب مورد سرعت هوا روی سطح کندانسور را اندازه بگیرید. سرعتهای معمول بین ۵۰۰ و ۱۰۰۰ فوت در دقیقه است. برای تعیین مقدار کل هوا، سرعت اندازه گیری شده (fpm) را در سطح خالص کویل (FT^2) ضرب کنید.

اندازه گیری دمای کندانسور آبی و دبی آب

دمای ورودی آب کندانسور را اندازه بگیرید. این اندازه گیری باید در محل غلاف دماسنج (temperature well) و نزدیک به ورودی و خروجی کندانسور انجام شود. اختلاف دمای کندانسور معمولاً ۱۰ درجه فارنهایت است. اگر امکانپذیر است مقدار جریان آب (gpm) کویل کندانسور را نیز اندازه بگیرید. اگر امکان ندارد از پمپ بعنوان دبی سنج استفاده کنید. (به فصل ۵ مراجعه کنید).

تعیین عملکرد حرارتی برج خنک کن

نقش برج خنک کن در سیستم تهویه مطبوع ساختمان بسیار تعیین کننده است. اگر برج طبق آنچه که طراحی شده کار نکند، ممکن است نتواند دمای لازم را فراهم آورد. برای اینکه عمل کرد حرارتی برج به درستی ارزیابی شود لازم

است از شرکتهای متخصص این کار کمک گرفته شود. لیستی که در زیر می آید آزمایشها و وسایل مربوط را بیان میکند:

- دمای هوا: دماسنج دقیق (percision) با درجه بندی ۰/۲ درجه فارنهایت یا کمتر
- سرعت باد : آنومامتر (anemometer)
- دمای آب: دماسنج دقیق با درجه بندی ۰/۲ درجه فارنهایت یا کمتر
- دبی آب : لوله پیتوت ، مانومتر و وسایل جنبی
- فشار خروجی پمپ : فشار سنج
- توان بادزن : وات متر

اطلاعات طراحی زیر را به دست آورید:

- دبی آب گردشی برج خنک کن
- توان حقیقی موتور
- چگالی هوای ورودی به برج
- فشار آتمسفر (barometric)
- دمای آب خروجی برج
- دمای آب ورودی برج
- دمای مرطوب هوای ورودی به برج
- دمای خشک هوای ورودی به برج
- نسبت مایع به گاز
- راندمان پمپ
- راندمان موتور

آمار آزمایش زیر را جمع آوری کنید:

- دمای آب خنک خروجی از برج - حداقل ۱۲ بار خواندن در یک ساعت در هر محل اندازه گیری
- دمای آب گرم ورودی به برج - حداقل ۱۲ بار خواندن در یک ساعت در هر محل اندازه گیری

- دمای مرطوب هوای ورودی به برج - دمای مرطوب ورودی باید در حدود ۱۰± درصد دمای طراحی باشد. حداقل ۱۲ بار خواندن در یک ساعت در هر محل اندازه گیری
- دمای خشک هوای ورودی به برج
- دمای آب کمکی ورودی به برج (اگر در زمان آزمایش شیر آن بسته نباشد) حداقل ۲ بار خواندن در یک ساعت در هر محل اندازه گیری
- دبی آب کمکی به برج (اگردر زمان آزمایش شیر آن بسته نباشد) حداقل ۲ بارخواندن در یک ساعت در هر محل اندازه گیری
- دبی آب گردشی برج باید حدود ۱۰ ± درصد مقدار طراحی باشد. حداقل ۳ بارخواندن در یک ساعت در هر محل اندازه گیری
- دبی آب تخلیه (bleed) از برج (اگر در زمان آزمایش بسته نباشد). حداقل ۲ بار خواندن در یک ساعت در هر محل اندازه گیری
- توان موتور بادزن باید حدود ۱۰ ± درصد نسبت به توان طراحی تفاوت داشته باشد. حداقل ۱ بارخواندن در یک ساعت در هر محل اندازه گیری
- فشار خروجی پمپ
- فشار آتمسفر
- دامنه دما (Tower Range)، باید در حدود ۱۰ ± درصد دامنه دمای طراحی باشد
- سرعت باد: سرعت میانگین باد باید ۱۰ مایل در ساعت (۱۶ کیلومتر در ساعت) یا کمتر بوده و چنانچه باد با سرعت بیش از ۱۵ مایل در ساعت (۲۴ کیلومتر در ساعت) با تداوم بیشتر از یک دقیقه باشد، بهتر است آزمایش انجام نگیرد.

فصل نهم - اجزای تشکیل دهنده زیرسیستم تاسیسات گرمایی (Heating Subsystem Components)

در این کتاب منظور از احتراق، واکنش شیمیایی یک سوخت فسیلی مانند ذغال سنگ، گاز طبیعی، گاز مایع و سوختهای نفتی با گاز اکسیژن است. سوختهای فسیلی اساساً از مولکولهای هیدروژن و کربن تشکیل شده اند. این سوختها درصد ناچیزی از مواد دیگر (مانند گوگرد) نیز دارند که در حقیقت ناخالصی محسوب میشوند. وقتی احتراق صورت میگیرد، هیدروژن و کربن سوخت با اکسیژن میسوزند و تشکیل بخار آب (H_2O) و گاز کربنیک (CO_2) میدهند. اگر شرایط احتراق ایده آل باشد، نسبت هوا به سوخت درست تنظیم و بهینه میشود و از انرژی گرمایی حاصل حداکثر ممکن استفاده میشود. احتراق کامل (یعنی وقتی تمام هیدروژن و کربن سوخت با تمام اکسیژن هوا ترکیب شوند) یک مفهوم نظری است و در دستگاههای تاسیسات گرمایی قابل دسترسی نیست. بنابراین آنچه در عمل به دست می آید به نام احتراق ناقص خوانده میشود. محصول احتراق ناقص ممکن است ترکیبی از کربن نسوخته به شکل دود و دوده، مونواکسید کربن (که گازی سمی است) و همچنین گاز کربنیک و آب باشد.

تاسیسات گرمایی با بخار (Steam Heating Systems)

در تاسیسات گرمایی استفاده از بخار در طراحی و بهره برداری مزایایی دارد. بعنوان مثال یک پوند بخار در ۲۱۲ درجه فارنهایت وقتی کندانس میشود حدود ۱۰۰۰ بی تی یو گرما میدهد. از طرف دیگر، سیستم آبگرم با دمای رفت ۲۰۰ درجه فارنهایت و برگشت ۱۸۰ درجه فارنهایت، فقط ۲۰ بی تی یو در هر پوند گرما میدهد. بخار بر اثر فشار کارش، خود در سیستم جریان مییابد بنابراین نیازی به پمپ و موتور برای به گردش درآوردن بخار نیست.

در یک ظرف باز، در فشار محیط (آتمسفر)، آب در ۲۱۲ درجه فارنهایت تبخیر میشود و به جوش می آید. اما دمای جوش آب و یا هر مایع دیگر ثابت نیست و با فشار تغییر میکند. اگر قرار است فشار تغییر کند، مایع باید در یک ظرف سربسته باشد. در مورد آب و تاسیسات گرمایی این ظرف بسته، دیگ است. همین قدر که در دیگ آب باشد میتوان آن را در دمای ۱۰۰و ۳۰۰ درجه فارنهایت نیز ، به همان آسانی ۲۱۲ درجه فارنهایت ، تبخیر کرد. تنها لازم است فشار هم ارز با دمای جوش در دیگ فراهم باشد. بعنوان مثال اگر فشار در دیگ ۰/۹۵ پوند بر اینچ مربع مطلق باشد، دمای جوش آب ۱۰۰ درجه فارنهایت خواهد بود. اگر فشار به ۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع مطلق افزایش یابد، دمای جوش آب ۲۱۲ درجه فارنهایت خواهد شد. اگر فشار ۶۷ بشود دمای جوش ۳۰۰ درجه فارنهایت خواهد بود (جدول ۱-۹). یک سیستم بسته گرمایی با بخار کم فشار معمولاً دارای فشار حدود ۱۵ پوند بر اینچ مربع بالاتر از آتمسفر (۳۰ پوند بر اینچ مربع مطلق) و دمای حدود ۲۵۰ درجه فارنهایت است.

جدول ۱-۹ جدول دما - بخار خشک اشباع

دما	فشار مطلق		حجم مخصوص	انتالپی		
درجه فارنهایت	پوند بر اینچ مربع	اینچ. جیوه	مایع اشباع	بخار اشباع	مایع اشباع	گرمای نهان	بخار اشباع
t	P	P	V_f	V_g	H_f	H_{fg}	H_g
ستون۱	ستون۲	ستون۳	ستون۴	ستون۵	ستون۶	ستون۷	ستون۸
۳۲	۰/۰۸۸۵	۰/۱۸۰۳	۰/۰۱۶۰۲	۳۳۰۶/	۰/۰۰	۱۰۷۵/۸	۱۰۷۵/۸
۳۴	۰/۰۹۶۰	۰/۱۹۵۵	۰/۰۱۶۰۲	۳۰۶۱/	۲/۰۲	۱۰۷۴/۷	۱۰۷۶/۷
۳۶	۰/۱۰۴۰	۰/۲۱۱۸	۰/۰۱۶۰۲	۲۸۳۷/	۴/۰۳	۱۰۷۳/۶	۱۰۷۷/۶
۳۸	۰/۱۱۲۶	۰/۲۲۹۲	۰/۰۱۶۰۲	۲۶۳۲/	۶/۰۴	۱۰۷۲/۴	۱۰۷۸/۴
۴۰	۰/۱۲۱۷	۰/۲۴۷۸	۰/۰۱۶۰۲	۲۴۴۴/	۸/۰۵	۱۰۷۱/۳	۱۰۷۹/۳
۴۵	۰/۱۴۷۵	۰/۳۰۰۴	۰/۰۱۶۰۲	۲۰۳۶/۴	۱۳/۰۶	۱۰۶۸/۴	۱۰۸۱/۵
۵۰	۰/۱۷۸۱	۰/۳۶۲۶	۰/۰۱۶۰۳	۱۷۰۳/۲	۱۸/۰۷	۱۰۶۵/۶	۱۰۸۳/۷
۵۵	۰/۲۱۴۱	۰/۴۳۵۹	۰/۰۱۶۰۳	۱۴۳۰/۷	۲۳/۰۷	۱۰۶۲/۷	۱۰۸۵/۸
۶۰	۰/۲۵۶۳	۰/۵۲۱۸	۰/۰۱۶۰۴	۱۲۰۶/۷	۲۸/۰۶	۱۰۵۹/۹	۱۰۸۸/۰
۶۵	۰/۳۰۵۶	۰/۶۲۲۲	۰/۰۱۶۰۵	۱۰۲۱/۴	۳۳/۰۵	۱۰۵۷/۱	۱۰۹۰/۲
۷۰	۰/۳۶۳۱	۰/۷۳۹۲	۰/۰۱۶۰۶	۸۶۷/۹	۳۸/۰۴	۱۰۵۴/۳	۱۰۹۲/۳
۷۵	۰/۴۲۹۸	۰/۸۷۵۰	۰/۰۱۶۰۷	۷۴۰/۰	۴۳/۰۳	۱۰۵۱/۵	۱۰۹۴/۵
۸۰	۰/۵۰۶۹	۱/۰۳۲۱	۰/۰۱۶۰۸	۶۳۳/۱	۴۸/۰۲	۱۰۴۸/۶	۱۰۹۶/۶
۸۵	۰/۵۹۵۹	۱/۲۱۳۳	۰/۰۱۶۰۹	۵۴۳/۵	۵۳/۰۰	۱۰۴۵/۸	۱۰۹۸/۸
۹۰	۰/۶۹۸۲	۱/۴۲۱۵	۰/۰۱۶۱۰	۴۶۸/۰	۵۷/۹۹	۱۰۴۲/۹	۱۱۰۰/۹
۹۵	۰/۸۱۵۳	۱/۶۶۰۰	۰/۰۱۶۱۲	۴۰۴/۳	۶۲/۹۸	۱۰۴۰/۱	۱۱۰۳/۱
۱۰۰	۰/۹۴۹۲	۱/۹۳۲۵	۰/۰۱۶۱۳	۳۵۰/۴	۶۷/۹۷	۱۰۳۷/۲	۱۱۰۵/۲
۱۱۰	۱/۲۷۴۸	۲/۵۹۵۵	۰/۰۱۶۱۷	۲۶۵/۴	۷۷/۹۴	۱۰۳۱/۶	۱۱۰۹/۵
۱۲۰	۱/۶۹۲۴	۳/۴۴۵۸	۰/۰۱۶۲۰	۲۰۳/۲۷	۸۷/۹۲	۱۰۲۵/۸	۱۱۱۳/۷
۱۳۰	۲/۲۲۲۵	۴/۵۲۵۱	۰/۰۱۶۲۵	۱۵۷/۳۴	۹۷/۹۰	۱۰۲۰/۰	۱۱۱۷/۹
۱۴۰	۲/۸۸۸۶	۵/۸۸۱۲	۰/۰۱۶۲۹	۱۲۳/۰۱	۱۰۷/۸۹	۱۰۱۴/۱	۱۱۲۲/۰
۱۵۰	۳/۷۱۸	۷/۵۶۹	۰/۰۱۶۳۴	۹۷/۰۷	۱۱۷/۸۹	۱۰۰۸/۲	۱۱۲۶/۱
۱۶۰	۴/۷۴۱	۹/۶۵۲	۰/۰۱۶۳۹	۷۷/۲۹	۱۲۷/۸۹	۱۰۰۲/۳	۱۱۳۰/۲
۱۷۰	۵/۹۹۲	۱۲/۱۹۹	۰/۰۱۶۴۵	۶۲/۰۶	۱۳۷/۹۰	۹۹۶/۳	۱۱۳۴/۲
۱۸۰	۷/۵۱۰	۱۵/۲۹۱	۰/۰۱۶۵۱	۵۰/۲۳	۱۴۷/۹۲	۹۹۰/۲	۱۱۳۸/۱
۱۹۰	۹/۳۳۹	۱۹/۰۱۴	۰/۰۱۶۵۷	۴۰/۹۶	۱۵۷/۹۵	۹۸۴/۱	۱۱۴۲/۰
۲۰۰	۱۱/۵۲۶	۲۳/۴۶۷	۰/۰۱۶۶۳	۳۳/۶۴	۱۶۷/۹۹	۹۷۷/۹	۱۱۴۵/۹
۲۱۲	۱۴/۶۹۶	۲۹/۹۲۲	۰/۰۱۶۷۲	۲۶/۸۰	۱۸۰/۰۷	۹۷۰/۳	۱۱۵۰/۴
۲۵۰	۲۹/۸۲۵	۶۰/۷۲۵	۰/۰۱۷۰۰	۱۳/۸۲۱	۲۱۸/۴۸	۹۴۵/۵	۱۱۶۴/۰
۳۰۰	۶۷/۰۱۳	۱۳۶/۴۴	۰/۰۱۷۴۵	۶/۴۶۶	۲۶۹/۵۹	۹۱۰/۱	۱۱۷۹/۷
۳۵۰	۱۳۴/۶۳	۲۷۴/۱۱	۰/۰۱۷۹۹	۳/۳۴۲	۳۲۱/۶۳	۸۷۰/۷	۱۱۹۲/۳
۴۰۰	۲۴۷/۳۱	۵۰۳/۵۲	۰/۰۱۸۶۴	۱/۸۶۳۳	۳۷۴/۹۷	۸۲۶/۰	۱۲۰۱/۰
۴۵۰	۴۲۲/۶	۸۶۰/۴۱	۰/۰۱۹۴	۱/۰۹۹۳	۴۳۰/۱	۷۷۴/۵	۱۲۰۴/۶
۵۰۰	۶۸۰/۸	۱۳۸۶/۱	۰/۰۲۰۴	۰/۶۷۴۹	۴۸۷/۸	۷۱۳/۹	۱۲۰۱/۷
۶۰۰	۱۵۴۲/۹	۳۱۴۱/۳	۰/۰۲۳۶	۰/۲۶۶۸	۶۱۷/۰	۵۴۸/۵	۱۱۶۵/۵
۷۰۰	۳۰۹۳/۷	۶۲۹۸/۷	۰/۰۳۶۹	۰/۷۶۱	۸۲۳/۳	۱۷۲/۱	۹۹۵/۴
۷۰۵/۴	۳۲۰۶/۲	۶۵۲۷/۸	۰/۰۵۰۳	۰/۰۵۰۳	۹۰۲/۷	۰	۹۰۲/۷

مقدار گرمایی که لازم است تا آب به نقطه جوش برسد گرمای محسوس نام دارد. گرمای بیشتری برای تغییر حالت آن از آب به بخار نیاز است. این مقدار گرمای اضافی گرمای نهان یا «گرمای نهان تبخیر» نامیده میشود. برای تبخیر یک پوند آب در ۲۱۲ درجه فارنهایت به یک پوند بخار در ۲۱۲ درجه فارنهایت، ۹۷۰ بی تی یو گرما، لازم است (جدول ۱-۹). مقدار گرمایی که آب را در هر دما به بخار تبدیل میکند «گرمای کل» نامیده میشود و در واقع جمع گرمای محسوس و نهان است.

مثال ۱-۹ : یک پوند آب در یک ظرف سرباز و تحت فشار استاندارد قرار دارد. دمای آب ۳۲ درجه فارنهایت است. ۱۸۰ بی تی یو گرما، نیاز است تا این آب به ۲۱۲درجه فارنهایت برسد (۳۲-۲۱۲). برای تبدیل این یک پوند آب به یک پوند بخار در ۲۱۲ درجه فارنهایت ، ۹۷۰ بی تی یو لازم است. بنابراین مقدار گرمای کل برای تبدیل آب ۳۲ درجه فارنهایت به بخار ۲۱۲ درجه فارنهایت ۱۱۵۰ بی تی یو خواهد شد. از جدول ۱-۹، انتالپی (یا مقدار گرما) مایع اشباع (H_f) در ۲۱۲ درجه فارنهایت ۱۸۰/۰۷ بی تی یو در پوند است. انتالپی بخـــار اشـــباع (H_{fg}) ۹۷۰/۳ بی تی یو در هر پوند اســـت. انتالپی بخـــار اشـــباع (H_g) یا گرمای کل ۱۱۵۰/۴ بی تی یو در هر پوند میباشد (۱۸۰/۰۷ + ۹۷۰/۳).

رده بندی فشار سیستمهای گرمایی با بخار

سیستمهای بخار ممکن است بصورت کم فشار، میان فشار و پر فشار رده بندی شوند. توجه به این نکته مهم است که مقدار گرمای نهان بخار کم فشار بیش از مقدار گرمای نهان بخار پرفشار است. بخار کم فشار در ۲۵۰ درجه فارنهایت و ۳۰ پوند بر اینچ مربع مطلق (۹۴۶ بی تی یو در هر پوند) را با بخار پر فشار در ۷۰۰ درجه فارنهایت و ۳۰۹۴ پوند بر اینچ مربع (۱۷۲ بی تی یو در هر پوند) مقایسه کنید این نشان میدهد که گرچه ممکن است برای کارهای تولیدی و فرایندهای صنعتی نیاز به بخار پرفشار و دمای بالا باشد ولی بخار کم فشار کاربرد اقتصادی تری دارد.

تله های بخار

هدف از تله بخار جداسازی قسمت بخار از قسمت کندانسیت در یک سیستم گرمایی است. تله بخار کندانسیت را جمع کرده و اجازه میدهد از سیستم تخلیه شود و در عین حال خروج بخار را محدود میسازد. تله باید کندانسیت را جمع کرده و خیلی سریع تخلیه کند. اگر این کار را نکند بعلت کند شدن تبادل گرما، راندمان سیستم کاهش می یابد. علاوه بر این، جمع شدن کندانسیت باعث «ضربه قوچ» و خسارت دستگاهها خواهد شد. ضربه قوچ وقتی در سیستم توزیع بخار پدید می آید که در کف لوله توزیع بخار کندانسیت جمع شود و بوسیله سرعت بخار به جلو رانده شود. همچنانکه سرعت جریان بخار افزایش می یابد، کندانسیت جزیی از قسمت غیرقابل تراکم لخته آب میشود. اگر این لخته آب ناگهان در یکی از فیتینگها، زانوها، خمها و شیرها گیر بکند، یک ضربه موج پدید می آورد که اغلب موجب خسارت میشود (مثل از جا کندن صافیها، فیتینگها یا ترکاندن شیرها). کندانسیت را میتوان بطور ثقلی به دیگ برگشت داد و یا از سیستم مکانیکی استفاده کرد. در سیستم بسته از پمپ خلاء و در سیستم باز از پمپ کندانسیت استفاده میشود.

در سیستم گرمایی با بخار، آب به دیگ وارد شده و به بخار تبدیل میشود. وقتی آب تبخیر میشود، مقداری از هوای آب نیز داخل بخار میشود و با آن به مبدل گرمایی میرسد. همچنانکه گرما در مبدل گرمایی (و لوله ها) استفاده میشود، بخار به کندانس آب تبدیل میگردد. مقداری از هوای سیستم دوباره جذب آب میشود، اما مقدار زیاد آن در مبدل گرمایی جمع میشود، تله بخار برای جدا کردن هوا و ممانعت از جمع شدن آن نیز طراحی شده است (زیرا وجود هوا راندمان تبادل گرما را کاهش داده و ممکن است هوا گرفتگی در مبدل حرارتی ایجاد کند).

تله های بخار در انواع ترموستاتیک، مکانیکی یا ترمودینامیکی ساخته میشوند. تله های ترموستاتیکی اختلاف دمای بخار و کندانسیت را حس کرده و با استفاده از انبساط فانوس (bellows) یا نوار بی متال، مکانیزم شیر را به حرکت

در می آورد. تله های مکانیکی شناور دارند و با توجه به سطح کندانسیت شیر خروجی را برای فرار کندانسیت باز میکنند. در بعضی از تله های بخار ترمودینامیکی از یک دیسک استفاده میشود که وقتی با بخار سرعت بالا تماس پیدا میکند میبندد و هر گاه در معرض کندانس با سرعت پایین باشد باز میکند. انواع دیگر تله ها روزنه ای (orifice) دارند که وقتی کندانسیت داغ از آن عبور میکند به بخار تبدیل میشود. تله های بخار در نقاطی نصب میشوند که کندانسیت تشکیل و جمع میشود، مانند نقاط پایین سیستم توزیع بخار، زیر مبدلهای گرمایی و کویلها، زیر لوله های قائم (risers) و حلقه های انبساط ، در فاصله های معین زیر لوله های افقی، پیش از شیرها، در انتهای خطوط اصلی، پیش از پمپها و غیره.

تاسیسات گرمایی با آبگرم

سیستم تاسیسات گرمایی که در تاسیسات ساختمان دیده میشود غالباً سیستمهای آب گرم با دمای پایین است که معمولاً دمای خروجی دیگ در حدود ۱۷۰ الی ۲۰۰ درجه فارنهایت است.

دیگها

اساس ساختمان دیگهای آبی و بخاری با سوخت فسیلی مشابه است. ساختمان داخلی آن ممکن است با لوله «آتش خوار» (fire tube) یا با لوله آب (water tube) باشد. در دیگهای با لوله آتش ، محصول احتراق از لحظه احتراق داخل لوله ها شده و از دودکش خارج میشود. این لوله ها در آب غوطه ورند، گرمای محصول احتراق از جداره لوله ها به آب میرسد و آن را گرم میکند. دیگهای با لوله آتش ممکن است از نوع آتش خارجی یا آتش داخلی باشند. منظور از آتش خارجی (external fire) این است که احتراق خارج از دیگ صورت میگیرد و برعکس در دیگهای آتش داخلی احتراق داخل پوسته دیگ صورت میگیرد. رده بندی دیگر این نوع دیگ «پشت خیس» (wet-back)، و «پشت خشک» (dry-back) است. این موضوع به قسمت انتهایی محفظه احتراق اشاره دارد. از این قسمت دیگ بعنوان عایق استفاده میشود که گرمای محصول احتراق که ممکن است چند هزار درجه باشد به پوسته فولادی انتهای دیگ آسیب نرساند. اگر این قسمت پر از آب باشد به آن دیگ «پشت خیس» میگویند و اگر فقط پر از هوا باشد به دیگ «پشت خشک» مشهور است.

یکی دیگر از رده بندیهای دیگهای با لوله آتش تعداد گذر محصول احتراق در لوله ها قبل از خروج از دیگ است و ممکن ۲، ۳ یا ۴ گذر (pass) باشد. محفظه احتراق بعنوان اولین گذر محسوب میشود. بنابراین یک دیگ دو گذر فقط یک گذر دیگر بعد از محفظه احتراق دارد که پس از حلقه شدن به سمت جلو دیگ برمیگردد و خارج میشود. دیگ سه گذر یک دسته لوله دیگر دارد که محصول احتراق از طریق آن به قسمت عقب دیگ رسیده و از راه دودکش خارج میشود. یک راه ساده برای شناخت تعداد گذر دیگها محل دودکش آن است. دودکش دیگهای ۲و ۴ گذر در جلو دیگ و دودکش دیگهای ۳ گذر در عقب آن قرار دارد.

یکی دیگر از گروه بندیهای دیگهای با لوله آتش شکل ظاهری و موارد استفاده آنها است. دو نوع متداول که در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع استفاده میشود یکی دریایی (scotch marine type) و دیگری نوع فایرباکس (firebox) است. دیگهای دریایی در آغاز در کشتیهای بخار مورد استفاده قرار گرفت و شکل ظاهری آن به صورت یک استوانه است. دیگ فایر باکس مستطیل شکل است .

در دیگهای نوع لوله آب، آب در داخل تیوبها و آتش در خارج آن است. گازهای داغ حاصل از احتراق در اطراف و لابلای لوله ها حرکت میکند و پس از اینکه گرمای خود را به آب داخل لوله ها داد از طریق دودکش خارج میشود. اکثر دیگهای با لوله آب که در تاسیسات گرمایی استفاده میشوند شکل مستطیل دارند و دودکش آنها از بالا و از وسط دیگ خارج میشود.

مثال ۲-۹ : یک دیگ سه گذر، با لوله آتش ، با سوخت گاز طبیعی، جریان رانش هوا (forced draft) نوع

دریایی و پشت خیس موجود است. دیگ یک پوسته استوانه ای دارد که مخزن تحت فشار آن است. این مخزن بوسیله عایق پوشش داده شده تا اتلاف گرما به حداقل برسد. پوشش عایق نیز توسط یک روکش حفاظت میشود تا عایق آسیب نبیند. اجزای دیگر دیگ ، مشعل گاز طبیعی، بادزن با جریان رانشی و کنترلهای مختلف است. وقتی فرمان شروع به کار داده میشود، نخست فن شروع به کار کرده و سیکل تخلیه هوا (purge cycle) شروع میشود. در این موقع فن هوای داخل دیگ را از بیرون میگیرد و با فشار میفرستد و از طرف دیگر تخلیه میکند. این عمل به خاطر این است که اگر مواد قابل اشتعالی در دیگ باقی مانده باشد، خارج شود. سپس یک علامت الکتریکی شیر پیلوت را باز میکند و اجازه میدهد که گاز طبیعی به پیلوت برسد. دتکتور وجود شعله پیلوت را تایید کرده و اجازه میدهد که گاز به مشعل اصلی برسد. فن هوای تحت فشار را به داخل دیگ میفرستد و احتراق آغاز میشود. گازهای داغ حاصل از احتراق به گذر دوم و سوم رسیده و خارج میشوند و گرمای خود را به آب میدهند. دمای محفظه احتراق چند هزار درجه فارنهایت است. دمای دود خروجی از دیگ که در دودکش جریان دارد حدود ۳۲۰ درجه فارنهایت است.

فصل دهم - اجزای تشکیل دهنده زیرسیستم تبرید
(Refrigeration Subsystem Components)

سیستم تبرید گرمای ناخواسته را از محلی میگیرد و در جایی که مناسب باشد دفع میکند. اصول فیزیکی جوش آمدن مایعات اساس سیستم تبرید است. وقتی آب در یک ظرف ریخته میشود و به آن گرما داده میشود، در دمای ۲۱۲ درجه فارنهایت و در سطح دریا به جوش می آید و به بخار تبدیل میشود به این تغییر حالت از آب (مایع) به بخار (دمه) تبخیر میگویند. بخار یک دمه (vapor) بدون رنگ است. همچنانکه بخار از سطح آب جدا میشود و به سمت بالای ظرف میرود سرد میشود و دوباره به آب تبدیل میشود. به این تغییر حالت ، از دمه به مایع ، تقطیر میگویند.

مقدار گرمای محسوس (sensible) که یک پوند آب در هر دمایی را به دمای استاندارد جوش (۲۱۲ درجه فارنهایت) میرساند برابر است با حاصل ضرب اختلاف دما در گرمای مخصوص آب که ۱ بی تی یو در هر پوند است. برای مثال گرمای محسوس برای افزایش دمای یک پوند آب از۷۰ درجه فارنهایت به نقطه جوش برابر با۱۴۲ بی تی یو است (۷۰ - ۲۱۲).

مقدار گرمایی که لازم است تا یک پوند آب ۲۱۲ درجه فارنهایت را به یک پوند بخار ۲۱۲ درجه فارنهایت تبدیل کند «گرمای نهان تبخیر» آب نام دارد و برابر است با ۹۷۰ بی تی یو بنابراین ، مقدار کل گرما (محسوس + نهان) لازم برای تغییر یک پوند آب در ۷۰ درجه فارنهایت به یک پوند بخار ۲۱۲ درجه فارنهایت برابر است با ۱۱۱۲ بی تی یو (۹۷۰ + ۱۴۲) . «گرمای نهان تقطیر» عکس گرمای نهان تبخیر است و آن گرمایی است که یک پوند از هر دمه وقتی به مایع تبدیل میشود آزاد میکند. برای بخار در ۲۱۲ درجه فارنهایت ، گرمای نهان تقطیر ۹۷۰ بی تی یو در هر پوند است.

مبردها

مبرد سیالی است که در پروسه تبخیر گرمابخود میگیرد و در پروسه تقطیرآن را آزاد مینماید. این تعریف شامل آب نیز میشود بنابراین آب یک مبرد است و شماره آن R-718 است. اما از آب بعنوان مبرد در سیستمهای تراکمی دمه ای استفاده نمیشود زیرا نقطه جوش آن خیلی بالا است (۲۱۲ درجه فارنهایت در فشار آتمسفر)، بعبارت دیگر در شرایط استاندارد نمیتوان آب را با دمای هوای اتاق بجوش آورد. بنابراین اگر میخواستیم از آب بعنوان مبرد استفاده کنیم سیستم باید تحت خلاء می بود. برای بجوش آوردن آب در ۸۰ درجه فارنهایت فشار سیستم باید ۰/۵ پوند بر اینچ مربع مطلق باشد (جدول ۱-۹ فصل نهم). این تقریباً برابر با ۱ اینچ ستون جیوه است. به ترتیبی که در بیان خلاء معمول است میگویند ۲۹ اینچ. خلاء مطلق ۳۰ اینچ جیوه است. گرچه از آب بعنوان مبرد در سیستمهای تراکمی استفاده نمیشود ولی در سیکل جذبی (absorption) نقش مبرد را بازی میکند.

اکثر سیستمهای تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع از مبردهایی استفاده میکنند که نقطه جوش پایینی دارند مانند مونوکلرودی فلورومتان (monochlorodifluoromethane)(R-22). نقطه جوش مایع نسبت مستقیم با فشار آن دارد، اگر فشار افزایش یابد نقطه جوش بالا میرود و اگر فشار کم باشد مایع زودتر بجوش می آید.

مثال ۱-۱۰ : در سطح دریا و فشار ۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع مطلق سیال مبرد R-22 در ۴۰- درجه فارنهایت بجوش می آید. آب در سطح دریا در ۲۱۲ درجه فارنهایت میجوشد. آبی که تحت فشار ۲۵ پوند بر اینچ مربع مطلق باشد در ۲۴۰ درجه فارنهایت بجوش می آید. سیال مبرد R-22 با فشار ۸۳ پوند براینچ مربع مطلق در ۴۰+ درجه فارنهایت بجوش می آید.

رابطه فشار - دما

هر مبردی یک فشار اشباع مطابق با دمای اشباع خود دارد که برخی از آنها در زیر می آید:

مبرد	دما(درجه فارنهایت)	فشارسنج، پوند براینچ مربع بالاتر از آتمسفر (PSIG)
R-11	۸۶	۳/۵
R-11	۱۰۴	۱۰/۵
R-22	۸۶	۱۵۸/۲
R-22	۱۰۴	۲۰۷/۷
R-502	۸۶	۱۷۶/۶
R-502	۱۰۴	۲۲۸/۵

سیستم مکانیکی تراکمی تبرید

سیستم یاد شده یک سیستم بسته است که در آن :

- رابطه فشار و دما باید حفظ شود بطوریکه بتوان مبرد را تبخیر و سپس تقطیر نمود.
- از مبرد استفاده مجدد شود، یعنی اینکه مبرد مرتباً در سیکل گردش کند و گرما را از یک نقطه بگیرد و به محلی که مناسب است تخلیه کند.
- از آلوده شدن مبرد جلوگیری کند.
- هوا و سایر گازهای غیرقابل تقطیر را از سیستم خارج کند.
- رطوبت به سیستم راه نیابد. آب بسیار مخرب است زیرا با مبرد ترکیب شده و تشکیل اسید میدهد.
- دبی مبرد را کنترل کند.

سیستم تراکمی تبرید

سیکل تراکمی تبرید شامل چهار مرحله است : تبخیر، تراکم، تقطیر و انبساط

مثال ۲-۱۰ : برای توضیح سیکل تبرید و تبادل حرارت، از یک سیستم تهویه مطبوع آب به آب (شکل ۱-۱۰) استفاده میکنیم. مبرد نوع R-22 است و دما و فشار استفاده شده تقریبی است. دیاگرام فشار- انتالپی (enthalpy)، (شکل ۲-۱۰) سیکل تبرید را نشان میدهد.

سیکل را از کویل آب سرد شروع می کنیم. دمای خشک هوای ورودی به کویل ۷۶ درجه فارنهایت و دمای مرطوب آن ۶۶ درجه فارنهایت است. دمای خشک هوای خروجی از کویل ۶۰ درجه فارنهایت و دمای مرطوب آن ۵۸ درجه فارنهایت است. از منحنی سایکرومتریک یا جدول ۱-۱۰ میتوان دید که انتالپی هوای ورودی ۳۰/۸۳ و انتالپی هوای خروجی ۲۵/۱۲ بی تی یو در هر پوند است. اختلاف انتالپی (Δh) برابر است با ۵/۷۱ بی تی یو. جریان هوای عبوری از روی کویل ۲۵۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه (CFM) است. بنابراین گرمای که بوسیله آب از هوا گرفته میشود

۶۴۲۳۷۵ بی تی یو در ساعت یا ۵۳/۵ تن سرمایی است.

$$Btuh = CFM \times ۴/۵ \times \Delta h$$

$$Btuh = ۲۵۰۰۰ \times ۴/۵ \times ۵/۷۱$$

$$Btuh = ۶۴۲۳۷۵$$

$$\text{تن سرمایی} = \frac{Btuh}{۱۲۰۰۰\ Btuh/ton}$$

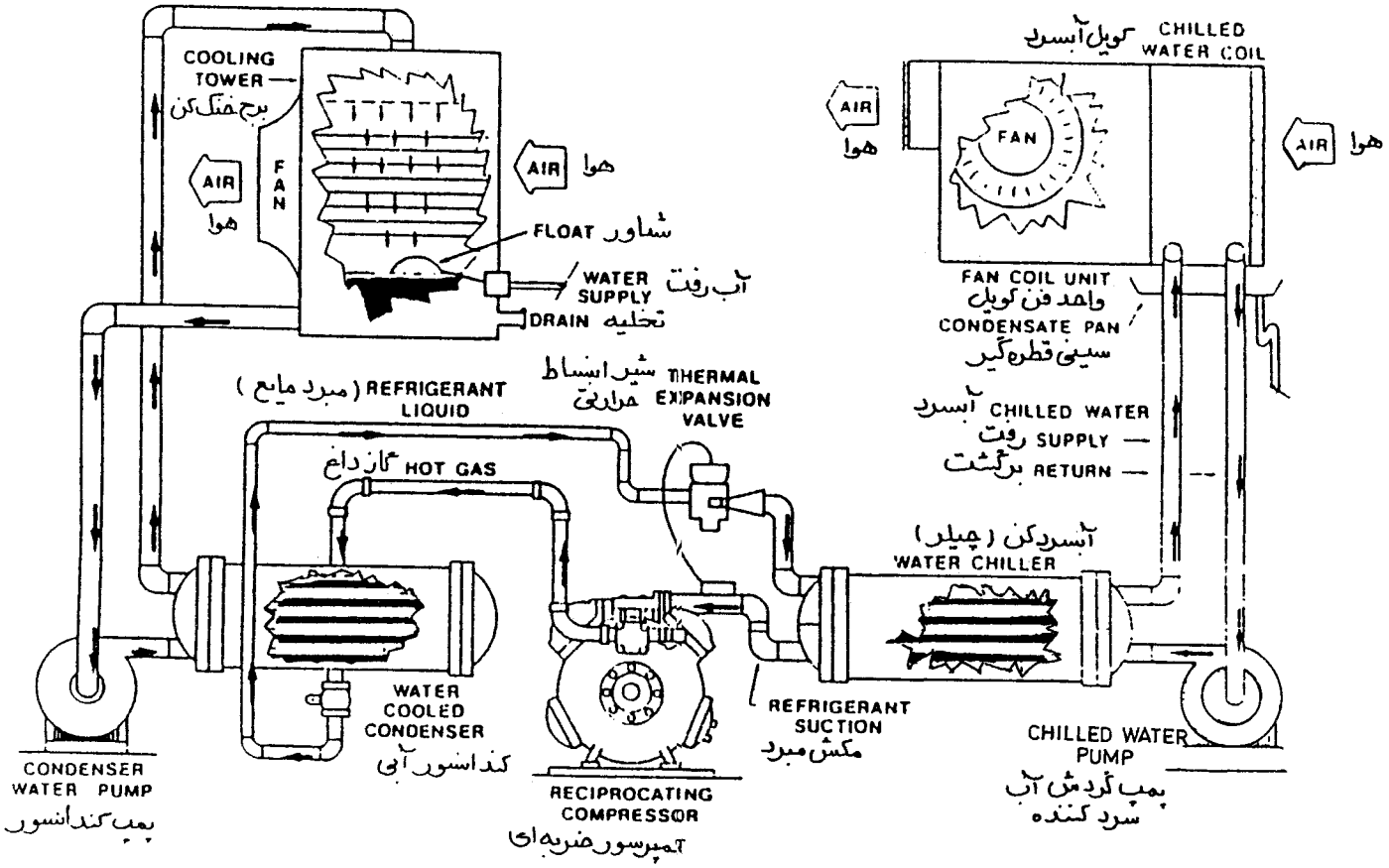
$$\text{تن سرمایی} = \frac{۶۴۲۳۷۵}{۱۲۰۰۰}$$

$$\text{تن سرمایی} = ۵۳/۵$$

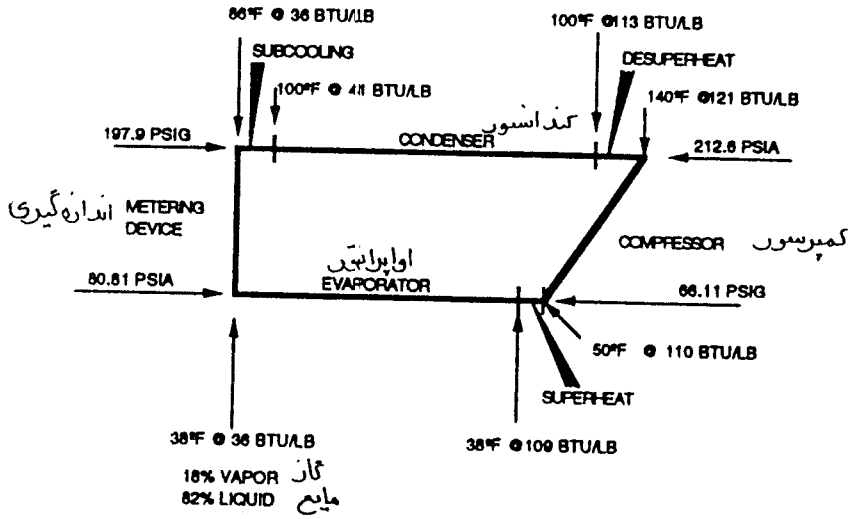
کویل از نوع جریان مخالف (Counter flow) بسته شده است. دمای آب سرد کننده ورودی ۴۵ و خروجی آن ۵۵ درجه فارنهایت است. بنابراین دبی آب سرد کننده ۱۲۸/۵ گالن در دقیقه است.

$$gpm = \frac{Btuh}{۵۰۰ \times \Delta T} = \frac{۶۴۲۳۷۵}{۵۰ \times ۱۰} = ۱۲۸/۵$$

آب از کویل خارج شده و بوسیله پمپ گردشی آب سرد کننده به چیلر باز میگردد. چیلر یک بخش اواپراتور دارد «سرد کننده آب»، (water cooler)، یک کمپرسور، یک کندانسور آبی، ابزار کنترل ، لوله کشی، وسایل جنبی و کنترل از دیگر بخشهای چیلر میباشند.



شکل ۱-۱۰ سیستم تهویه مطبوع آب به آب



شکل ۲-۱۰ دیاگرام انتالپی - فشار

جدول ۱-۱۰ مشخصات مخلوط هوا و بخار آب اشباع

جدول براساس فشار محیط برابر با ۲۹/۹۲ اینچ ستون جیوه

دما - فارنهایت	نسبت وزنی بخار اشباع بر پوند هوای خشک (HUMIDITY RATIO)		آنتالپی یک پوند هوای خشک بالاتر از صفردرجه فارنهایت برحسب بی تی یو	آنتالپی بخار اشباع، بی تی یو	آنتالپی مخلوط یک پوند هوای خشک با بخار اشباع به بی تی یو
	پوند	گرین			
۰	۰/۰۰۰۷۸۷	۵/۵۱	۰/۰	۰/۸۳۵	۰/۸۳۵
۲	۰/۰۰۰۸۷۴	۶/۱۲	۰/۴۸۰	۰/۹۲۸	۱/۴۰۸
۴	۰/۰۰۰۹۶۹	۶/۷۸	۰/۹۶۱	۱/۰۳۰	۱/۹۹۱
۶	۰/۰۰۱۰۷۴	۷/۵۲	۱/۴۴۱	۱/۱۴۲	۲/۵۸۳
۸	۰/۰۰۱۱۸۹	۸/۳۲	۱/۹۲۲	۱/۲۶۶	۳/۱۸۸
۱۰	۰/۰۰۱۳۱۵	۹/۲۱	۲/۴۰۲	۱/۴۰۱	۳/۸۰۳
۱۲	۰/۰۰۱۴۵۴	۱۰/۱۸	۲/۸۸۲	۱/۵۵۰	۴/۴۳۲
۱۴	۰/۰۰۱۶۰۶	۱۱/۲۴	۳/۳۶۳	۱/۷۱۳	۵/۰۷۶
۱۶	۰/۰۰۱۷۷۲	۱۲/۴۰	۳/۸۴۳	۱/۸۹۲	۵/۷۳۵
۱۸	۰/۰۰۱۹۲۳	۱۳/۶۷	۴/۳۲۴	۲/۰۸۸	۶/۴۱۲
۲۰	۰/۰۰۲۱۵۲	۱۵/۰۶	۴/۸۰۴	۲/۳۰۲	۷/۱۰۶
۲۲	۰/۰۰۲۳۶۹	۱۶/۵۸	۵/۲۸۴	۲/۵۳۶	۷/۸۲۰
۲۴	۰/۰۰۲۶۰۶	۱۸/۲۴	۵/۷۶۵	۲/۷۹۲	۸/۵۵۷
۲۶	۰/۰۰۲۸۶۵	۲۰/۰۶	۶/۲۴۵	۳/۰۷۲	۹/۳۱۷
۲۸	۰/۰۰۳۱۴۷	۲۲/۰۳	۶/۷۲۶	۳/۳۷۷	۱۰/۱۰۳
۳۰	۰/۰۰۳۴۵۴	۲۴/۱۸	۷/۲۰۶	۳/۷۰۹	۱۰/۹۱۵
۳۲	۰/۰۰۳۷۸۸	۲۶/۵۲	۷/۶۸۶	۴/۰۷۲	۱۱/۷۵۸
۳۳	۰/۰۰۳۹۴۴	۲۷/۶۱	۷/۹۲۷	۴/۲۴۲	۱۲/۱۶۹
۳۴	۰/۰۰۴۱۰۷	۲۸/۷۵	۸/۱۶۷	۴/۴۱۸	۱۲/۵۸۵
۳۵	۰/۰۰۴۲۷۵	۲۹/۹۳	۸/۴۰۷	۴/۶۰۱	۱۳/۰۰۸
۳۶	۰/۰۰۴۴۵۰	۳۱/۱۵	۸/۶۴۷	۴/۷۹۱	۱۳/۴۳۸
۳۷	۰/۰۰۴۶۳۱	۳۲/۴۲	۸/۸۸۷	۴/۹۸۷	۱۳/۸۷۴
۳۸	۰/۰۰۴۸۱۸	۳۳/۷۳	۹/۱۲۸	۵/۱۹۱	۱۴/۳۱۹
۳۹	۰/۰۰۵۰۱۲	۳۵/۰۸	۹/۳۶۸	۵/۴۰۳	۱۴/۷۷۱
۴۰	۰/۰۰۵۲۱۳	۳۶/۴۹	۹/۶۰۸	۵/۶۶۲	۱۵/۲۳۰
۴۱	۰/۰۰۵۴۲۱	۳۷/۹۵	۹/۸۴۸	۵/۸۴۹	۱۵/۶۹۷
۴۲	۰/۰۰۵۶۳۸	۳۹/۴۷	۱۰/۰۸۸	۶/۰۸۴	۱۶/۱۷۲
۴۳	۰/۰۰۵۸۶۰	۴۱/۰۲	۱۰/۳۲۹	۶/۳۲۸	۱۶/۶۵۷
۴۴	۰/۰۰۶۰۹۱	۴۲/۶۴	۱۰/۵۶۹	۶/۵۸۰	۱۷/۱۴۹
۴۵	۰/۰۰۶۳۳	۴۴/۳۱	۱۰/۸۰۹	۶/۸۴۱	۱۷/۶۵۰
۴۶	۰/۰۰۶۵۸	۴۶/۰۶	۱۱/۰۴۹	۷/۱۱۲	۱۸/۱۶۱
۴۷	۰/۰۰۶۸۴	۴۷/۸۸	۱۱/۲۸۹	۷/۳۹۱	۱۸/۶۸۰
۴۸	۰/۰۰۷۱۰	۴۹/۷۰	۱۱/۵۳۰	۷/۶۸۱	۱۹/۲۱۱
۴۹	۰/۰۰۷۳۷	۵۱/۵۹	۱۱/۷۷۰	۷/۹۸۱	۱۹/۷۵۱
۵۰	۰/۰۰۷۶۶	۵۳/۶۲	۱۲/۰۱۰	۸/۲۹۱	۲۰/۳۰۱
۵۱	۰/۰۰۷۹۵	۵۵/۶۵	۱۲/۲۵۰	۸/۶۱۲	۲۰/۸۶۲
۵۲	۰/۰۰۸۲۹	۵۷/۸۲	۱۲/۴۹۱	۸/۹۴۵	۲۱/۴۳۶
۵۳	۰/۰۰۸۵۷	۵۹/۹۹	۱۲/۷۳۱	۹/۲۸۹	۲۲/۰۲۰
۵۴	۰/۰۰۸۸۹	۶۳/۲۳	۱۲/۹۷۱	۹/۶۴۴	۲۲/۶۱۵

ادامه **جدول ۱-۱۰** مشخصات مخلوط هوا و بخار آب اشباع

دما - فارنهایت	نسبت وزنی بخار اشباع بر پوند هوای خشک (HUMIDITY RATIO)		آنتالپی یک پوند هوای خشک بالاتر از صفردرجه فارنهایت برحسب بی تی یو	آنتالپی بخار اشباع، بی تی یو	آنتالپی مخلوط یک پوند هوای خشک با بخار اشباع به بی تی یو
	پوند	گرین			
۵۵	۰/۰۰۹۲۳	۶۴/۶۱	۱۲٫۲۱۱	۱۰/۰۱	۲۳/۲۲
۵۶	۰/۰۰۹۵۸	۶۷/۰۶	۱۲٫۴۵۲	۱۰/۳۹	۲۳/۸۴
۵۷	۰/۰۰۹۹۳	۶۹/۵۱	۱۲٫۶۹۲	۱۰/۷۹	۲۴/۴۸
۵۸	۰/۰۱۰۳۰	۷۲/۱۰	۱۲٫۹۳۲	۱۱/۱۹	۲۵/۱۲
۵۹	۰/۰۱۰۶۹	۷۴/۸۳	۱۴٫۱۷۲	۱۱/۶۱	۲۵/۷۸
۶۰	۰/۰۱۱۰۸	۷۷/۵۶	۱۴٫۴۱۳	۱۲/۰۵	۲۶/۴۶
۶۱	۰/۰۱۱۴۹	۸۰/۴۳	۱۴٫۶۵۳	۱۲/۵۰	۲۷/۱۵
۶۲	۰/۰۱۱۹۱	۸۳/۳۷	۱۴٫۸۹۳	۱۲/۹۶	۲۷/۸۵
۶۳	۰/۰۱۲۳۵	۸۶/۴۵	۱۵/۱۳۴	۱۳/۴۴	۲۸/۵۷
۶۴	۰/۰۱۲۸۰	۸۹/۶۰	۱۵/۳۷۴	۱۳/۹۴	۲۹/۳۱
۶۵	۰/۰۱۳۲۶	۹۲/۸۲	۱۵/۶۱۴	۱۴/۴۵	۳۰/۰۶
۶۶	۰/۰۱۳۷۴	۹۶/۱۸	۱۵/۸۵۵	۱۴/۹۸	۳۰/۸۳
۶۷	۰/۰۱۴۲۴	۹۹/۶۸	۱۶/۰۹۵	۱۵/۵۳	۳۱/۶۲
۶۸	۰/۰۱۴۷۵	۱۰۳/۳	۱۶/۳۳۵	۱۶/۰۹	۳۲/۴۲
۶۹	۰/۰۱۵۲۸	۱۰۷/۰	۱۶/۵۷۶	۱۶/۶۷	۳۳/۲۵
۷۰	۰/۰۱۵۸۲	۱۱۰/۷	۱۶/۸۱۶	۱۷/۲۷	۳۴/۰۹
۷۱	۰/۰۱۶۳۹	۱۱۴/۷	۱۷/۰۵۶	۱۷/۸۹	۳۴/۹۵
۷۲	۰/۰۱۶۹۷	۱۱۸/۸	۱۷/۲۹۷	۱۸/۵۳	۳۵/۸۳
۷۳	۰/۰۱۷۵۷	۱۲۳/۰	۱۷/۵۳۷	۱۹/۲۰	۳۶/۷۴
۷۴	۰/۰۱۸۱۹	۱۲۷/۳	۱۷/۷۷۸	۱۹/۸۸	۳۷/۶۶
۷۵	۰/۰۱۸۸۲	۱۳۱/۷	۱۸/۰۱۸	۲۰/۵۹	۳۸/۶۱
۷۶	۰/۰۱۹۴۸	۱۳۶/۴	۱۸/۲۵۹	۲۱/۳۱	۳۹/۵۷
۷۷	۰/۰۲۰۱۶	۱۴۱/۱	۱۸/۴۹۹	۲۲/۰۷	۴۰/۵۷
۷۸	۰/۰۲۰۸۶	۱۴۶/۰	۱۸/۷۴۰	۲۲/۸۴	۴۱/۵۸
۷۹	۰/۰۲۱۵۸	۱۵۱/۱	۱۸/۹۸۰	۲۳/۶۴	۴۲/۶۲
۸۰	۰/۰۲۲۳۳	۱۵۶/۳	۱۹/۲۲۱	۲۴/۴۷	۴۳/۶۹
۸۱	۰/۰۲۳۱۰	۱۶۱/۷	۱۹/۴۶۱	۲۵/۳۲	۴۴/۷۸
۸۲	۰/۰۲۳۸۹	۱۶۷/۲	۱۹/۷۰۲	۲۶/۲۰	۴۵/۹۰
۸۳	۰/۰۲۴۷۱	۱۷۳/۰	۱۹/۹۴۲	۲۷/۱۰	۴۷/۰۴
۸۴	۰/۰۲۵۵۵	۱۷۸/۹	۲۰/۱۸۳	۲۸/۰۴	۴۸/۲۲
۸۵	۰/۰۲۶۴۲	۱۸۴/۹	۲۰/۴۲۳	۲۹/۰۱	۴۹/۴۳
۸۶	۰/۰۲۷۳۱	۱۹۱/۲	۲۰/۶۶۳	۳۰/۰۰	۵۰/۶۶
۸۷	۰/۰۲۸۲۴	۱۹۷/۷	۲۰/۹۰۴	۳۱/۰۳	۵۱/۹۳
۸۸	۰/۰۲۹۱۹	۲۰۴/۳	۲۱/۱۴۴	۳۲/۰۹	۵۳/۲۳
۸۹	۰/۰۳۰۱۷	۲۱۱/۲	۲۱/۳۸۵	۳۳/۱۸	۵۴/۵۶
۹۰	۰/۰۳۱۱۸	۲۱۸/۳	۲۱/۶۲۵	۳۴/۳۱	۵۵/۹۳
۹۱	۰/۰۳۲۲۳	۲۲۵/۶	۲۱/۸۶۵	۳۵/۴۷	۵۷/۳۳
۹۲	۰/۰۳۳۳۰	۲۳۳/۱	۲۲/۱۰۶	۳۶/۶۷	۵۸/۷۸
۹۳	۰/۰۳۴۴۱	۲۴۰/۹	۲۲/۳۴۶	۳۷/۹۰	۶۰/۲۵
۹۴	۰/۰۳۵۵۶	۲۴۸/۹	۲۲/۵۸۷	۳۹/۱۸	۶۱/۷۷

ادامه جدول ۱-۱۰ مشخصات مخلوط هوا و بخار آب اشباع

دما - فارنهایت	نسبت وزنی بخار اشباع بر پوند هوای خشک (HUMIDITY RATIO)		آنتالپی یک پوند هوای خشک بالاتر از صفردرجه فارنهایت برحسب بی تی یو	آنتالپی بخار اشباع، بی تی یو	آنتالپی مخلوط یک پوند هوای خشک با بخار اشباع به بی تی یو
	پوند	گرین			
۹۵	۰/۰۳۶۷۳	۲۵۷/۱	۲۲/۸۲۷	۴۰/۴۹	۶۳/۳۲
۹۶	۰/۰۳۷۹۵	۲۶۵/۷	۲۳/۰۶۸	۴۱/۸۵	۶۴/۹۲
۹۷	۰/۰۳۹۲۰	۲۷۴/۴	۲۳/۳۰۸	۴۳/۲۴	۶۶/۵۵
۹۸	۰/۰۴۰۴۹	۲۸۳/۴	۲۳/۵۴۸	۴۴/۶۸	۶۸/۲۳
۹۹	۰/۰۴۱۸۲	۲۹۲/۷	۲۳/۷۸۹	۴۶/۱۷	۶۹/۹۶
۱۰۰	۰/۰۴۳۱۹	۳۰۲/۳	۲۴/۰۲۹	۴۷/۷۰	۷۱/۷۳
۱۰۱	۰/۰۴۴۶۰	۳۱۲/۲	۲۴/۲۷۰	۴۹/۲۸	۷۳/۵۵
۱۰۲	۰/۰۴۶۰۶	۳۲۲/۴	۲۴/۵۱۰	۵۰/۹۱	۷۵/۴۲
۱۰۳	۰/۰۴۷۵۶	۳۳۲/۹	۲۴/۷۵۱	۵۲/۵۹	۷۷/۳۴
۱۰۴	۰/۰۴۹۱۱	۳۴۳/۸	۲۴/۹۹۱	۵۴/۳۲	۷۹/۳۱
۱۰۵	۰/۰۵۰۷	۳۵۵/۰	۲۵/۲۳۲	۵۶/۱۱	۸۱/۳۴
۱۰۶	۰/۰۵۲۳	۳۶۶/۰	۲۵/۴۷۲	۵۷/۹۵	۸۳/۴۲
۱۰۷	۰/۰۵۴۰	۳۷۸/۰	۲۵/۷۱۳	۵۹/۸۵	۸۵/۵۶
۱۰۸	۰/۰۵۵۸	۳۹۱/۰	۲۵/۹۵۳	۶۱/۸۰	۸۷/۷۶
۱۰۹	۰/۰۵۷۶	۴۰۳/۰	۲۶/۱۹۴	۳۲/۸۲	۹۰/۰۳
۱۱۰	۰/۰۵۹۴	۴۱۶/۰	۲۶/۴۳	۶۵/۹۱	۹۲/۳۴
۱۱۱	۰/۰۶۱۴	۴۳۰/۰	۲۶/۶۷۵	۶۸/۰۵	۹۴/۷۲
۱۱۲	۰/۰۶۳۳	۴۴۳/۰	۲۶/۹۱۵	۷۰/۲۷	۹۷/۱۸
۱۱۳	۰/۰۶۵۴	۴۵۸/۰	۲۷/۱۵۶	۷۲/۵۵	۹۹/۷۱
۱۱۴	۰/۰۶۷۵	۴۷۳/۰	۲۷/۳۹۷	۷۴/۹۱	۱۰۲/۳۱
۱۱۵	۰/۰۹۶۹	۴۸۷/۰	۲۷/۶۳۷	۷۷/۳۴	۱۰۴/۹۸
۱۱۶	۰/۰۷۱۹	۵۰۳/۰	۲۷/۸۷۸	۷۹/۸۵	۱۰۷/۷۳
۱۱۷	۰/۰۷۴۲	۵۱۹/۰	۲۸/۱۱۹	۸۲/۴۳	۱۱۰/۵۵
۱۱۸	۰/۰۷۵۶	۵۳۶/۰	۲۸/۳۵۹	۸۵/۱۰	۱۱۳/۴۶
۱۱۹	۰/۰۷۹۰	۵۵۳/۰	۲۸/۶۰۰	۸۷/۸۶	۱۱۶/۴۶
۱۲۰	۰/۰۸۱۵	۵۷۰/۰	۲۸/۸۴۱	۹۰/۷۰	۱۱۹/۵۴
۱۲۵	۰/۰۹۵۴	۶۶۸/۰	۳۰/۰۴۴	۱۰۶/۴	۱۳۶/۴۴
۱۳۰	۰/۱۱۱۶	۷۸۱/۰	۳۱/۲۴۸	۱۲۴/۷	۱۵۵/۹
۱۳۵	۰/۱۳۰۸	۹۱۶/۰	۳۲/۴۵۲	۱۴۶/۴	۱۷۸/۹
۱۴۰	۰/۱۵۳۴	۱۰۷۴/۰	۳۳/۶۵۵	۱۷۲/۰	۲۰۵/۷
۱۴۵	۰/۱۸۰۳	۱۲۶۲/۰	۳۴/۸۵۹	۲۰۲/۵	۲۳۷/۴
۱۵۰	۰/۲۱۲۵	۱۴۸۸/۰	۳۶/۰۶۳	۲۳۹/۲	۲۷۵/۳
۱۵۵	۰/۲۵۱۴	۱۷۶۰/۰	۳۷/۲۶۷	۲۸۳/۵	۳۲۰/۸
۱۶۰	۰/۲۹۹۰	۲۹۰۳/۰	۳۸/۴۷۲	۳۳۷/۸	۳۷۶/۳
۱۶۵	۰/۳۵۸۱	۲۵۰۷/۰	۳۹/۶۷۷	۴۰۵/۳	۴۴۵/۰
۱۷۰	۰/۴۳۲۷	۳۰۲۸/۹	۴۰/۸۸۲	۴۹۰/۶	۵۳۱/۵
۱۷۵	۰/۵۲۹۲	۳۷۰۴/۴	۴۲/۰۸۷	۶۰۱/۱	۶۴۳/۲
۱۸۰	۰/۶۵۷۸	۴۶۰۴/۶	۴۳/۲۹۲	۷۴۸/۵	۷۹۱/۸
۱۸۵	۰/۸۳۶۳	۵۸۵۴/۱	۴۴/۴۹۸	۹۵۳/۲	۹۹۷/۷
۱۹۰	۱/۰۹۹	۷۶۹۳/۰	۴۵/۷۰۴	۱۲۵۵/۰	۱۳۰۱/۰
۲۰۰	۲/۲۹۵	۱۶۰۶۵/۰	۴۸/۱۱۹	۲۶۲۹/۰	۲۶۷۷/۰

مرحله اول : تبخیر(Vaporization)

مرحله تبخیر همان مرحله ای است که گرمای ناخواسته از آب گرفته و جذب مبرد میشود. اجزای مرحله تبخیر تشکیل شده است از یک مبدل حرارتی بنام اواپوراتور. سیال گرم (ممکن است آب یا هوا باشد که از اواپوراتور گذر میکند)، و مبرد سرد که به حالت مخلوطی از مایع و بخار از اواپوراتور رد میشوند. برای اینکه گرما منتقل شود باید اختلاف دما وجود داشته باشد. گرما همیشه از دمای بزرگتر به دمای کوچکتر منتقل میشود. در این مثال، دمای مبرد دراواپوراتور چیلر۳۸ درجه فارنهایت و دمای آب ورودی ۵۵ درجه فارنهایت است.همچنانکه آب گرم از روی لوله های اواپوراتور عبور میکند گرمای خود را به مبرد مایع که داخل لوله ها جریان دارد میدهد. مبرد که گرم میشود، فوراً بخـار میشـود زیرا دمای جوش آن ۳۸ درجـه فارنهایت اسـت (۳۸ درجـه فارنهایت دمـای اواپوراتور با دمـای مکش (suction temperature) است. زمانیکه مبرد وارد اواپوراتور میشود مخلوطی از بخار و مایع است. حدود ۱۸ درصد آن بخار و ۸۲ درصد مایع است. انتالپی یا کل مقدار گرمای این مخلوط تقریباً ۳۶ بی تی یو در پوند است. در مدتی که مبرد از لوله های اواپوراتور عبور میکند مرحله جوشیدن ادامه می یابد. وقتی تمام مبرد تبخیر شود مقدار کل گرمای آن ۱۰۹ بی تی یو در هر پوند است. بنابراین، هر پوند مبرد که از اواپوراتور عبور میکند، ۷۳ بی تی یو گرما از آب میگیرد (۳۶ - ۱۰۹)، که به آن «اثر خالص تبرید (net refrigeration effect)» میگویند. در طول مدتی که مبرد تغییر حالت میدهد و از مایع به بخار تبدیل میشود دمای آن در ۳۸ درجه فارنهایت ثابت میماند. اما پس از اینکه تمام مایع به بخار تبدیل شد (این کار در انتهای اواپوراتور صورت میگیرد)، بخار مبرد میتواند گرمای بیشتری را جذب نماید که به گرمای محسوس معروف است. این مرحله از کار «سوپر هیت کردن بخار» نامیده میشود. تنها بخار را میتوان سوپر هیت کرد. مبرد با دمای ۵۰ درجه فارنهایت وارد کمپرسور میشود. مقدار کـل گرمای گاز مبـرد ۱۱۰ بی تی یو در هر پوند است. این سیستم ۱۲ درجه سوپر هیت شده (۳۸ -۵۰) و ۱ بی تی یو در هر پوند گرما گرفته است (۱۰۹ - ۱۱۰). سوپر هیت کردن مبرد برای این است که مطمئن شویم تنها گاز مبرد وارد کمپرسور میشود و مرحله تبخیر گرما را از آب گرفته است. در این مرحله مخلوط مایع - بخار با دمای پایین (۳۸ درجه فارنهایت) و فشار پایین(۸۰/۸۱ پوند بر اینچ مربع مطلق، ۶۶/۱۱ پوند براینچ مربع فشارسنج) به بخار (گاز) با دمای پایین و فشار پایین تبدیل شده است (۳۸ درجه فارنهایت،۶۶/۱۱ پوند براینچ مربع فشارسنج).

مرحله دوم : تراکم (Compression)

گاز مبرد اواپوراتور را ترک کرده و وارد لوله مکش میشود. پس از آن وارد کمپرسور مکانیکی با محرک برقی میشود. این مرحله تراکم است. کمپرسور دو وظیفه اساسی در سیکل تبرید دارد. یکی این است که گاز مبرد را از اواپوراتور بکشد تا دما و فشار مناسب در آن حفظ شود. وظیفه دوم کمپرسور این است که فشار گاز مبرد را در پروسه افزایش دهد و در عین حال دمای گاز مبرد را نیز بالا ببرد. بخاطر داشته باشید که بالا بردن فشار گاز مبرد، دمای آن را نیز افزایش میدهد. این تغییر فشار، یا افزایش فشار در دو طرف کمپرسور باعث میشود که نیروی لازم برای حرکت مبرد در تمام سیکل ایجاد شود.

مثال بالا را در این مرحله ادامه میدهیم:

کمپرسور فشار گاز مبرد را به ۲۱۲/۶ پوند بر اینچ مربع مطلق افزایش میدهد دمای هم ارز این فشار حدود ۱۰۰ درجه فارنهایت است. این دمای تقطیر (condensing temperature) و دمای داخل کندانسور است. اما دمای واقعی گاز خروجی حدود ۱۴۰ درجه فارنهایت است. گرمای اضافی (۴۰ درجه فارنهایت) مرحله تراکم در کمپرسور جذب میشود و به آن «گرمای تراکم» میگویند. این ۴۰ درجه افزایش گرمای محسوس است. کل گرمای گاز در ۱۴۰ درجه فارنهایت ۱۲۱ بی تی یو در هرپوند است. درمرحله تراکم، گازمبرد ۱۱ بی تی یو درهرپوند برداشته است (۱۱۰-۱۲۱). مبرد اکنون، نسبت به فشار کم و دمای پایین در اواپوراتور یک بخار (گاز) در دمای بالا و فشار بالا محسوب میشود.

مرحله سوم : تقطیر (Condensation)

این همان مرحله ای است که گرمای سیکل تبرید دور ریخته میشود. مرحله تقطیر از یک مبدل گرمایی بنام کندانسور تشکیل شده که از یک طرف سیال خنک (هوا یا آب) و از طرف دیگر مبرد داغ (در حالت مخلوط مایع بخار) از آن عبور میکنند. برای اینکه مبرد بتواند در اواپوراتور دوباره گرماجذب کند باید مجدداً به یک مایع با دمای پایین تبدیل شود. گرفتن گرما از بخار (گاز) در کندانسور باعث میشود که بخار (گاز) به مایع تبدیل شود به این مرحله تقطیر میگویند. برای انتقال گرما اختلاف دما لازم است. جهت انتقال گرما همیشه از دمای بزرگتر به طرف دمای کوچکتر است. دمای آب ورودی به کندانسور ۸۵ درجه فارنهایت است. دمای گاز ورودی مبرد ۱۴۰ درجه فارنهایت است. چون آب از مبرد سردتر است بنابراین گرما از مبرد جذب آب میشود. مبرد سرد و آب گرم میشود. در اینجا میگویند کندانسور گرمای خود را از طریق آب «دور» میریزد. گرمای اواپوراتور (۷۳ بی تی یو در هر پوند) و گرمای کمپرسور (۱۱ بی تی یو در هر پوند) و سوپر هیت (۱ بی تی یو در هر پوند) جمع گرمایی است که باید دور ریخته شود (۸۵ بی تی یو در هر پوند).

در این مثال، بخار (گاز) با فشار بالا و دمای بالا در ۱۴۰ درجه فارنهایت (۱۲۱ بی تی یو در هر پوند) از کمپرسور خارج و از طریق خط خروجی به کندانسور وارد میشود. در لوله خروجی و در آغاز ورود به کندانسور بخار(گاز) ۴۰ درجه فارنهایت گرمای محسوس (۸ بی تی یو در هر پوند) دور میریزد. بعبارت دیگر ، فشار بخار که ۲۱۲/۶ پوند بر اینچ مربع مطلق است فقط میتواند دمای هم ارز خود یعنی ۱۰۰ درجه فارنهایت داشته باشد و بنابراین ۴۰ درجه کاهش می یابد. به این عمل دی سوپر هیت (desuper heating) میگویند. فقط سیال در حالت بخار (گاز) را میتوان دی سوپر هیت کرد. بخار (گاز) مبرد در کندانسور اینک دمای ۱۰۰ درجه فارنهایت دارد (۲۱۲/۶ پوند بر اینچ مربع مطلق). مقدار گرمای بخار(گاز) مبرد در این دما برابر است با ۱۱۳ بی تی یو در پوند.

در طول مدتی که بخار مبرد از کندانسور عبور میکند مرحله تقطیر ادامه می یابد. تا زمانیکه مبرد تغییر حالت میدهد و از بخار به مایع تبدیل میشود و دمای آن ۱۰۰ درجه فارنهایت، باقی میماند و ۴۱ بی تی یو در هر پوند گرما دارد. هر پوند مبرد ۷۲ بی تی یو گرمای نهان تقطیر از دست داده است (۴۱ - ۱۱۳).

بعد از اینکه تمام بخار به مایع تبدیل شد، مایع میتواند گرمای بیشتری از خود دور بریزد این گرمای محسوس است که در کندانسور دور ریخته میشود. به این عمل «اضافه سرد شدن» (subcooling) میگویند. تنها مایع را میتوان اضافه سرد کرد. در مدتی که مبرد که هم اکنون مایع با فشار و دمای بالا است (۱۰۰ درجه فارنهایت و ۲۱۲/۶ پوند بر اینچ مربع مطلق) از کندانسور خارج و وارد خط مایع شده و به مرحله انبساط نزدیک میشود گرما از دست میدهد. مایع تا ۸۶ درجه فارنهایت اضافه سرد میشود و ۱۴ درجه گرمای محسوس از دست میدهد (۸۶ - ۱۱۰) . مایع مبرد هم اکنون گرمای ۳۶ بی تی یو در پوند دارد. هر پوند مبرد که از کندانسور، لوله خروجی و خط مایع میگذرد حدود ۸ بی تی یو سوپر هیت (۱۱۳ - ۱۲۱) ، ۷۲ بی تی یو گرمای نهان تقطیر (۴۱ - ۱۱۳) و ۵ بی تی یو گرمای محسوس اضافه سرد (۳۶ - ۴۱) که جمع کل آن ۸۵ بی تی یو در هر پوند است از دست میدهد.

مرحله چهارم : انبساط (Expansion)

مرحله انبساط که شامل شیر فشارشکن و وسیله سنجش است وظیفه دارد که فشار مبرد و دمای هم ارز آن را کاهش دهد. این مرحله ورود مقدار مبرد به اواپوراتور را نیز کنترل میکند.

در این مثال، مبرد مایع با ۸۶ درجه فارنهایت (و همچنان ۲۱۲/۶ پوند بر اینچ مربع فشار مطلق) وارد مرحله انبساط میگردد. در این مرحله فشار کاهش می یابد. (از ۲۱۲/۶ به ۸۰/۸۱ پوند بر اینچ مربع فشار مطلق) تا نقطه جوش مبرد مایع از ۱۰۰ درجه فارنهایت به ۳۸ درجه فارنهایت برسد. اما دمای مبرد مایع هنوز بالای این نقطه جوش جدید است و حدود ۸۶ درجه فارنهایت است. چون مبرد مایع گرمتر از نقطه جوش خود است، قسمتی از مبرد شروع

به جوش آمدن میکند این نوع جوش آمدن مایع را «جوش آمدن ناگهانی (flashing)» میگویند. قسمتی از مبرد مایع که فلاش میشود تغییر حالت میدهد و از مایع به بخار(گاز) تبدیل میشود. به این بخار «گاز آنی(flash gas) » میگویند. وقتی قسمتی از مایع بطور آنی بخار میشود مقداری گرما از مابقی مبرد میگیرد. عمل فلاشینگ ادامه می یابد تا مابقی مبرد مایع سرد شده و به نقطه جوش خود که هم ارز فشار مایع است برسد. بعبارت دیگر، مبرد (در این مثال) هم اینک دوباره به دمای ۳۸ درجه فارنهایت و فشار مطلق ۸۰/۸۱ پوند بر اینچ مربع مطلق رسیده است. مبرد بار دیگر یک مایع کم فشار با دمای پایین است و آماده گرفتن گرمای بیشتر از اواپوراتور و تکرار سیکل میباشد. ۱۸ درصد مبرد بطور آنی بخار شده و ۸۲ درصد دیگر آماده گرفتن گرما است.

مرحله تخلیه گرما (Heat Rejection) در برج خنک کن

آب از برج خنک کن در ۸۵ درجه فارنهایت وارد کندانسور شده و گرما را از مبرد میگیرد و در خروج دمای آن به ۹۵ درجه فارنهایت میرسد. دبی آب در کندانسور و برج ۱۴۹/۵ گالن در دقیقه است. یک بادزن با دور متغیر مقداری هوا از روی آب عبور میدهد که دمای خروجی ۸۵ درجه فارنهایت بماند. هوایی که از روی آب میگذرد آب را تبخیر و در نتیجه خنک میکند. گرمای کل تخلیه شده در برج ۷۴۷٫۵۰۰ بی تی یو در ساعت است.

اختلاف دما x ۵۰۰ x گالن در دقیقه = کل گرمای تخلیه شده (btuh)

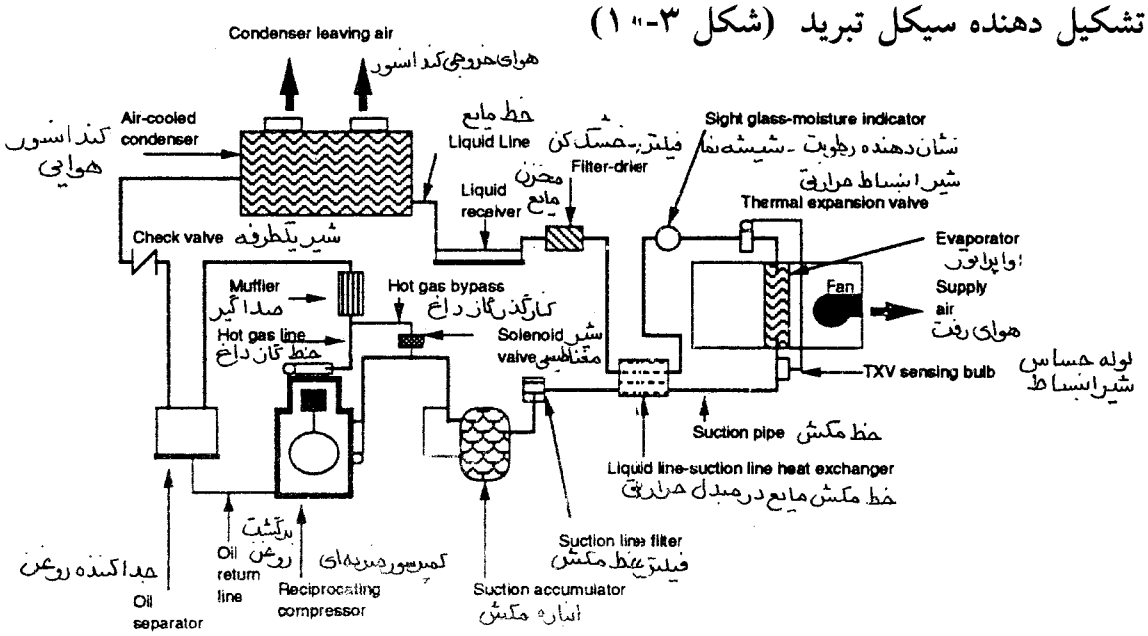
۱۰ x ۵۰۰ x ۱۴۹/۵ = کل گرمای تخلیه شده (btuh)

۷۴۷۵۰۰ = کل گرمای تخلیه شده (btuh)

$$\text{تن سرمایی} = \frac{\text{بی تی یو}}{\text{بی تی یو ساعت در هر تن ۱۲۰۰۰}}$$

$$\text{تن سرمایی(T.R.)} = \frac{۷۴۷۵۰۰}{۱۲۰۰۰} = ۶۲/۳$$

اجزای تشکیل دهنده سیکل تبرید (شکل ۳-۱۰)



شکل ۳-۱۰ اجزای تشکیل دهنده سیکل تبرید

کمپرسورها

یک وظیفه کمپرسور، پمپ کردن گاز از اواپوراتور به کندانسور است. کمپرسور باید قادر باشد به سرعتی که مبرد در اواپوراتور تبخیر میشود آن را به کندانسور بفرستد. اگر کند کار کند، بخار مبرد جمع شده در اواپوراتور فشار داخلی را بالا میبرد که در این صورت دمای جوش مبرد بالا میرود و مرحله خنک کنندگی متوقف میگردد. وظیفه دوم کمپرسور رساندن گاز مبرد از فشار پایین به فشار بالا است. در مرحله تراکم گاز مبرد گرما به خود میگیرد و از گاز کم دما به گاز با دمای زیاد تبدیل میگردد.

بطور معمول سه نوع کمپرسور مکانیکی در تاسیسات ساختمان استفاده میشود که عبارتند از ضربه ای (reciprocating)، دورانی (rotary) و گریز از مرکز (centrifugal). کمپرسورهای با جابجایی مثبت (positive displacement) (نوع ضربه ای و دورانی) در ظرفیتهای کمتر از ۱۰۰ تن اقتصادی تر هستند. کمپرسورهای گریز از مرکز برای ظرفیتهای کوچک اقتصادی نیستند. آنها از ۸۰ تن تا چند هزار تن کارآیی دارند. هرچه ظرفیت بزرگتر باشد، مزایای بیشتری از کمپرسور گریز از مرکز میتوان گرفت. هر یک از انواع کمپرسورهای گفته شده مزایا و معایبی دارند. استفاده از یک نوع خاص کمپرسور بسته به نیازهای کاربرد دارد (جدول ۲-۱۰) ، فشار کار و عملکرد کمپرسور تابع عوامل زیادی از قبیل دمای مبرد در اواپوراتور و کندانسور میباشد.

جدول ۲-۱۰

نوع کمپرسور	جابجایی مثبت	مکانیزم تراکم
ضربه ای	آری	پیستون ضربه ای
دورانی	آری	پیستون دورانی پره ای یا پیچی
گریز از مرکز	نه	پره (پروانه)

کمپرسورهای ضربه ای

ترتیب استقرار سیلندرها

کمپرسورهای ضربه ای در انواع و ظرفیتهای مختلف ساخته میشود. سیلندر این کمپرسورها ممکن است یک عدد یا بیشتر باشد و با الگوی V یا W شکل استقرار یافته باشند، ممکن است خطی یا شعاعی باشند. کمپرسورهای ۲ و ۳ سیلندر معمولاً خطی و کمپرسورهای با ۴ سیلندر یا بیشتر شعاعی ساخته میشوند و الگوی آنها V شکل یا W شکل است.

پیستونها

کمپرسورها یک گروه پیستون دارند که بوسیله میل لنگ میچرخند. اکثر کمپرسورهای ضربه ای که در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع استفاده میشوند از نوع پیستون اتومبیلی تک زمانه هستند که در هر سیکل کامل فقط یکبار گاز را در جهت موقعیت بالا فشرده میکند. سیکل چهار زمانه پیستون بشرح زیر است :

- مبرد پس از خارج شدن از اواپوراتور از طریق لوله مکش به کمپرسور میرسد. وقتی پیستون به سمت پایین میرود (مرحله دریافت)، گاز مبرد از راه سوپاپ مکش وارد سیلندر میشود.
- همچنانکه پیستون به سمت بالا حرکت میکند (مرحله تراکم)، شروع به متراکم کردن گاز مبرد میکند، حجم گاز مبرد کاهش یافته و فشار آن بالا میرود.

- در انتهای کورس پیستون (مرحله تخلیه)، گاز مبرد از سوپاپ دهش خارج شده و از طریق لوله خروجی به کندانسور میرود.
- پیستون کورس پایین رفتن خود را آغاز میکند (مرحله انبساط مجدد) و سیکل دوباره از سر گرفته میشود.

سوپاپهای سیلندر

سوپاپهای مکش و دهش سیلندر براساس اختلاف فشار بین داخل سیلندر و فشار در لوله مکش یا دهش کار میکنند. سوپاپ مکش زمانی باز میکند که کورس پایین رفتن پیستون شروع شده است و در آن موقع فشار سیلندر از فشار در لوله مکش کمتر است. هنگام کورس بالا رفتن پیستون ، فشار سیلندر افزایش می یابد و این باعث بسته شدن سوپاپ مکش میگردد. همچنانکه پیستون به سمت بالا میرود فشار بیشتر میشود. وقتی فشار سیلندر بیش از فشار لوله خروجی شد، سوپاپ دهش باز کرده و اجازه میدهد گاز به داخل لوله خروجی جریان یابد.

روغنکاری

یاتاقانها، سیلندرها، پیستونها، دنده ها و سایر قطعات محرک کمپرسور نیاز به روغنکاری دارد. روغن با مبرد مخلوط میشود و این دو با هم در جریانند. روغن همچنین بعنوان یک درزبند عمل میکند و فاصله بین پیستون و دیواره سیلندر را آببندی میکند تا گاز مبرد تحت فشار به لوله خروجی برسد. بدون وجود این روغن که فاصله بین سیلندر و پیستون را میپوشانند ظرفیت سیستم کاهش می یابد.

سیستم روغنکاری از نوع تغذیه پاششی

بطور معمول کمپرسورهای کوچک و از نوع باز از سیستم روغنکاری تغذیه پاششی "SPLASH FEED" استفاده میکند. میدانیم که کارتل پر از روغن است و سطح روغن آن حتی به تراز کف یاتاقان اصلی هم میرسد. وقتی میل لنگ میچرخد با روغن کارتل تماس گرفته و خیس میشود و روغن را در محدوده کارتل به یاتاقانها، دیواره سیلندر و سایر قطعاتی که سطوح تماس دارند می پاشد.

سیستم روغنکاری تحت فشار

کمپرسورهای بزرگتر سیستم روغنکاری تخت فشار دارند. در این سیستم میل لنگ با خود یک پمپ جابجایی مثبت (positive displacement) را میگرداند که میل لنگ، یاتاقانها و دیواره سیلندر و سایر قطعات متحرک را روغنکاری میکند. یک رگولاتور، فشار روغن را تنظیم میکند.

کنترل ظرفیت

اکثر کمپرسورهای ضربه ای بزرگ در تاسیسات ساختمان برای کنترل ظرفیت ابزار مخصوص دارند. نوع و مراحل سیستم کنترل بستگی به اندازه و کاربرد کمپرسور دارد. انواع کنترل ظرفیت عبارتند از:

کنارگذر گاز داغ (hot gas bypass) - این نوع کنترل ظرفیت (capacity control) از شیر مغناطیسی (solenoid) در خط کنار گذر استفاده میکند. وقتی فرمان کاهش بار داده میشود شیر باز میشود و قسمتی از گاز داغ به لوله مکش کمپرسور برمیگردد. باقیمانده گاز مبرد به کندانسور میرود. این عمل ظرفیت کمپرسور را به نسبت گاز کنارگذر کاهش میدهد. با این نوع کنترل ظرفیت، کاهش قدرت مصرفی و انرژی مصرفی حداقل است.

کنارگذر سیلندر - در این نوع کنترل هم از شیر مغناطیسی (solenoid) روی خط کنار گذر استفاده میشود. شیر

مغناطیسی بوسیله فشار یا دما کنترل میشود. با فرمان کاهش بار شیر باز میشود. گاز خروجی از یک سیلندر یا بیشتر دوباره به خط مکش کمپرسور بازگردانده میشود و در آنجا با گاز ورودی مخلوط میگردد. تا زمانیکه فشار مکش کمتر از فشار تنظیم شیر باشد، خروجی از سیلندرها به خط مکش برمیگردند. زمانیکه فشار مکش بالا برود و به نقطه تنظیم شیر مغناطیسی برسد، شیر فرمان میگیرد و می بندد و کمپرسور به ظرفیت کامل میرسد، با استفاده از یک شیر یکطرفه در لوله خروجی، مانع برگشت گاز فشار بالا به سیلندری که کنار گذاشته شده ، میشوند.

بی بار کننده سیلندر (cylinder unloader) - بی بارکننده سیلندر ممکن است برقی، مکانیکی یا هیدرولیکی عمل کند. بعنوان مثال، بی بار کننده هیدرولیکی سیلندر بوسیله کنترل ظرفیت تحریک میشود که در کارتر قرار دارد. محرک (actuator) با اختلاف فشار بین فشار مبرد در مکش و فشار محیط عمل میکند. اگر درخواست (demand) برای تبرید در اواپوراتور کاهش یابد، فشار مکش کاهش می یابد. محرک کنترل ظرفیت این کاهش فشار را حس کرده و فشار روغن به مکانیزم هیدرولیکی را کم میکند. همچنین مکانیزم سوپاپ مکش سیلندر را باز میکند و به همین حالت می ماند تا فشار روغن دوباره افزایش یابد. پیستون به چهار مرحله کار خود ادامه میدهد. اما چون سوپاپ مکش در حالت باز باقی مانده است، تراکم گاز در موقعیت بالای کورس پیستون اتفاق نمی افتد و گاز مبرد به لوله مکش بازگردانده میشود. در همین حال چون فشار داخل سیلندر بیش از فشار در لوله خروجی نمیشود، سوپاپ دهش در حالت بسته باقی میماند. اگر فشار مکش همچنان کاهش یابد، محرک کنترل ظرفیت، مکانیزم سوپاپها و تشکیلات بی بارکننده با هم عمل کرده و سیلندر بعدی را بدون بار میکنند. این مراحل ادامه می یابد تا تمام سیلندرهای در حال کار خود را با شرایط بار سرمایی ساختمان هماهنگ نمایند. بنابراین در بارهای جزئی (partial load) که مورد بحث ما می باشد، تمام سیلندرها مبرد را متراکم نمی کنند بلکه بعضی از آنها به حالت خلاص کار میکنند که فقط اصطکاک را خنثی کنند و این بمعنی کاهش توان مصرفی است. هر گاه بار ساختمان افزایش بیابد و اتاقها گرم شوند، ترموستات اتاق علامت فرستاده و درخواست بار سرمایی میکند و در این حالت مبرد بیشتری وارد اواپوراتور میشود که باعث افزایش فشار مکش میشود. محرک کنترل این افزایش را حس میکند و فشار روغن بی بار کننده های سیلندر را افزایش میدهد که در نتیجه آن سوپاپ مکش برای کار عادی خود بسته میگردد. همچنانکه پیستون بسمت پایین میرود سوپاپ مکش باز میشود و گاز مبرد بیشتری وارد میشود تا زمانیکه فشار مکش و فشار داخل سیلندر برابر شوند که در این حالت سوپاپ می بندد و وقتی پیستون به سمت بالا می آید مبرد متراکم میشود. با استفاده از بی بار کننده برای کنترل ظرفیت، توان مصرفی به شدت کاهش می یابد زیرا که کاری بوسیله سیلندرهای بی بار شده انجام نمیشود.

کنترل سرعت - چهارمین روش کنترل ظرفیت تغییر سرعت کمپرسور از طریق تغییر سرعت محرک آن است. معمولاً از دو سرعت استفاده میشود و کمپرسور یا با بار (ظرفیت) کامل یا با ظرفیت ۵۰ درصد بار کار میکند. اگر بیش از دو سرعت نیاز باشد، از موتور با دو سیم پیچی مجزا باید استفاده شود تا چهار محرک سرعت داشته باشد. در این سیستم توان و انرژی مصرفی با توان سوم ظرفیت کاهش می یابد.

کمپرسورهای دورانی (Rotary Compressors)

به دلیل حرکت دورانی، مکانیزم تراکمی این نوع کمپرسورها، راحت تر و نرمتر از کمپرسورهای ضربه ای کار میکنند. کمپرسورهای مارپیچی (screw) از دو محور شیاردار حلزونی ساخته شده که با یکدیگر درگیر می شوند و به تدریج وسعت داخلی سیلندر را کاهش میدهند. هر سیلندر دهانه ورودی و خروجی دارد. گاز مبرد از طریق دهانه ورودی سیلندر وارد فضای بین دو محور چرخنده (rotor) میشود. همچنانکه محورها میچرخند دهانه سوپاپ ورودی را می بندند. عمل مارپیچ گاز مبرد را به سمت جلوی صفحه خروجی متراکم میکند. گاز متراکم به لوله خروجی میرود و سیکل دوباره آغاز میگردد. از کمپرسورهای مارپیچی معمولاً در ظرفیتهای ۵۰ تن به بالا استفاده میشود.

در کمپرسورهای پیستون دوار (rolling piston) از یک پیستون فولادی استفاده میشود که به تدریج فضای سیلندر را کاهش میدهد. سیلندر دهانه ورودی و خروجی دارد. پیستون دور دیواره سیلندر میچرخد. گاز مبرد ورودی در حد فاصل بین پیستون و دیواره سیلندر قرار میگیرد. همچنانکه پیستون به چرخیدن ادامه میدهد و فضای جلوی آن کوچک و کوچکتر میشود گاز محبوس شده متراکم گشته و به لوله خروجی میرود. محور گردان به چرخیدن خود ادامه میدهد و فضای جدیدی برای سیکل بعدی بوجود می آید.

اساس کار پره چرخان (rotating vane) مانند پیستون دوار است. پره ها به محور (rotor) متصل هستند و همچنانکه محور میچرخد آنها به جلو و عقب حرکت میکنند. این عمل یک آببند مناسبی (seal) در دیوار سیلندر ایجاد میکند. گاز مبرد از طریق دهانه مکش وارد شده و فاصله بین محور و دیوار سیلندر را پر میکند. همچنانکه محور میچرخد این فاصله کاهش یافته و گاز مبرد متراکم میشود و از طریق دهانه دهش به لوله خروجی رانده میشود. محور گردان به چرخیدن خود ادامه میدهد و فضای جدیدی برای ورود مبرد در سیکل بوجود می آورد.

کنترل ظرفیت (capacity control)

برای کنترل ظرفیت کمپرسورهای دورانی معمولاً از اصول کنارگذر استفاده میشود. بعنوان مثال ، کنترل ظرفیت کمپرسورهای مارپیچی بوسیله سوپاپ لغزنده (slide valve) که در دیوار بدنه سیلندر زیر محور جاسازی شده انجام میشود. سوپاپ لغزنده هیدرولیکی عمل میکند. وقتی سیستم کاهش بار را درخواست میکند سوپاپ باز میشود و اجازه میدهد قسمتی از گاز بدون متراکم شدن در سیلندر گردش کند.

کمپرسورهای گریز از مرکز (Centrifugal Compressors)

کمپرسورهای گریز از مرکز ماشینهای با ظرفیت بالا هستند و حجم زیادی از گاز مبرد را به حرکت در می آورند. نیروی تراکم به اندازه پروانه و سرعت چرخش آنها بستگی دارد. این کمپرسورها ممکن است از نوع باز (open) یا بسته (hermetic) باشند.

روغنکاری

کمپرسورهای گریز از مرکز فاقد سیلندر، سوپاپ و پیستون هستند و بنابراین تعداد قطعاتی که روغنکاری لازم داشته باشد درآنهااندک است. بعنوان مثال در کمپرسورهای بسته تنها قطعه ای که به روغنکاری نیاز دارد یاتاقانهای اصلی است که نگهدار محور محرک و یاتاقانهای موتور است. در کمپرسورهای باز روغنکاری برای آب بندی محور نیز لازم است.

سیستمهای روغنکاری تحت فشار

کمپرسورهای گریز از مرکز از سیستم روغنکاری تحت فشار استفاده می کنند. روغن تحت فشار بوسیله پمپ روغن که در مخزن روغن غوطه ور است به یاتاقانها میرسد. پمپ روغن بوسیله محور کمپرسور یا موتور جداگانه کار میکند. فشار روغن قبل از راه اندازی کمپرسور باید تامین شده باشد و اگر فشار زیر حد نرمال باشد، یک فشارسنج اختلاف فشار روغن دو طرف یاتاقان را حس کرده و مانع روشن شدن کمپرسور میگردد. فشار روغن بوسیله یک شیر که روی لوله خروجی پمپ قرار دارد کنترل و تنظیم میشود.

دمای روغن در کارتر توسط هیتر برقی در حد ۱۳۰ درجه فارنهایت حفظ میشود. گرم کردن روغن برای جلوگیری از کندانس شدن مبرد و رقیق کردن روغن صورت میگیرد. وقتی روغن از مخزن خارج میشود، بوسیله یک خنک کننده دمای آن به دمای مورد نیاز یاتاقانها (حدود ۱۰۰ درجه فارنهایت) کاهش می یابد.

خنک کردن موتور

بسته به اندازه و سازنده چیلر، موتور کمپرسور ممکن است بوسیله مبرد مایع یا آب سرد خنک شود. دور سیم پیچ موتور یک پیراهن خنک کننده (Jacket) دارد. در بعضی از سیستمها، مبرد مایع بطور ثقلی از اکونومایزر (economizer) وارد این پیراهن میشود. گرمای موتورباعث بجوش آمدن مبرد میشود و درنتیجه موتورخنک میشود.گاز مبرد به اکونومایزر برمیگردد وبوسیله کمپرسورکشیده میشود. درسیستمهای دیگرآب سرد کننده درپیراهن موتور میچرخد.

کنترل ظرفیت

کنترل ظرفیت کمپرسور بوسیله تغییر سرعت آن، که با محرک الکترونیکی فرکانس متغیر صورت میگیرد، انجام میشود. زیاد کردن سرعت باعث افزایش ظرفیت میشود (و برعکس).

تغییر ظرفیت سیستم را همچنین میتوان بوسیله باز و بستن پره های هدایت کننده در ورودی پروانه (impeller) انجام داد. پره های هادی که به نام «پره قبل از چرخش» نامیده میشوند، جهت و مقدار جریان گاز مبرد را دقیقاً قبل از ورود به پروانه تغییر میدهند.

اواپوراتورها (Evaporators)

اواپوراتورهایی که در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع ساختمان استفاده میشوند یا از نـــوع کویل پره دار (fin tube) هستند (مانند کویل سرمایی هوارسانها) یا از نوع لوله لخت در پوسته اند و یا از نوع مبدل گرمایی اند (مانند اواپوراتور چیلر). اواپوراتورها ممکن است از نوع انبساط خشک، (مانند کویل سرمایی یا اواپوراتور چیلر) و یا نوع مرطوب (Flooded) باشند (مانند اواپوراتور چیلر).

در اواپوراتور انبساط خشک، یا انبساط مستقیم (direct expansion) یا اواپوراتور "DX" ، مبرد داخل لوله ها منبسط میشود. در اواپراتور انبساط خشک، خط جداکننده بین فاز مایع و گاز وجود ندارد. در آنها گردش دوباره مایع یا گاز هم وجود ندارد، در مقابل، در اواپوراتور مرطوب مبرد در اطراف لوله ها است و آنها را در بر میگیرد در این نوع اواپوراتورها مایع و بخار قابل تشخیص اند و مبرد مایع دوباره گردش داده میشود. با کنترل سطح مایع و دوباره گردش کردن مایع تبخیر نشده، اواپوراتور طوری کار میکند که تمام سطوح لوله ها در تمام بارها در تماس با مبرد مایع قرار گیرد. در یک قاعده کلی، چیلرهای کوچک، کویل DX دارند زیرا کنترل ظرفیت آن آسانتر است و مبرد کمتری نیاز دارد چیلرهای بزرگتر اواپوراتور مرطوب (flooded) دارند.

دمای اواپوراتورها در تاسیسات ساختمان معمولاً بین ۳۴ و ۴۵ درجه فارنهایت است. کار در دمای پایین تر از ۳۴ درجه فارنهایت امکان یخ زدگی مبرد در کویلهای DX و آب در چیلرها را افزایش میدهد. کار در بالاترین دمای مجاز تبخیر همچنین نسبت توان مصرفی در هر تن سرمایی کمپرسور را کاهش میدهد و به معنی استفاده از انرژی کمتر برای کار سیستم تبرید است.

عمل سرد کردن با استفاده از کولر تبخیری که بنام «کولر مردابی» "swamp cooler" هم خوانده میشود نیز میسر است. کولر تبخیری در واقع یک جعبه است که با اسفنج آب (water pad) یا پوشال که روی شبکه های ورودی هوای جعبه بسته میشود پوشش داده میشود. یک پمپ آب را روی لایی اسفنجی قطره قطره می ریزد. یک بادزن هوای خارج را از روی لایی خیس عبور میدهد. همچنانکه هوای گرم خارج از لایی های خنک رد میشود، گرمای خود را به آب میدهد و آب تبخیر میشود. دمای هوا در پروسه محسوس تا ۲۰ درجه فارنهایت کاهش می یابد. اما هوا رطوبت هم بخود جذب کرده است. این باعث بالا رفتن رطوبت نسبی هوای ورودی به اتاق میشود. بنابراین از کولرهای تبخیری اکثراً در مناطقی که هوای بیرون رطوبت نسبی کم (دمای مرطوب پایین است) و یا دمای خشک بالایی دارند (مانند مناطق بیابانی جنوب غربی ایالات متحده آمریکا) استفاده میشود. اگر از کولرهای تبخیری در مناطقی که رطوبت نسبی بالایی دارند استفاده شود ممکن است رطوبت نسبی اتاق را بحدی بالا ببرند که ناراحت کننده باشد حتی اگر دمای

خشک هوا مقداری کاهش یافته باشد. دلیل دیگر برای استفاده از کولرهای تبخیری در مناطق خشک این است که ظرفیت کولر بستگی به مقدار کل گرمای (دمای مرطوب) هوای ورودی دارد.

کندانسورها (Condensers)

کندانسورهایی که در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع استفاده میشوند معمولاً از نوع کویل پره دار (fin tube) یا تیوب - پوسته (shell and tube) است. این کندانسورها ممکن است آبی، هوایی یا تبخیری باشند. فشار خروجی کمپرسور بستگی به این دارد که با چه سرعتی، سیال خنک کن که ممکن است آب یا هوا باشد، گرمای مبرد را میگیرد و دور میریزد. ظرفیت این تبادل گرما (heat transfer rate) بستگی به دمای سیال و دبی حجمی سیال کندانسور دارد که از روی سطح تبادل گرمای کندانسور میگذرد.

پایین بودن دمای کندانسور مطلوب است زیرا هر چقدر دمای مبرد در کندانسور پایین تر باشد فشار در کندانسور کمتر خواهد بود و نسبت توان مصرفی به تن سرمایی کمپرسور هم کمتر خواهد بود. به هر صورت مقدار جریان و سرعت گردش سیال در کندانسور باید طوری باشد که جریان گردابی (turbulent) بوجود آورده و تبادل گرمای مناسبی انجام دهد. در عین حال این مقدار نباید بیش از حد باشد زیرا افت فشار زیادی ایجاد کرده و باعث افزایش توان مصرفی پمپ یا بادزن میشود.

در کندانسور هوایی (یا کویل پره دار) از هوا بعنوان سیال کندانس کننده استفاده میشود. گاز مبرد داخل تیوب است. گرما از مبرد به هوا منتقل میشود. در اکثر موارد هوا از روی کویل کشیده میشود (induced) یا بوسیله فن به حرکت درمی آید. فن و کویل کندانسور ممکن است روی قابی قرار گیرند که کمپرسور روی شاسی آن باشد و یا ممکن است کمپرسور جدا و دور از آنها قرار گیرد. ولی در هر صورت کندانسور باید جایی باشد که هوای کافی بتواند از کویل آن عبور کند.

در کندانسور آبی (تیوب ـ پوسته) از آب بعنوان سیال تقطیر کننده استفاده میشود که آب از داخل تیوب عبور میکند. گاز مبرد از روی لوله ها عبور میکند و گرمای خود را به آب میدهد. این کندانسور شامل یک پوسته سیلندری و تعدادی لوله مستقیم موازی یکدیگر است. آب خنک کن از داخل لوله ها که در دو سر کندانسور به صفحات تیوب متصل اند عبور میکند. مبرد تیوبها را در برمیگیرد. کندانسور نوع تیوب ـ پوسته ای در ظرفیت از چند تن تا چند صدتن تولید میشود.

در کندانسور آبی ممکن است از آب هرز یا آب دوباره گردش داده شده استفاده شود. در سیستم اول، آب از شهر گرفته شده و پس از عبور از کندانسور به سیستم فاضلاب دفع میشود. در سیستمهای گردش مجدد، آبی که از کندانسور خارج میشود پس از خنک شدن در برج خنک کن دوباره به کندانسور برمیگردد.

در کندانسور تبخیری (evaporative condenser) (کویل پره دار) از هر دو سیال آب و هوا بعنوان سیال تقطیر استفاده میشود. گاز مبرد در تیوب است . آب بوسیله پمپی که در طشتک قرار دارد روی کویل پاشیده میشود. آب روی کویل می پاشد در حالیکه هوا از روی کویل، بصورت رانشی یا کششی، عبور میکند. گرما از مبرد داغ تر به آب سردتر منتقل میشود و باعث تبخیر آن میگردد. در پایان حذف کننده (eliminators) قرار دارد که قطرات آب را از هوا میگیرد. هدر رفتگی آب در اثر تبخیر و تخلیه ادواری (bleed off) بوسیله آب تغذیه کمکی که وارد طشتک میشود جبران میگردد. یک شیر شناور سطح آب را کنترل میکند. ظرفیت کندانسور هوایی بستگی به مقدار گرمای (دمای مرطوب) هوای ورودی دارد. هر چه دمای مرطوب هوای ورودی بیشتر باشد ظرفیت کمتر است.

مخزن دریافت کننده (Receivers)

مخزن یک محل موقت انبار کردن مبرد مایع است. سیستمهای تبرید بزرگ همیشه در حالت بار سرمایی ثابت کار

نمیکنند. این تغییر بار ممکن است باعث جمع شدن مبرد در کندانسور شود. این مخازن مبرد مایعی را که در سیستم مورد نیاز نیست بطور موقت انبار میکند.

ابزار اندازه گیری

یک وسیله سنجش مقدار جریان مبرد به اواپراتور را کنترل میکند. انواع معمول آن عبارتند از لوله باریک (capillary tube)، شیر انبساط خودکار، شیر انبساط ، شیر انبساط گرمایی، شناور فشار کم (low side float)، شناور طرف فشار بالا، روزنه (orifice) یا انواع دیگر.

برجهای خنک کن

انواع

برجهای خنک کن براساس نحوه گردش هوا طبقه بندی میشوند. یک برج با کوران طبیعی (natural draft) برجی است که گذر هوا بوسیله جابجایی طبیعی در آن صورت میگیرد. در برجهای مکانیکی از بادزن برای به حرکت درآوردن هوا استفاده میشود. بسته به محل نصب بادزن، برجها ممکن است کششی (induced draft) یا رانشی (forced draft) باشند. اگر جهت حرکت هوا عمود بر آب باشد، برج به نام جریان متقاطع (cross flow) نامیده میشود. برج جریان مخالف(counter flow)به برجی گفته میشود که جهت حرکت آب ازبالا و هواازپایین به بالا باشد.

طرز کار (Operation)

آب گرم خروجی از کندانسور بوسیله پمپ به بالای برج میریزد (شکل ۱-۱۰) . آب بصورت پاششی یا آبشاری روی سطوح خنک کننده (fill) میریزد و در طشتک زیر برج جمع میشود. همچنانکه آب روی سطوح خنک کننده میریزد و از هم می پاشد به قطرات کوچک تبدیل میشود. همچنانکه هوا در تماس با آب از روی آن عبور میکند، مقداری از آب تبخیر میشود و باعث خنک شدن آن میگردد. آب خنک جمع شده در طشتک به کندانسور پمپ میشود تا گرمای بیشتری از گاز مبرد بگیرد.

هرچند ممکن است کمی عمل خنک کنندگی در پروسه محسوس (sensible) صورت گیرد (اگر دمای آب بیش از دمای هوای ورودی باشد) ولی بیشتر خنک شدن آب در پروسه تبخیری صورت میگیرد. پروسه تبخیر بخار آبگرم بوجود می آورد. هوایی که در برج رانده میشود این بخار را با خود میبرد. گرمای محسوس (دمای خشک) و گرمای نهان (دمای مرطوب) هوا افزایش می یابد. از آنجا که خنک شدن آب بطور عمده ناشی از عمل تبخیر است، بنابراین موثر بودن عملکرد برج به دمای مرطوب هوای ورودی به آن بستگی دارد.

بر پایه تئوری، پایین ترین دمایی که آب میتواند به آن برسد دمای مرطوب هوای ورودی به برج است. اما در عمل، دمای آب خروجی از برج معمولاً ۷ تا ۱۰ درجه فارنهایت بالاتر از دمای مرطوب محیط است. این اختلاف دمای آب خروجی و دمای مرطوب هوای ورودی به برج را به نام «تقرب برج (tower approach)» میگویند. مقدار کاهش دمای آب در برج بنام «دامنه برج (tower range)» خوانده میشود. بار سرمایی که به برج وارد میشود با اندازه گیری مقدار آب و دمای آب ورودی و خروجی قابل محاسبه است.

رابطه ۳-۱۰ : تقرب برج (Tower Approach)

$$A = LWT - EWB$$

که در آن :

A = تقرب برج به درجه فارنهایت

دمای آب خروجی برج، درجه فارنهایت = LWT
دمای مرطوب هوای ورودی به برج، درجه فارنهایت = EWB

رابطه ۴-۱۰ : دامنه برج (Tower Range)

R= EWT - LWT

دامنه، درجه فارنهایت = R
دمای آب ورودی به برج، درجه فارنهایت = EWT
دمای آب خروجی از برج، درجه فارنهایت = LWT

رابطه ۵-۱۰ : بار سرمایی برج

L= gpm x 500 x TD

بار برج، بی تی یو در ساعت = L
مقدار گذر آب از برج، گالن در دقیقه = gpm
عدد ثابت (۸/۳۳ پوند در هر گالن x ۶۰ دقیقه در هر ساعت x ۱بی تی یو در هر پوند) = 500
اختلاف دمای آب ورودی و خروجی = TD

مثال ۱۰ - دامنه، تقرب و بار برج با دمای آب خروجی ۸۴ درجه فارنهایت را محاسبه نمایید. دمای آب ورودی ۹۳ درجه فارنهایت و دمای مرطوب هوای ورودی ۷۳ درجه فارنهایت است. جریان آب عبوری از برج نیز ۲۰۰ گالن آب در دقیقه است.

R= EWT - LWT

دامنه دمای برج، درجه فارنهایت ۹=۸۴ - ۹۳ =R

A= LWT - EWB

تقرب برج، فارنهایت ۱۱ = ۷۳ - ۸۴ = A

L= gpm x 500 x TD

L = ۲۰۰ x ۵۰۰ x (۹۳ - ۸۴)

بار برج، بی تی یو در ساعت ۹۰۰۰۰۰ = ۹ x ۵۰۰ x ۲۰۰ = L

مقدار آب تلف شده (Drift) و «تخلیه زمانی» (Bleed off)

گفتیم که هوا مقداری آب را با خود میکشد و از برج خارج میکند (غیر از آنچه تبخیر میشود) که به آن آب «تلف شده» میگویند. مقدار آن بستگی به اندازه و طراحی برج و شرایط منطقه نصب دارد. از جمله اجزای موثر را میتوان ارتفاع برج ، نوع سطوح خنک کننده، سرعت بادزن، محل نصب برج، سرعت باد و امثال آن نام برد.

آبی که در برج در حال گردش است مقداری ذرات جامد معلق و مواد ناخالص دیگر در خود دارد که با تبخیر آب بصورت رسوب باقی میماند. «تخلیه زمانی(bleed off)»، ادواری یا مداوم، تخلیه مقداری از آب برج برای جلوگیری از رسوب این مواد در برج و کندانسور است. مقدار تخلیه زمانی آب برای پایین نگهداشتن غلظت مواد جامد آب بستگی به نوع طراحی برج، شرایط تصفیه آب (که توسط طراح یا مسئول تاسیسات معین میشود) و نظر کارشناس شیمی آب دارد.

آب کمکی (make-up)

بر اثر تبخیر، اتلاف و تخلیه زمانی در برج مقداری آب از دست میرود و بوسیله آب کمکی که وارد طشتک میشود جایگزین میشود. یک شیر شناور نصب شده در طشتک سطح آب را در آن تنظیم میکند.

فصل یازدهم ـ چیلرهای آب (Water Chillers)

در این فصل دو نوع چیلر آب که بطور معمول در تاسیسات تهویه مطبوع ساختمان کاربرد دارد معرفی میشود. این چیلرها از نوع مکانیکی و دارای کمپرسور ضربه ای، مارپیچی (screw) یا گریز از مرکز (centrifugal) هستند. اجزای تکمیل کننده دیگری که در این چیلرها وجود دارد عبارت است از: کندانسور، اواپوراتور، وسایل جنبی، کنترل داخلی، سیستم تخلیه ناخالصی (purge) و کنترلها.

مبرد جذبی نوع دیگر چیلر است. چیلرهای جذبی کمپرسور مکانیکی ندارند در عوض مولد (generator)، جاذب، کندانسور، اواپوراتور، سیستم تخلیه ناخالصی، مبدل گرمایی، وسایل جنبی و کنترلهای متنوع دارند.

چیلرهای مکانیکی

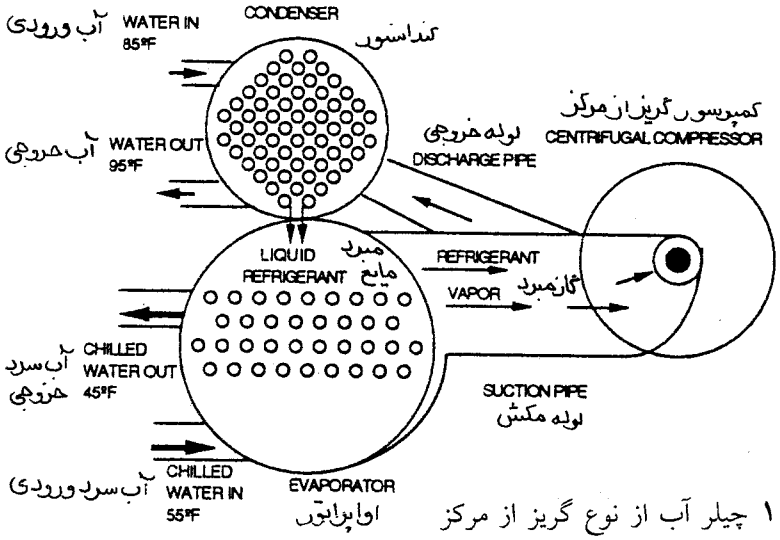
چیلر گریز از مرکز

در شکل ۱-۱۱ و ۲-۱۱ چیلر گریز از مرکز نشان داده شده است که با استفاده از آن اصول مقدماتی کار چیلر مکانیکی توضیح داده میشود.

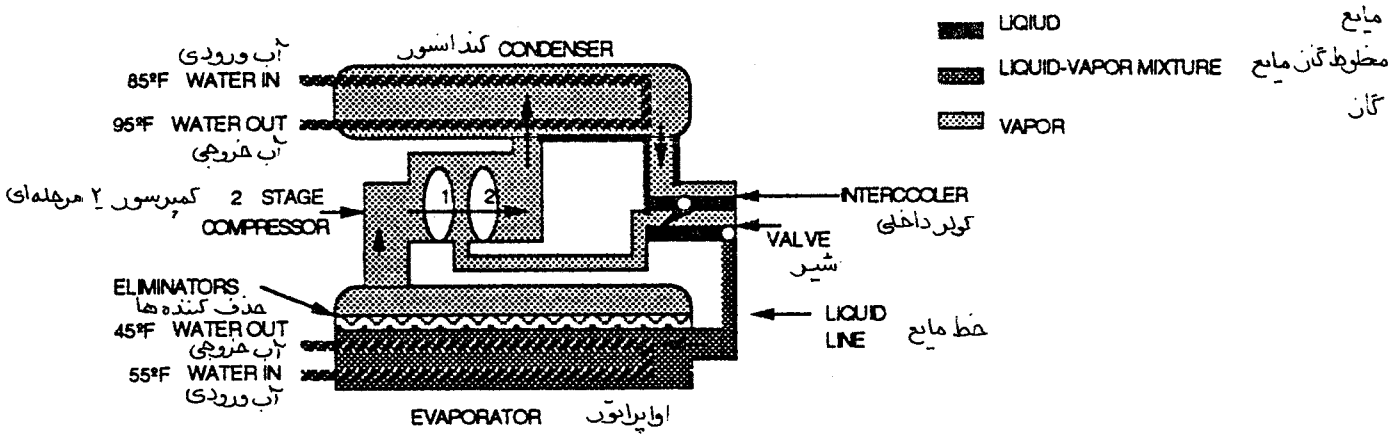
کمپرسور

برای متراکم کردن گاز مبرد، پروانه کمپرسور با سرعت زیاد میچرخد تا نیروی گریز از مرکز لازم برقرار باشد. سرعت ۲۵۰۰۰ دور در دقیقه معمولی است. اما این کمپرسورها نمیتوانند فشاری معادل کمپرسورهای جابجایی مثبت (positive displacement)، ضربه ای و دورانی (Reciprocal and rotray) ایجاد کنند. بنابراین چند پروانه بصورت سری پشت سرهم قرار میگیرند تا فشار گاز زیاد شود. کمپرسورهای گریز از مرکز معمولی دو، سه یا چهار پروانه دارند. هر پروانه یک مرحله آز تراکم است. گاز مبرد بعد از ترک هر پروانه، به پروانه بعدی هدایت شده و از آنجا به لوله خروجی میرود. مشخصات سیستم تعیین کننده ظرفیت کمپرسور، تعداد مراحل و سرعت آن است.

گاز مبرد در دما، فشار و سرعت کم از اواپوراتور و پره های ورودی (vanes) وارد دهانه (eye) پروانه میشود. بدنه پروانه تقریباً در مرکز کمپرسور قرار دارد. گاز مبرد وارد پروانه شده وچند مرحله متراکم میشود. همچنانکه پروانه میچرخد، گاز با سرعت زیاد به سمت خروجی بدنه پرت میشود. در این جا گاز، دما و فشار نسبتاً بالایی دارد.



شکل ۱-۱۱ چیلر آب از نوع گریز از مرکز



شکل ۲-۱۱ چیلر آب از نوع گریز از مرکز

کندانسور

گاز داغ وارد کندانسور میشود. یک پمپ آب برج خنک کن را در کندانسور میگرداند (فصل ۱۰، شکل ۱-۱۰). دمای آب ورودی به کندانسور حدود ۸۵ درجه فارنهایت است. همچنانکه آب از کندانسور گذر میکند، گرمای گاز مبرد را میگیرد. آب که هم اکنون در حدود ۹۵ درجه فارنهایت است به برج برمیگردد تا گرمای گرفته شده را به هوا منتقل کند. مایع داغ مبرد از کندانسور تخلیه شده و به یک محفظه فشار بنام «اکونومایزر (economizer)» یا «کولر داخلی» ریخته میشود.

کولر داخلی (intercooler)

مبرد مایع به محفظه فشار بالای کولر داخلی وارد میشود. سپس از شیر شناور فشار بالا به محفظه میانی کولر داخلی میرود. همچنانکه مبرد از شیر رد میشود فشار آن کاهش می یابد. این کاهش فشار، نقطه جوش مبرد را پایین می آورد. ولی دمای مبرد مایع هنوز بالاتر از این نقطه جوش جدید است و به همین دلیل قسمتی از آن بخار میشود. این بخار شدن مبرد را «تبخیر ناگهانی (flashing)» میگویند. یکی از وظایف کولر داخلی این است که در محفظه میانی خود مبرد مایع را از پیش تبخیر بکند تا دمای آن پایین بیاید و هم ارز فشار محفظه فشار میانی بشود.

یکی دیگر از اهداف کولر داخلی این است که بخار از پیش فلاش شده را از محفظه میانی بگیرد و به مکش مرحله دوم تراکم کمپرسور بفرستد. فشار این گاز بالاتر از فشار اواپوراتور است. بنابراین توان لازم برای تراکم آن به فشار تقطیر کمتر خواهد بود. همچنین دمای این گاز پایین تر از دمای گاز خروجی از مرحله اول تراکم است. وقتی این دو گاز با هم مخلوط میشوند، دمای گازی که به مرحله دوم تراکم میرود کاهش می یابد و باعث بالا رفتن ظرفیت و راندمان سیستم میشود.

از محفظه میانی، مبرد مایع با دمای پایین از شیر شناور عبور کرده و وارد اواپوراتور میشود. حالا مبرد در فشار متوسط است. دمای آن چیزی بین فشار و دمای بالای کمپرسور و فشار و دمای پایین اواپوراتور است. همچنانکه مایع مبرد از شیر شناور میانی رد میشود، فشار آن کاهش یافته و هم ارز فشار اواپوراتور میشود. قسمتی از مایع «تبخیر ناگهانی» شده و باعث میگردد که دمای مایع باقیمانده تا حد دمای اواپوراتور کم بشود. مبرد که حالا مخلوطی از مایع و گاز است از طریق خط مایع وارد اواپوراتور میشود.

کولر داخلی باعث میگردد که حجم کل گاز فلاش شده لازم برای رسیدن مبرد به دمای اواپوراتور کاهش یابد. این کاهش حجم در کولر داخلی به معنی این است که مایع مبرد بیشتری برای استفاده در اواپوراتور در دسترس باشد که خود باعث بالارفتن راندمان شده و با کم کردن بار مرحله اول تراکم، توان مصرفی را نیز کاهش میدهد.

اواپوراتور

مخلوط مایع و گاز از طریق لوله مایع (liquid line) وارد اواپوراتور خیس (flooded) میگردد. دمای مخلوط مبرد حدود ۴۰ و دمای آب ورودی به اواپوراتور حدود ۵۵ درجه فارنهایت است که پس از گذر از اواپوراتور دمای آن به ۴۵ درجه فارنهایت میرسد.

مبرد

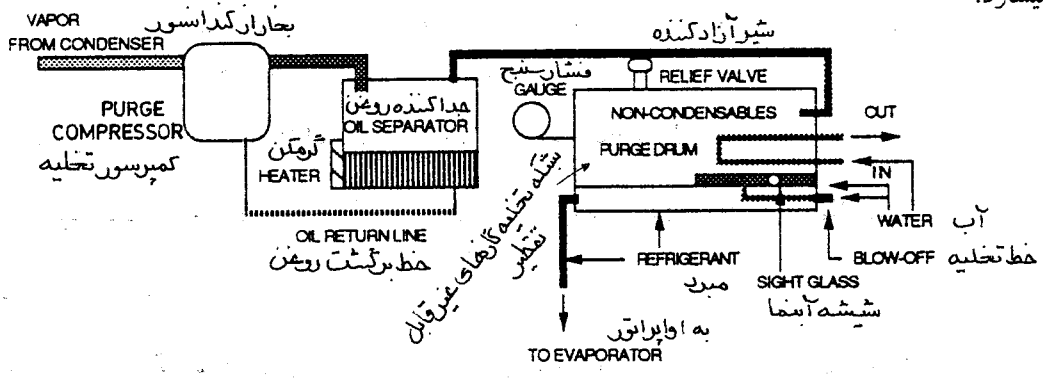
بسته به مبردی که استفاده میشود، فشار سیستم ممکن است کمتر از فشار آتمسفر باشد. بعنوان مثال، در سیستمی که با مبرد R-11 کار میکند. فشار اواپوراتور حدود ۱۵ اینچ جیوه است. به این فشار «فشار خلاء» میگویند و حدود ۷ پوند بر اینچ مربع کمتر از فشار استاندارد آتمسفر که ۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع است میباشد.

سیستم تخلیه ناخالصی (purge)

وظیفه سیستم تخلیه (شکل ۳-۱۱) جمع کردن و دور ریختن گازهای قابل تقطیر و گازهای غیرقابل تقطیر از کندانسور است. بعنوان مثال، اگر فشار سیستم کمتر از فشار آتمسفر باشد ممکن است هوا (که گاز غیرقابل تقطیر است) و رطوبت (که بخار قابل تقطیر است) به سیستم نشت کرده و وارد کندانسور شوند. اگر اجازه داده شود که این گازها در کندانسور انباشته شوند، فشار کندانسور بالا رفته راندمان کاهش می یابد.

سیستم تخلیه (purge)، گازهای غیر قابل تقطیر و تقطیر شونده و گاز مبرد را از کندانسور به داخل کمپرسور میکشد. این گاز با روغن روان ساز کمپرسور مخلوط میشوند. مخلوط روغن و گاز به مخزن جداکننده روغن میروند. این مخزن یک گرمکن دارد که گازها را بخار کرده و از روغن جدا میسازد. روغن در ته مخزن جمع شده و از طریق لوله برگشت به کارتر کمپرسور برمیگردد. گازهای گرم از روغن جدا شده و وارد مخزن تخلیه ناخالصیها میشود.

داخل شبکه تخلیه یک کویل آب سرد قرار دارد. بخار آب گرم و گاز مبرد روی کویل تقطیر میشوند. مایع مبرد تقطیر شده در ته بشکه جمع میشود. پس از جمع شدن مبرد ، یک شیر شناور باز میشود و اجازه میدهد که مبرد از یک طرف اواپوراتور وارد سیستم شود. اگر آبی وجود داشته باشد در بالای مبرد شناور میماند. یک شیشه آبنما مقدار آب جمع شده را نشان میدهد و میتوان بوسیله یک شیر آب را تخلیه نمود. گازهای غیر قابل تقطیر بالای بشکه جمع میشوند و هر گاه فشار بشکه بیش از نقطه تنظیم شیر آزاد کننده (reliefe valve) شود، شیر باز میشود و گازها را در محیط رها میسازد.



شکل ۳-۱۱ واحد تخلیه چیلر گریز از مرکز

کنترلهای چیلر

سیستم کنترل چیلر گریز از مرکز شامل اجزای مختلف مانند سنسور (transmitter/sensor) در خط برگشت آب، کنترلر، کلید کمپرسور و رله محدود کردن بار میباشد. یک چرخه تیپ کار سیستم کنترل میتواند بدین قرار باشد. دمای آب سرد برگشتی از سیستم افزایش می یابد که نمایانگر گرم شدن اتاق و بالا رفتن بار است. این باعث میشود که ترانسمیتر عمل مستقیم (direct-acting transmitter) نصب شده روی خط برگشت یک فرمان به کنترلر

بفرستد. کنترلر این فرمان را دریافت کرده و سیگنال افزایش را به کلید روشن - خاموش کمپرسور میفرستد.

اگر فرمان فرستاده شده بیش از نقطه تنظیم سوئیچ کمپرسور باشد کلید بسته شده و موتور کمپرسور روشن میشود. فرمان خروجی از کنترلر همچنین به مکانیزم پره های (vanes) کمپرسور نیز میرود. این پره ها در شرایط عادی بسته اند. همچنانکه فرمان افزایش می یابد، پره ها باز میشوند و اجازه میدهند مبرد بیشتری وارد کمپرسور بشود. تا زمانیکه جریان آمپر کمتر از درصدی از حداکثر بار مجاز باشد، رله زمانی به مکانیزم پره ورودی فرمان میفرستد و در غیراین صورت فرمان یاد شده را قطع میکند و باعث بسته شدن پره های ورودی میشود. بسته شدن آنها باعث کاهش جریان مبرد به کمپرسور و بار موتور می شود. رله محدود کننده بار تا زمانیکه بار کمپرسور کمتر از نقطه تنظیم آن شود در حالت خود باقی میماند. بعد از این لحظه، رله فوق دوباره اجازه ارسال فرمان به مکانیزم پره ورودی را میدهد و کنترل چیلر دوباره به سیستم کنترل دمای برگشت منتقل میشود.

یک محدود کننده (demand limiter) دستی یا خودکار، حدود کار چیلر را تعیین میکند. نقاط تنظیم محدود کننده بصورت تیپ ۴۰ ، ۶۰ ، ۸۰ یا ۱۰۰ درصد بار است.

مبردهای جذبی (Absorption Chillers)

مبردهای جذبی از بعضی لحاظ مشابه مبردهای مکانیکی هستند:

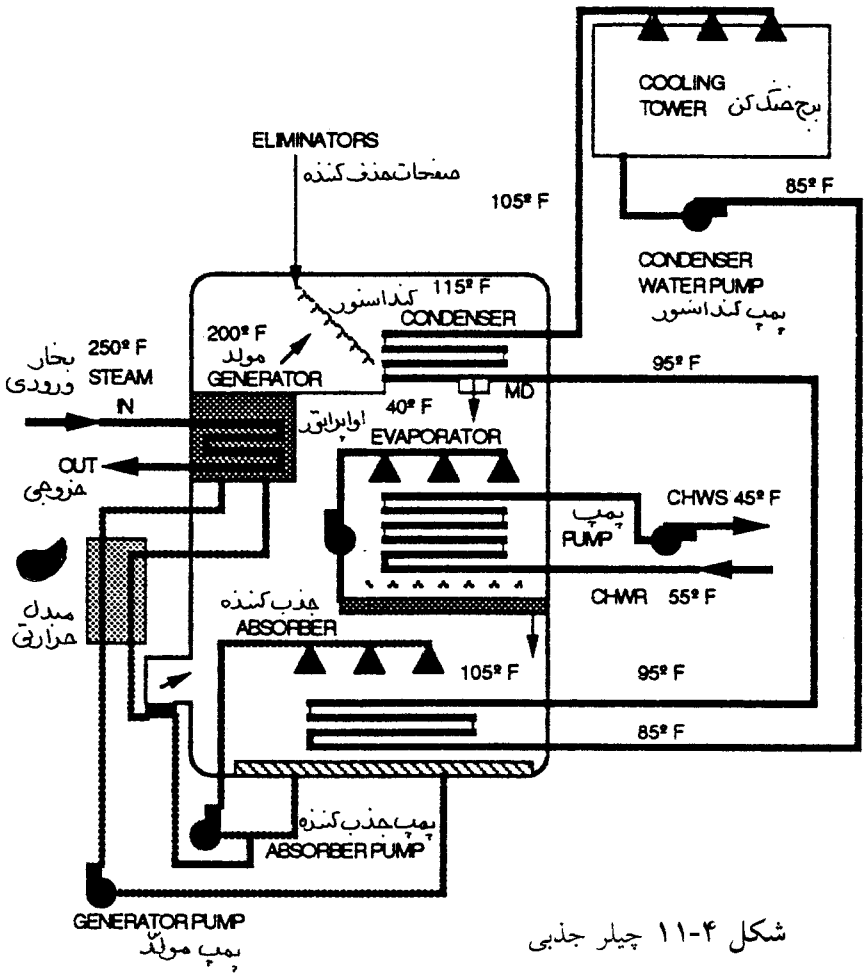
- در اواپوراتور از گرما برای تبخیر یک مبرد فرار در فشار پایین استفاده میکنند.
- گاز مبرد فشار پایین را از اواپوراتور میگیرند و گاز مبرد فشار بالا را به کندانسور میفرستند.
- گاز مبرد را در کندانسور تقطیر میکنند.
- مبرد را گردش مجدد میدهند.

تفاوتهای اصلی عبارتند از :

- مبرد جذبی از کمپرسور مکانیکی استفاده نمیکند و بجای آن از انرژی گرمایی منابع مختلف استفاده کرده و غلظت محلول جاذب مبرد را تغییر میدهد. همچنانکه غلظت، تغییر میکند، فشار نیز در اجزای مختلف چیلر تغییر میکند. این اختلاف فشار باعث گردش مبرد در سیستم میشود.
- بجای کمپرسور مکانیکی، مولد (generator) و جذب کننده (absorber) دارد.
- از یک جاذب استفاده میکند که معمولاً آب یا نمک لیتیوم بروماید (lithium bromide) است.
- مبرد معمولاً آب یا آمونیاک است.
- انرژی ورودی به دستگاه مستقیماً از آب گرم یا بخار وارد شده به مولد گرفته میشود. گرما ممکن است از کوره هوای گرم یا دیگ آمده باشد. در بعضی اوقات از گرمای سایر پروسه ها نیز استفاده میشود، مانند بخار کم فشار یا آب داغ صنایع، گرمای بازگرفته شده از دود خروجی توربین های گازی و یا بخار کم فشار از خروجی توربینهای بخاری.

دیاگرام شکل ۴-۱۱ برای توضیح سیکل کار مبرد جذبی در تاسیسات ساختمان نشان داده شده است. معمولاً ظرفیت این دستگاهها حدود ۲۵ الی ۱۰۰۰ تن و شامل اجزای زیر میباشد:

- مولد (generator)
- کندانسور
- اواپوراتور
- جذب کننده (absorber)
- پمپ سیال (fluid pump)
- واحد تخلیه (purge unit)
- کنترلها



شکل ۱۱-۴ چیلر جذبی

اواپوراتور و جذب کننده طرف فشار پایین سیستم را تشکیل میدهند که فشار آنها در حدود ۰/۱۲ پوند بر اینچ مربع خلاء مطلق میباشد (۰/۲۴۸ اینچ ستون جیوه) . مولد و کندانسور در طرف فشار بالای سیستم نیز تحت خلاء میباشند. فشار در طرف فشار بالای سیستم ۱/۵ پوند بر اینچ مربع مطلق (۳/۰۶ اینچ ستون جیوه) یا به عبارت دیگر یک دهم فشار آتمسفر (۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع مطلق) است. دو سیال در سیستم جذبی کار میکنند: جاذب و مبرد. در چیلری که مورد بحث است، آب نقش مبرد و لیتیوم بروماید نقش جاذب دارد. جریان مبرد به شکل زیر است:

از	به	حالت
کندانسور	اواپوراتور	مایع
اواپوراتور	جذب کننده	بخار
جذب کننده	مولد	مایع
مولد	کندانسور	بخار

مدار جریان جاذب به شکل زیر است:

از	به	حالت
جذب کننده	مولد	رقیق به غلیظ
مولد	جذب کننده	غلیظ به رقیق

جاذب (Absorbent)

کار چیلرهای جذبی بستگی به جاذبی دارد که تمایل زیادی به جذب مبرد داشته باشد. در چیلرهای بزرگ از لیتیوم بروماید که یک نوع نمک است به عنوان جاذب استفاده میشود. این نمک در حالت خشک شکل کریستالی دارد. مقدار نمکی که باید در آب حل شود تا محلول لیتیوم بروماید بسازد، با وزن اندازه گیری میشود نه حجم. غلظت محلول یاد شده را به درصد مقدار لیتیوم بروماید موجود در آن ذکر میکنند. بعنوان مثال، ۱۰۰ پوند محلول ممکن است ۶۵ پوند لیتیوم بروماید و ۳۵ پوند آب داشته باشد که به آن محلول ۶۵ درصد میگویند.

مبرد

در اینجا آب نقش مبرد دارد. همانطور که گفته شد مقدار خلاء در اواپوراتور حدود ۰/۲۴۸ اینچ ستون جیوه (۰/۱۲ پوند بر اینچ مربع مطلق) است. دمای هم ارز مبرد در این فشار حدود ۴۰ درجه فارنهایت است.

اواپوراتور

مایع مبرد در فشار بالا پس از عبور از یک وسیله سنجش (metering device) وارد اواپوراتور میشود. فشار مبرد کاهش یافته و دمای آن به حدود ۴۰ درجه فارنهایت میرسد. اضافه بر مبردی که از کندانسور می آید، یک پمپ، مایع مبرد جمع شده در ته اواپوراتور را گردش میدهد. این مبرد به افشانکهای بالای لوله های اواپوراتور میرود. افشانکها کمک میکنند که سطوح خارجی لوله ها در همه حال خیس باشند. پاشیدن مبرد همچنین مایع مبرد را به ذرات ریزتر درمی آورد که آسانتر تبخیر شود. این عمل تبادل گرما را بهتر کرده و حداکثر استفاده از مبرد میسر میشود. همچنانکه مبرد در تماس با لوله های گرم اواپوراتور قرار میگیرد، قسمتی از مبرد تبخیر شده و گرمای نهان سیالی را که داخل لوله ها است میگیرد. در این مثال، سیال آب سرد برگشتی از دستگاههای هوارسان است که دمای آن در ورود به اواپوراتور حدود ۵۵ درجه فارنهایت است. مبرد آب را خنک میکند و به ۴۵ درجه فارنهایت میرساند. آن قسمت از مبرد که تبخیر نشود در اواپوراتور جمع شده و دوباره به گردش در می آید. بخار مبرد با فشار کم از اواپوراتور و از طریق صفحات جداکننده (eliminators) عبور میکند که این صفحات مبرد مایع را میگیرند.

بخار مبرد از اواپوراتور وارد جذب کننده میشود زیرا فشار بخار محلول لیتیوم بروماید در جذب کننده کمتر از فشار بخار مبرد در اواپوراتور است. هرچه غلظت محلول لیتیوم بروماید بیشتر و دمای آن کمتر باشد فشار بخار محلول کمتر خواهد بود. بخار مبرد از اواپوراتور به فضای فشار پایین هدایت میشود. فشار این فضا با کنترل دما و غلظت معمول جاذب مبرد کنترل میگردد.

جذب کننده (Absorber)

محلول غلیظ لیتیوم بروماید و آب توسط یک پمپ و از طریق کلکتورها و افشانکها روی لوله جذب کننده پاشیده

میشود. محلول لیتیوم بروماید پاشیده شده با بخار مبرد که از اواپوراتور می آید مخلوط شده و آن را جذب میکند. در پروسه مخلوط شدن گرما بوجود می آید. برای نگهداری دمای جذب کننده، آب برج خنک کن از داخل لوله های آن عبور میکند. دمای آب خنک کننده ورودی معمولاً ۸۵ درجه فارنهایت است که پس از گرم شدن به ۹۵ درجه فارنهایت میرسد. اگر گرمای جذب کننده گرفته نشود، فشار و دما بالا رفته و جریان بخار از اواپوراتور متوقف میگردد.

در جریان مخلوط شدن، بخار مبرد تقطیر میشود و تشکیل محلول رقیق مبرد لیتیوم بروماید میدهد. به آن «محلول رقیق» میگویند. این محلول رقیق به کف پوسته جذب کننده میرسد و از آنجا توسط پمپ و از طریق مبدل گرمایی به مولد میرود. محلول باید دوباره غلظت اولیه خود را به دست آورد تا سیکل بتواند ادامه یابد.

مولد (Generator)

محلول رقیق از مبدل گرمایی گذر میکند و گرمای محلول غلیظ لیتیوم بروماید را که به جذب کننده برمیگردد میگیرد. پس از گذشتن از مبدل گرمایی، محلول رقیق روی لوله های مولد می ریزد. بخار با فشار کم از داخل لوله ها عبور میکند. گرمای بخار قسمتی از مبرد را تبخیر میکند و بدین ترتیب محلول غلیظ میشود. تبخیر مبرد در مولد میسر است زیرا دمای جوش آن پایین تر از دمای جوش جاذب است و دمای مولد هیچوقت به دمای جوش نمک نمیرسد.

دمای بخار مبرد در مولد حدود ۲۰۰ درجه فارنهایت است. مبرد پس از عبور از صفحات جداکننده (که نمک را میگیرد) به کندانسور میرود. در این مرحله فشار مبرد در طرف فشار بالا حدود ۳/۰۶ اینچ ستون جیوه است بدین معنی است که بخار مبرد روی لوله های کندانسور در ۱۱۵ درجه فارنهایت تقطیر میشود.

کندانسور (Condenser)

آب خنک کن خروجی از جذب کننده با کمک پمپ وارد لوله های کندانسور شده و پس از آن به برج خنک کن برمیگردد. آب با دمای ۹۵ درجه فارنهایت وارد شده و گرمای نهان تقطیر را میگیرد و با دمای ۱۰۵ درجه فارنهایت خارج میشود. آب به خنک کن میرود و پس از خنک شدن تا حدود ۸۵ درجه فارنهایت به جذب کننده برمیگردد.

مایع مبرد غلیظ به علت اختلاف فشار جریان می یابد و پس از عبور از وسیله سنجش به اواپوراتور بازمیگردد تا سیکل از نو آغاز شود.

مبدل گرمایی

محلول غلیظ از طریق مبدل گرمایی از مولد به جذب کننده پمپ میشود. مبدل گرمایی گرمای محلول غلیظ خروجی از مولد را به محلول رقیق سردتر لیتیوم بروماید که از جذب کننده می آید میدهد. راندمان سیکل جذبی با استفاده از مبدل حرارتی افزایش می یابد. دمای محلول رقیق افزایش می یابد و بنابراین انرژی گرمایی لازم در لوله کاهش می یابد. در عین حال دمای محلول غلیظ کاهش می یابد و بنابراین گرمایی که باید توسط آب برج خنک کن در جذب کننده گرفته شود کم میگردد. محلول غلیظ مبدل را ترک میکند و پس از عبور از یک وسیله سنجش، فشار آن کاهش می یابد و قسمتی از محلول تبخیر ناگهانی (flashing) میشود. عمل فلاشینگ باعث سرد شدن مابقی مبرد میگردد. بخار مبرد وارد جذب کننده میشود. محلول رقیقی که از ته جذب کننده پمپ میشود با محلول غلیظ سردتر که از مولد می آید مخلوط شده و از طریق افشانکها پاشیده میشود. حالا این محلول آمادگی دارد تا بخار مبرد در اواپوراتور را جذب کند.

سیستم تخلیه ناخالصی (purge)

گازهای غیرقابل تقطیر تمایل دارند که روی سطوح محلول رقیق لیتیوم بروماید که در ته جذب کننده است جمع شوند. اگر این گازها بوسیله واحد تخلیه جمع آوری و دفع نگردد باعث افزایش فشار در جذب کننده میشوند تا جایی که ممکن است جریان بخار از اواپوراتور متوقف شود.

کنترلهای چیلر

کنترل کار چیلر بوسیله شیر کنترل خودکار که روی خط ورودی بخار نصب است انجام میشود. این شیر جریان بخار به مولد را کم و زیاد (modulate) میکند. شیر خودکار از یک سنسور که روی خط خروجی آب سرد از اواپوراتور نصب است فرمان میگیرد. بعنوان مثال ، اگر دمای آب خروجی خیلی سرد باشد شیر بخار می بندد و جریان بخار به مولد را کم میکند. وقتی جریان بخار کم میشود، مقدار کمتری مبرد در مولد جوش می آید و از مولد خارج میشود، در نتیجه غلظت نمک پاشیده شده روی لوله جذب کننده کاهش می یابد. محلول قادر نخواهد بود که بخار مبرد را بخوبی جذب کند و در نتیجه توان سرمایی اواپوراتور کاهش می یابد. جریان آب برج خنک کن از کندانسور بوسیله حلقه کنار گذر (bypass loop) کنترل میشود و مقداری از آب را، بدون عبور از داخل لوله کندانسور، برمیگرداند.

فصل دوازدهم - ارزیابی عملکرد سیستم کنترل در تاسیسات گرمائی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

(VERIFYING THE PERFOMANCE OF HVAC CONTROL SYSTEM)

در این فصل فرا خواهید گرفت که چگونه عملکرد سیستم کنترل در تاسیسات تهویه مطبوع را ارزیابی کنید. دستگاههایی مانند سنسورها، کنترولرها، رله ها، کلیدها، محرکها (actuators) و ابزارهای دیگر کنترل جزئی از این سیستم هستند.

تمامی مدارک زیر همیشه در دسترس نیست ، ولی هر چه مدارک بیشتری در اختیار باشد اطلاعات شما از سیستم بیشتر خواهد شد و قادر خواهید بود پیشنهادهای بهتری را برای بهینه سازی ارائه دهید. بنابراین سعی کنید از پیمانکار کنترل مدارک زیر را بدست آورید.

نقشه های مهندسی

نقشه های کارگاهی (shop drawings)

نقشه های اجراء شده (As-Built drawings)

طرحواره ها (schematics)

دیاگرامهای کنترل

در بعضی موارد نقشه های کنترل بعنوان یکی از مراحل ارزیابی در کارگاه تهیه می شود .

از پیمانکار کنترل یا سازنده مدارک زیر را نیز بدست آورید.

کاتالوگ دستگاهها

توصیه های تست آنها

دستورالعمل بهره برداری و نگهداری

نقشه های کنترل، مشخصات و کاتالوگها را مطالعه کنید و خود را با اهداف طرح آشنا سازید. برای وضوح بیشتر سیستم کنترل مطمئن شوید که تمام ابزار کنترل روی نقشه ها و گزارشها مشخص شده و برچسب خورده اند. هنگام مطالعه آنها، سعی کنید هر جزئی از سیستم کنترل که نیاز به بازرسی دقیقتری دارد روی نقشه ها علامت بخورد.

ارزیابی عملکرد سیستم کنترل

سیستم کنترل را در وضعیت عادی کار قرار دهید. از سیستم بازدید کرده و وضعیت کار آنراارزیابی کنید.آنچه از بازدید خود برداشت کرده اید بعنوان وضعیت کلی و عمومی سیستم یادداشت کنید تا از آن برای بهینه سازی (optimization) احتمالی استفاده کنید. در حالیکه سیستم را آزمایش می کنید ممکن است دریابید که بعضی از تغییرات بهتر است در مراحل ارزیابی صورت گیرد. در حالیکه بعضی از تغییرات نیاز به جمع آوری مجموعه اطلاعات سیستم دارد.

روش کلی

ترتیب کار (sequence of operation)

- ترتیب کار کلیه کنترلها (Control Mode) را روی نقشه ها بازبینی کنید.

- ترتیب کار کنترلها را بطور عملی بازدید کنید و مطمئن شوید که مانند آنچه در روی نقشه ها دیده اید عمل میکنند.

سنسورها (sensors)

- محل نصب و طریقه نصب کلیه سنسورها را بازدید کنید تا مطمئن شوید آنها درست کار می کنند و تنها دما، رطوبت یا فشار مورد نظر را حس می کنند.

کنترلرها (controllers)

- هر کنترولر را که می خواهید تست کنید به کار اندازید.
- تاریخ کالیبره شدن دستگاه را از روی گزارش ها بازبینی کنید.
- اگر نگهداری سیستم کنترل در قرارداد پیش بینی نشده، هر کنترولر را طبق توصیه های سازنده کالیبره کنید.
- با اطلاعات نقشه های پیوست قرارداد ، مراقبت کنید که نقطه تنظیم هر کنترولر طبق طرح باشد ، خصوصاً کنترولرهای ایمنی محدود کننده مانند سنسورهای حریق و ضد یخ .

رله ها و کلیدها

- نقطه تنظیم و کار کلیه رله ها، سوئیچهای تدریجی، کلید حداقل وضعیت (minimum position) ، کلید انتهایی، کلیدهای جیوه ای، شیرهای سولونوئیدی، کنتاکتورها و غیره را ارزیابی کنید.

محرکها (actuators)

- کار کلیه محرکها را بازدید کنید.
- بازرسی کنید که کلیه محرکها به ابزار کنترل مربوط به خود متصل باشند.
- طرز کار پیلوت وضعیت سنج (pilot positioners) را بازرسی کنید.

ابزار کنترل

- کلیه کنترولرها را در مدار قرار دهید و بازرسی کنید که ابزار کنترل با کنترولر مربوط به خود بخوبی کار میکند.
- عملکرد درست کلیه ابزار کنترل را که برای کار عادی باید در حالت باز یا بسته باشند ، بررسی کنید.
- دامنه (span) کار کنترل را از حالت نرمال باز تا حالت نرمال بسته آزمایش کنید و در این حالات هر گونه منطقه مرده (dead band) ، فشار اضافی ، پیشرو یا پس افت (leading or lagging) ابزار کنترل با عملکرد هم زمان (simultaneously) یا بطور متوالی (sequentially) را مشاهده کرده و هر گونه کار همپوشانی (overlapping) ابزار کنترل را یادداشت کنید.

- حالت «خرابی بی خطر» (Fail Safe Mode) کلیه ابزار کنترل را آزمایش کنید.
- مراقبت کنید تا وضعیت کار کلیه ابزار کنترل که طبق دستور کنترولر، باز، بسته یا درحالت تدریجی (modulating) باشند.
- مطمئن شوید که کلیه ابزار کنترل در جای مناسب خود در سیستم توزیع تاسیسات تهویه مطبوع قرار گرفته و درست نصب شده اند .کلیه شیرها و دمپرها را بازدید کنید که درست نصب شده باشند و برعکس عمل نکنند.
- حرکت آزاد کلیه ابزار کنترل را بازرسی کنید.
- حالت بسته شدن کامل و بازبودن کامل ابزار کنترل را بررسی کنید.

ایمنی

- عملکرد اطمینان بخش کلیه ابزار حفاظتی و ایمنی را بررسی کنید.
- عملکرد درست کلیه ابزار کنترل را از نظر مشروط بودن به هم (interlock) بازدید کنید.

ارزیابی عملکرد سیستم کنترل بادی (pneumatic)

علاوه بر آنچه در بخش مراحل کلی گفته شد، کارهای زیر را انجام دهید :

- خط اصلی تغذیه هوای فشرده، طرز کار کمپرسور، خشک کن، فشارسنجها و نقطه تنظیم حالات روشن و خاموش کمپرسور را چک کنید و مطمئن شوید که فشار مناسب کار سیستم باشد.
- زمان خاموش و روشن بودن کمپرسور را یادداشت کنید.
- فیلترها ، تخلیه ها و وسائل حفاظتی را بازرسی کنید. وضعیت کار عمومی سیستم را یادداشت کنید .
- مراقبت کنید که سیستم نشتی نداشته باشد.

هوای اصلی

- طرز کار سیستم اصلی هوای فشرده شامل کمپرسورها ، خشک کن های هوا و کنترل فشار را بازرسی کنید.
- از سیستم بازدید کنید و تائید کنید که سیستم کامل و کلیه اجزای آن بطور صحیح نصب شده اند. اگر سیستم در حال کار نیست ، مطمئن شوید که کمپرسور قابل راه اندازی و نقاط تنظیم روشن و خاموش شدن آن درست باشد.
- چند سیکل کار کمپرسور را تحت نظر قراردهید و زمان خاموش و روشن بودن آنرا یادداشت کنید.
- کار خشک کن هوا را بازرسی کنید ، شیردستی تخلیه را بازکرده و آنچه را خارج می شود بازرسی کنید.

کنترولرها و سنسورها

- محل نصب ابزار را یادداشت کنید و مطمئن شوید که کلیه کنترولرها و سنسورها از جمله ترموستات ها، هیومیدستاتها، کنترل فشار (pressurstats)، ترموستات آتش و ضدیخ زدگی ، کنترل دریافت کننده (receiver-controller)، سنسورهای فرمان از راه دور و ترانسمیترها بدرستی کار میکنند.
- فشار خروجی کنترولرها و سنسورها را محاسبه کنید.
- نقطه تنظیم کنترولرها را طبق نقشه های کنترل مورد تائید قرار دهید.
- طرز کار کنترولر را بازرسی کنید . این کار توسط ابزار و وسائلی که در کیف کالیبراسیون پنوماتیک قراردارد انجام می شود.
  - لوله پنوماتیک و فشار سنج آزمایش را به نقطه تست کالیبراسیون وصل کنید.
  - فشار خروجی را نگاه کنید.
  - اگر کنترولر خارج از کالیبراسیون است ، طبق توصیه سازنده کالیبره کنید یا با پیمانکار کنترل تماس بگیرید.
- دامنه گردابی (throttling range)، درجه نفوذ و نقطه تنظیم را طبق دستورالعمل سازنده بررسی کنید یا با پیمانکار کنترل تماس بگیرید.
- فشار ورودی در شرایط کار عادی را فراهم و فشار خروجی کنترولر را نگاه کنید . مراقبت کنید که فشارخروجی در تمام نقاط دامنه گردابی درست باشد.
- کالیبراسیون ترانسمیتر را بررسی کنید.
  - لوله پنوماتیک و فشار سنج آزمایش را از کیف آزمایش بیرون آورده و به نقطه تست کالیبراسیون وصل کنید.
  - مقدار واقعی را روی ترانسمیتر بخوانید و آنرا با فشار خروجی از قبل تعیین شده مقایسه نمایید.

رله ها و کلیدها

- محل استقرار کلیه رله ها و کلیدها را بنویسید و طرز کار آنها را تائید کنید.
- لوله پنوماتیک و فشار سنج آزمایش را از کیف بیرون آورده و به رله ها و کلیدها طبق دستورالعمل سازنده وصل کنید.

رله های تقویت یا کند کننده (amplifying or retarding relays)

- فشار ورودی را برقرار سازید و مطمئن شوید که فشار خروجی تا زمانیکه فشار ورودی به نقطه تنظیم تعیین شده (bias) نرسیده است در عدد صفر باقی میماند. از این نقطه فشار خروجی باید به نسبت صحیح افزایش یابد. (۱:۱ ، ۱:۱/۵ ، ۱:۲ و غیره)
- تنظیم کنید یا اگر لازم است عوض کنید.

رله های میانگیر (averaging relays)

- با استفاده از ترانسمیتر دستی و فشارسنج، فشار نرمال ورودی و یک فشار بالا تر را به رله بدهید.
- فشار خروجی را با میانگین فشارهای ورودی مقایسه کنید.
- فشار خروجی باید در حد ۰/۵± پوند بر اینچ مربع میانگین حسابی فشارهای ورودی باشد.
- اگر لازم باشد تعویض کنید.

کلیدهای تبدیل بادی به برقی (P-E)

- نقطه تنظیم کلیه کلیدهای تبدیل (P-E) را با برقرار کردن فشار رو به افزایش ورودی با ترانسمیتر تدریجی و فشارسنج دقیق ارزیابی کنید.
- نقطه روی کار آمدن (cut-in) و از کار خارج شدن (cut-out) را یادداشت کرده و با مشخصات مقایسه کنید.
- اگر لازم باشد تنظیم کنید.

رله های منحرف کننده (diverting relays)

- فشارهای ورودی متعددی برقرارکنید و طرز کار رله های منحرف کننده را بازرسی نمایید.
- فشار ورودی را زیاد کرده و فشاری را که در آن دهانه مشترک (common port) از وضعیت نرمال باز به وضعیت نرمال بسته تغییر حالت می دهد یادداشت کنید.
- فشار ورودی را کاهش دهید و فشاری را که در آن دهانه مشترک به وضعیت دهانه نرمال باز تبدیل می شود یادداشت کنید.
- فشارهای نقطه تغییر حالت و اختلاف فشارها را با داده های نقشه های کنترل مقایسه کنید.
- اگر لازم است تنظیم کنید.

رله های معکوس کننده (reversing relays)

- طرز کار این رله ها را با استفاده از ترانسمیتر تدریجی و فشار سنج دقیق و برقرار نمودن فشار ورودی بررسی کنید.
- فشار خروجی را نگاه کنید و آنرا با فشار مشخص شده مقایسه کنید.
- اگر لازم است رله را تنظیم کنید تا فشار خروجی مناسب با فشار ورودی باشد.

رله های سلکتور (selector relays)

- با استفاده از ترانسمیتر دستی و فشار سنج با فشار کنترل نرمال، یک فشار کم ورودی و یک فشار زیاد ورودی را به رله اعمال کنید.
- طبق توصیه های سازنده، دهانه های غیر قابل استفاده را درپوش کنید.
- برای هر ورودی یک آزمایش انجام دهید.
- مطمئن شوید که رله فشار ورودی کم یا زیاد را که متناسب با فشار خروجی تعیین شده در نقشه های کنترل است ، انتخاب می کند.
- اگر لازم است تعویض کنید.

رله های محدود کننده (limiting relays)

- فشار عادی کنترل را برقرار کنید و وضعیت محرک (actuator) را وقتی فشار ورودی کمتر از حداقل تنظیم است نگاه کنید ، این کار را با فشار ورودی بالاتر از نقطه تنظیم تکرار کنید.
- اگر لازم باشد رله را تنظیم و علامت گذاری کنید.

رله های وضعیت مثبت (positive positioning relays)

- فشار ورودی را برقرار سازید و مطمئن شوید که فشار خروجی وقتی که فشار ورودی به نقطه تنظیم میرسد، ازدیاد می یابد.
- اگر لازم است تنظیم یا تعویض کنید.

کلیدهای تدریجی (gradual switch)

- فشار کنترل نرمال را برقرار سازید و نگاه کنید که با تنظیم کلید فشار خروجی کم یا زیاد می شود.
- کلید را برای وضعیتی که مورد نیاز نقطه کار (setting) باشد تنظیم کنید و علامت بزنید.

کلید وضعیت حداقل (minimum position switch)

- فشار کنترل نرمال را برقرار سازید و وضعیت محرک را وقتی فشار ورودی کمتر از نقطه تنظیم است نگاه کنید.
- کلید را طوری تنظیم کنید که محرک (actuator) در وضعیتی قرار بگیرد که باید در حالت تنظیم حداقل باشد و این وضعیت را علامت گذاری کنید.

مبدلهای بادی - برقی (pneumatic-electric transducers)

- فشار ورودی را برقرار سازید و برحسب مورد خروجی برقی را که ممکن است اهم ، ولتاژ مستقیم یا میلی آمپر باشد ، یادداشت کنید.
- مقادیر خروجی برحسب فشارهای ورودی مختلف را پیش بینی و مقایسه کنید.
- اگر لازم است تعویض کنید.

ابزار کنترل و محرکها

- محل نصب آنها را یادداشت کرده و طرز کار کلیه ابزار کنترل و محرکها را بازرسی کنید.
- فشار ورودی محرکها را نگاه کنید.
- بازرسی کنید که درحالت فشار ورودی صفر به محرکها، ابزارکنترل در «وضعیت نرمال» طبق مشخصات باشند.
- با استفاده از لوله تست و فشار سنج از کیف آزمایش پنوماتیک ، فشار ورودی را برقرار سازید و دامنه کار فنر محرک را ارزیابی کنید.
- حرکت کامل اهرم (linkage) آمپر یا اتصالات شیر را در دامنه کامل کار محرک بازرسی کنید.
- اگر تنظیم اهرم بندی نرمال درست نیست آن را تصحیح کنید بطوریکه اهرم بندی حرکت کامل بین کاملاً باز و کاملاً بسته را برقرار سازد.

ارزیابی عملکرد سیستمهای کنترل برقی، الکترونیکی ودیجیتال مستقیم (Direct Digital)

علاوه بر آنچه در بخش مراحل کلی گفته شد ، موارد زیر را بر حسب مورد ملحوظ کنید.

- مطمئن شوید که سیستم کنترل ولتاژ مناسب خود را دارد.
- مطمئن شوید که اتصالات کنترل درست بسته شده باشد.
- سیستم کنترل را در وضعیت عادی کار قراردهید و تمام مدارهای کنترل را یکی یکی آزمایش نمایید تا مطمئن شوید که مدار کنترل و نقاط موضعی هر یک از آنها بدرستی واکنش نشان می دهند.
- زمان واکنش و کالیبراسیون تمام مبدلها (transducer) را بازرسی کنید.
- توجه کنید که سیستم مجهز به علائم و چراغهای هشدار دهنده و باتری ذخیره باشد.
- کاربرد و دقت نرم افزارهای هر مدار کنترل را بازرسی کنید.
- طرز کار مودم (phone modem) را بازرسی کنید.

منبع اصلی قدرت

- نقشه های کنترل و مشخصات فنی آن را بازبینی کنید.
- الزامهای اتصال تغذیه قدرت به سیستم کنترل را بازرسی کنید.
- نگاه کنید که مدار توان ۱۲۰ (یا ۲۲۰ ولت) بدرستی حفاظت شده و برای کار شبانه روزی (۲۴ ساعت) برچسب خورده باشد.
- نقاط اتصال سیم کشی به سنسورها و کنترولرها و ابزار کنترل را مورد بازرسی قرار دهید.

کنترولرها و سنسورها

- محل نصب کلیه کنترولرها و ترانسمیتر ها را یادداشت کرده و طرز کار آنها را ارزیابی کنید.
- فرمان خروجی کنترولرها و سنسورها را پیش بینی کنید (در سطور بعد توضیح داده خواهد شد).
- دقت کنید که نقطه تنظیم کنترولرها طبق نقشه های کنترل باشد.
- طرز کار کنترولر را بازرسی کنید. اینکار با ابزاری مانند پتانسیومتر، ابزار انتخاب مقاومت (decadebox)، ولت
- اهم - میلی آمپرمتر (VOM meter) و یا وسیله سنجش چند منظوره دیجیتالی (DM meter) انجام می شود.
- با استفاده از دستورالعملهای سازنده ، وسیله سنجش را به کنترولر وصل کنید.
- در نقطه تنظیم کالیبره شده و در تمام دامنه کار ، ولتاژ خروجی را نگاه کنید.
- با مقایسه ولتاژ خروجی پیش بینی شده و مقدار واقعی کنترولر را کالیبره کنید. اگر ولتاژ خروجی در حد پیش بینی شده نیست ، طبق دستورالعمل سازنده کنترولر را کالیبره کنید یا با پیمانکار کنترل تماس بگیرید.
- طبق دستورالعمل سازنده دامنه کار ، درجه تاثیر و نقطه تنظیم کنترولر را بازرسی کنید یا با پیمانکار کنترل تماس بگیرید.
- فرمان ورودی را برقرار سازید و فشار خروجی کنترولر را تحت نظر بگیرید . درستی فشار خروجی را در تمام نقاط دامنه کار مورد تائید قرار دهید.
- کالیبراسیون ترانسمیتر را ارزیابی کنید.
- مقدار واقعی متغیر کنترل (دما ، فشار یا رطوبت) را اندازه بگیرید.
- وسائل آزمایش را متصل کرده و فرمان خروجی را تحت نظر بگیرید.
- خروجی پیش بینی شده ترانسمیتر را با مقدار واقعی مقایسه کنید. اگر علامت خروجی طبق آنچه پیش بینی شده است نمی باشد ، ترانسمیتر را عوض کنید یا با پیمانکار کنترل تماس بگیرید.

رله ها و کلیدها

- محل نصب کلیه رله ها و کلیدها را نوشته و طرز کار آن را ارزیابی کنید.
- وسائل تست را طبق توصیه سازنده به کلید یا رله متصل کنید.

- اگر لازم است رله را تعویض کنید.

رله های محدود کننده (limiting relay)

- علامت (signal) کنترل را برقرار سازید و مکان محرک (actuator) را وقتی فشار ورودی در حالت کمتر از حداقل تنظیم و در حالت بالاتر از حداکثر تنظیم است نگاه کنید.
- اگر لازم است رله را تنظیم کنید و نقاط فوق را علامت گذاری نمائید.

کلیدهای تدریجی (gradual switch)

- فرمان ورودی را برقرار سازید و فرمان خروجی را نگاه کنید که با حرکت کلید زیاد یا کم بشود.
- کلید را طبق خواسته لازم تنظیم کرده و علامت بزنید.

کلید وضعیت حداقل

- فرمان ورودی را برقرار سازید و وضعیت محرک را وقتی فرمان ورودی کمتر از نقطه تنظیم است نگاه کنید.
- کلید را طوری برگردانید که محرک در مکان حداقل لازم قرار گیرد و آنجا را علامت بزنید.

مبدلهای (transducers) برقی - بادی

- ولتاژ ورودی را بدهید و فشار خروجی را نگاه کنید.
- مقادیر خروجی را برای ولتاژهای ورودی متعدد پیش بینی کنید و مقایسه نمائید.
- اگر لازم است مبدل را عوض کنید.

محرکها (actuator) و ابزار کنترل

- رسیدن فرمان ولتاژ ورودی به ابزار کنترل را تائید کنید.
- حالت « نرمال » و دامنه کار محرک و حرکت درست کلیه ابزار کنترل را بازرسی کنید.
- حالت کلیه ابزار کنترل را در شرایط فرمان ورودی صفر یادداشت کنید.
- فرمان ورودی را با کمک ترانسمیتر دستی تغییر داده و حرکت محرک را از نقطه شروع تا نقطه توقف نگاه کنید.
- حرکت ابزار کنترل را وقتی سیگنال ورودی تغییر می کند نگاه کنید.

رله های تقویت و کند کننده

- فرمان ورودی رابرقرارسازید و مطمئن شوید که تا فرمان ورودی به نقطه تنظیم فشار پیش بینی شده (bias) نرسیده است ، زمان خروجی صفر باشد.
- اگر لازم است تنظیم یا تعویض کنید.

رله های میانگیر (averaging)

- یک ولتاژ کم و یک ولتاژ بالا در ورودی به رله برقرار سازید.
- ولتاژ خروجی را با میانگین حسابی ولتاژهای ورودی مقایسه کنید.
- اگر لازم است رله را تعویض کنید.

رله های منحرف کننده (diverting)

- فرمانهای ورودی متعدد به رله بدهید و طرز کار آنرا آزمایش کنید.
- فرمان ورودی را زیاد کنید و عددی را که در آن دهانه مشترک (common port) از دهانه نرمال باز به دهانه نرمال بسته تبدیل می شود ، یادداشت کنید.
- فرمان ورودی را کاهش دهید وعددی را که درآن دهانه مشترک به وضعیت نرمال خود برمیگردد، یادداشت کنید.
- فرمانی که در آن تبدیل صورت گرفت و اختلاف فشار مربوطه را با مقادیر نقشه های کنترل مقایسه کنید.
- اگر لازم است رله را تنظیم کنید.

رله های معکوس کننده (reversing relays)

- فرمان ولتاژ ورودی متعدد بدهید و خروجی را نگاه کنید.
- اگر لازم است رله را تنظیم کنید تا ولتاژ خروجی لازم را نسبت به ولتاژهای ورودی متعدد برقرار سازد.

رله های سلکتور (selector relays)

- یک ولتاژ ورودی ضعیف و یک ولتاژ ورودی قوی به رله بدهید.
- دهانه هایی را که استفاده نمیشوند طبق توصیه سازنده درپوش کنید.
- برای هر ورودی (input) یک آزمایش انجام دهید.
- نگاه کنید که رله طبق مشخصات کنترل ولتاژ خروجی را مطابق با ولتاژ ضعیف یا قوی ورودی انتخاب می کند.

۵ - فشار سنج آزمایش را بردارید.
۶ - عقربه تنظیم کنترولر را روی مقدار دلخواه قرار دهید.

مثال ۱- ۱۲ : نقطه دلخواه تنظیم ترموستات اتاقی پنوماتیک ۷۴ درجه فارنهایت است . ترموستات به یک شیر آب گرم فرمان می دهد که دامنه فنری آن ۴ تا ۸ پوند است . برای تست کالیبراسیون ترموستات سرپوش آنرا بردارید و یک ترمومتر تازه کالیبره شده را روی سر ترموستات بگذارید. در این مثال ترمومتر ۷۶ درجه فارنهایت نشان می دهد، سپس ترموستات را روی ۷۶ درجه فارنهایت بیاورید . یک فشار سنج آزمایش را به دهانه تست ترموستات متصل کرده و پیچ تنظیم آنرا طوری بچرخانید که فشار سنج عدد ۶ را نشان بدهد (که در واقع وسط ۴ و ۸ پوند است). در نهایت سرپوش را سرجای خود بگذارید و ترموستات را روی ۷۴ تنظیم کنید.
ترموستات برای ۷۶ درجه فارنهایت تنظیم شده است . فشار سنج را در دهانه تست ترموستات قرار دهید و پیچ تنظیم را برگردانید تا عدد ۶ نمایش داده شود (بین ۴ و ۸ پوند بر اینچ مربع). نقطه تنظیم ترموستات روی ۷۴ درجه فارنهایت قرار گرفته است.

- حرکت اهرم بندی (linkage) دمپر و یا شیر را در تمام دامنه کار محرک نگاه کنید.
- اگر مکانیزم اهرم بندی نیاز به تنظیم دارد ، انجام دهید که اهرم بندی قادر باشد حرکت از کاملاً باز به کاملاً بسته را بطور درست انجام دهد.

بهینه سازی کنترل (Optimization)

- بعد از ارزیابی سیستم کنترل ، یک لیست از بهینه های دست یافتنی درست کنید . معمولاً این لیست شامل موارد زیر خواهد بود.

کالیبره کردن
تمیز کردن
تعمیر کردن
تعویض
طراحی مجدد

سیستم های بادی

کلیات

- کلید فشار پنوماتیک کمپرسور هوا را تنظیم کنید تا فشار دلخواه و زمان کار دلخواه را بدست آورید.
- اگر امکان اشتباه خوانی و یا تغییرات ناگهانی بواسطه شرایط خارجی مانند تاثیر نور خورشید ، کوران هوا ، نصب روی دیوار خارجی و غیره وجود دارد ، جای سنسورها را عوض کنید.
- نشتی هوای فشرده را بگیرید.
- اتصالات برقی را محکم کنید.
- کالیبره کردن ترموستات و هیومیدستات پنوماتیک
- کنترلهای پنوماتیک باید هر سال کالیبره شوند و اگر در محیط آلوده قرار دارند این دوره کمتر باید باشد . شش مرحله برای کالیبره کردن ترموستات و هیومیدستات اتاقی پنوماتیک وجود دارد . توصیه می شود قبل از هرگونه انجام عملیات کالیبره کردن ، دستورالعمل کارخانه سازنده مطالعه شود . این شش مرحله عبارتند از :

۱ - مقدار واقعی دما یا رطوبت حس شده را تعیین کنید از ترمومتر برای ترموستات و از هیگرومتر برای هیومیدستات استفاده کنید.
۲ - دکمه تنظیم را روی مقدار واقعی قرار دهید.
۳ - یک فشار سنج آزمایش خروجی را در دهانه تست کنترلر قرار دهید.
۴ - پیچ تنظیم کالیبراسیون را بچرخانید تا زمانیکه فشار روی فشار سنج آزمایش جائی وسط دامنه فنر و ابزار کنترل قرار گیرد.

فصل سیزدهم - اجزای تشکیل دهنده سیستم کنترل
(CONTROL COMPONENTS)

سیستمهای کنترل خودکار در ساختمانهای مسکونی، تجاری و مراکز صنعتی کاربرد دارد. این کنترلها جریان هوا، آب و یا بخار را باز، بسته یا تنظیم میکنند تا شرایط دلخواه فضاهای ساختمان (مانند دما، رطوبت و فشار) بمنظور آسایش افراد، روند خط تولید، اقتصادی تر شدن یا ایمنی، تامین گردد. درک و شناخت سیستم کنترل یعنی درک و شناخت تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع. این فصل اجزای مختلف تشکیل دهنده سیستم کنترل را توضیح میدهد. فصل پانزدهم کاربرد تیپ سیستم کنترل و نحوه نوسازی و بازسازی آن را نشان خواهد داد.

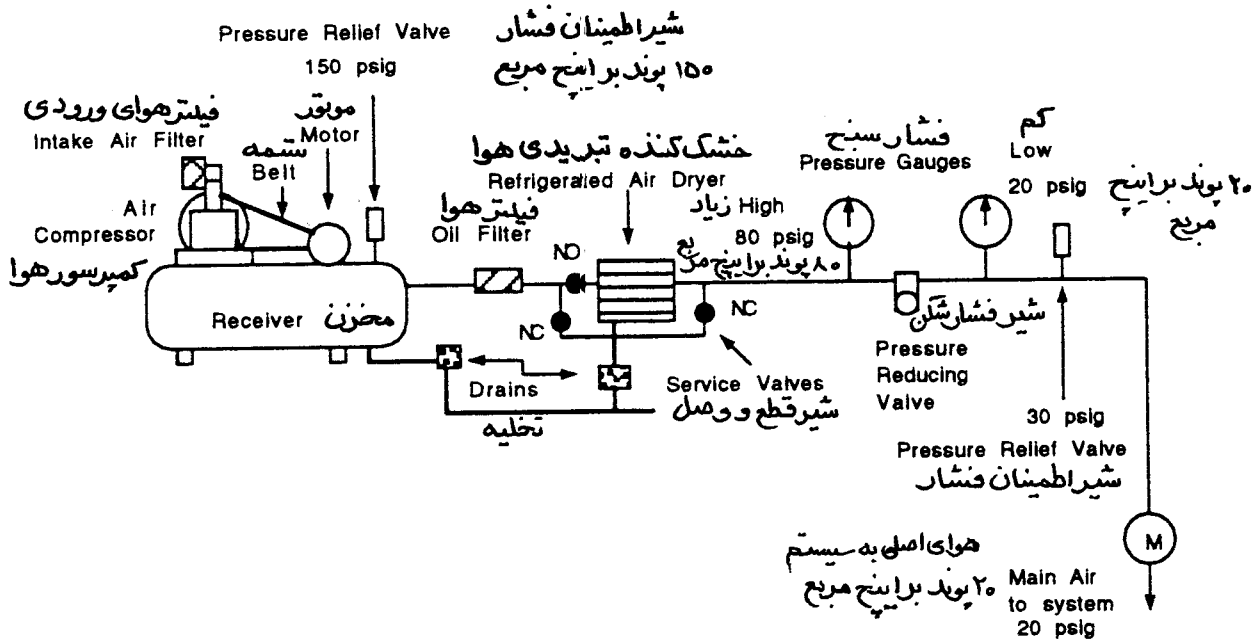
سیستم کنترل خودکار شامل یک گروه قطعات کنترل است که با دیگر اجزاء فعل و انفعال کرده و سیستم را خود - تنظیم (self-regulating) میکند. هر یک از اجزای سیستم یک وظیفه معین دارد. سیستم کنترل خودکار تاسیسات ساختمان شامل انواع پنوماتیکی (بادی)، برقی یا الکترونیکی با کنترل دیجیتال مستقیم (direct digital controls) است و براساس نیروی محرکه رده بندی میشوند.

سیستم	نیروی محرکه
پنوماتیک (بادی)	هوای فشرده
برقی	برق ولتاژ ضعیف (معمولاً ۲۴ ولت AC یا با ولتاژ خط (معمولاً ۱۱۰ تا ۲۲۰ ولت AC)
الکترونیکی	آمپر یا ولتاژ ضعیف (معمولاً ۴ تا ۲۰ میلی آمپر DC یا صفر تا ۱۵ ولت DC)

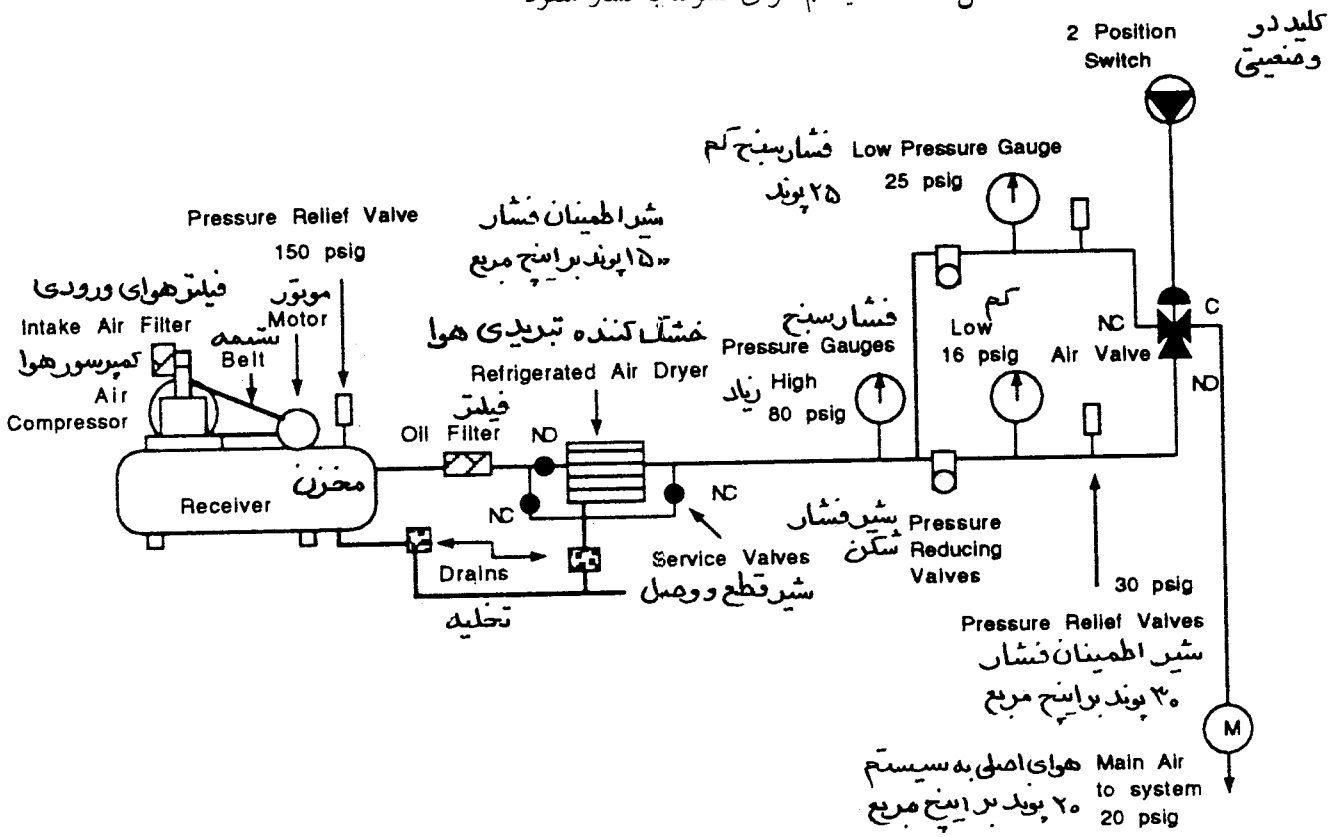
سیستم کنترل پنوماتیک

نیروی محرکه سیستم کنترل پنوماتیک (بادی) هوای فشرده است. اجزای تشکیل دهنده یک سیستم بادی با فشار منفرد یا دوگانه (شکل ۱-۱۳ و ۲-۱۳ و ۳-۱۳) معمولاً عبارتند از :

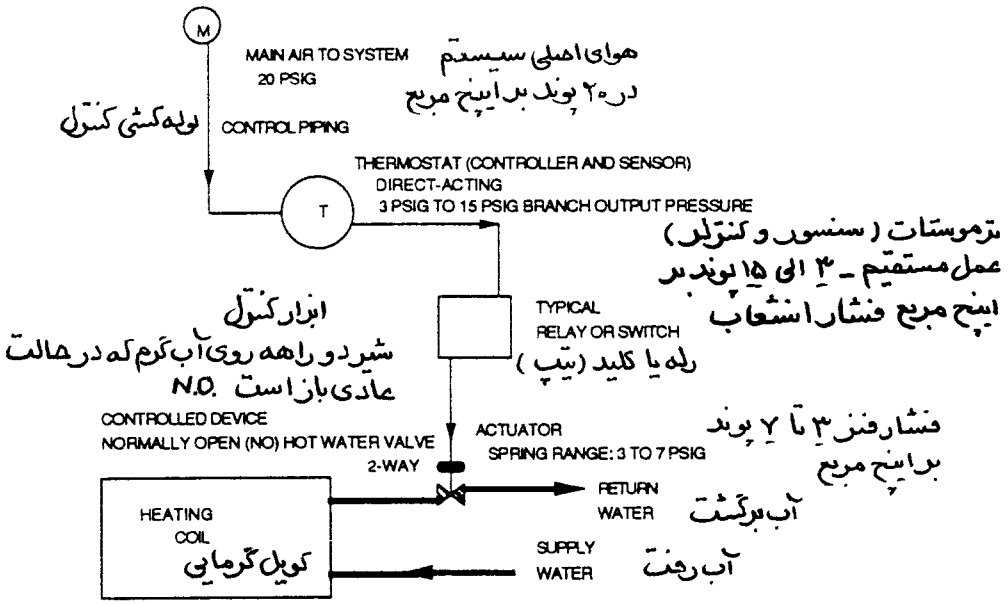
کمپرسور هوا، مخزن ذخیره، خشک کن هوا از نوع تبریدی، فیلترها، شیر فشارشکن، شیر اطمینان، لوله کشی کنترل، سنسورها، کنترلرها، رله ها و کلیدها، محرکها (actuators)، ابزار کنترل .



شکل ۱-۱۳ سیستم هوای فشرده با فشار منفرد



شکل ۲-۱۳ سیستم هوای فشرده دو گانه



شکل ۳-۱۳ سیستم ساده پنوماتیک (تیپ)

هریک از این اجزاء بطور جداگانه توضیح داده میشوند.

کمپرسور هوا، مخزن ذخیره و تخلیه

کمپرسور هوا یک ماشین الکتریکی ضربه ای است که معمولاً توان آن ۲۵ اسب بخار یا کمتر است. کمپرسور معمولاً طوری انتخاب میشود که ۳۵ درصد اوقات در حال کار باشد و ۶۵ درصد خاموش بماند واین برای طولانی تر کردن عمر آن است. چون عمل تراکم باعث گرم شدن هوای فشرده میشود، محدودیت زمان کار کمپرسور زمان کافی برای خنک شدن هوا در مخزن ذخیره بدست میدهد. یک شیر تخلیه دستی یا خودکار، موادی مانند آب، روغن، گردوخاک و رسوب را که امکان دارد در مخزن جمع شود تخلیه میکند.

فیلترها و خشک کن هوا

هوای فشرده ای که در سیستم استفاده میشود باید تمیز، خشک و عاری از روغن باشد تا اجزای مختلف سیستم بتوانند وظیفه خود را به نحو احسن انجام دهند. از چند وسیله برای خشک کردن هوا و حذف روغن، بخار و کثافت و سایر آلودگیها از آن استفاده میشود. برای مثال، بمنظور جلوگیری از ورود بخار روغن و گرد و خاک همراه با هوای ورودی به کمپرسور هوا که ممکن است بعداً نیز در خطوط لوله های کنترل تقطیر شود، یک فیلتر در ورورد هوا به

کمپرسور نصب میشود.

برای اینکه مطمئن شویم که یک هوای خشک و عاری از روغن در سیستم جریان دارد، یک خشک کن تبریدی هوا (refrigerated air dryer) بعد از مخزن ذخیره نصب میشود که بطور خودکار رطوبت هوا را تقطیر و تخلیه میکند. یک فیلتر روغن قبل از خشک کن هوا نصب میشود. تا از انتقال بخار روغن یا ذرات آلوده جلوگیری کند. برای سرویس و نگهداری خشک کن و فیلتر روغن یک شیر کنار گذر نصب میشود تا هنگام سرویس، هوای فشرده قطع نشود.

شیر فشار شکن و شیر اطمینان فشار

یک سیستم پنوماتیک با فشار منفرد دارای شیر فشارشکن است که فشار سیستم را در حد ۱۸ الی ۲۰ پوند بر اینچ مربع بالاتر از آتمسفر (gauge) نگه میدارد. در دو طرف شیر فشارشکن فشار سنج نصب میشود که در بالادست، فشار مخزن و در پایین دست، فشار خط را نشان میدهد. برای جلوگیری از زیاد شدن فشار در مخزن یک شیر اطمینان فشار (relief valve) روی مخزن نصب میشود. برای حفاظت خط نیز یک شیر اطمینان بعد از شیر فشارشکن نصب میشود تا چنانچه فشارشکن عمل نکند سیستم آسیب نبیند. حداکثر فشار مجاز و ایمن کار اغلب قطعات کنترل بادی ۳۰ پوند بر اینچ مربع است.

سیستمهای با فشار دوگانه

برای کاربردهای مختلف مانند کار در تابستان و زمستان یا کار در هنگام شب و روز، سیستم را دوفشاری طراحی میکنند که هر خط اصلی فشار خود را دارد. شکل بندی سیستم فشار دوگانه تا قبل از رسیدن به شیر فشارشکن همانند سیستم یک فشاری است. چون دو فشار مختلف لازم است دو شیر فشار شکن هم نصب میشود. بسته به نوع کنترلر، یک شیر فشارشکن ، فشار را به ۱۳ الی ۱۶ و دیگری ۱۸ الی ۲۵ پوند بر اینچ مربع کاهش می دهد. فشار بالاتر برای کار کنترلر هنگام شب و فصل زمستان است و فشار پایین تر برای تابستان و هنگام کار در روز است. جزئیات کار ترموستات های سیستم را بعداً دراین فصل توضیح می دهیم. بعد از شیر فشارشکن یک شیرسه راهه و یک کلید دستی یا خودکار دو وضعیتی نصب میشود. وظیفه کلید، تعویض دهانه کار شیر سه راهه است.

مثال ۱-۱۳: کلید دو وضعیتی برای کار تابستان تنظیم شده است. دهانه معمولاً باز (normally open) شیر سه راهه باز و دهانه معمولاً بسته (normally closed)آن بسته است . هوای با فشار پایین از دهانه معمولاً باز به دهانه مشترک می آید و از آنجا وارد سیستم می شود.جریان هوای با فشار بالا بسته و متوقف است. اگر کلید در وضعیت زمستانی قرارداده شود، دهانه معمولاً باز شیر سه راهه بسته و دهانه معمولاً بسته آن باز می شود. این حالت اجازه میدهد که هوای فشرده با فشار بالا از دهانه معمولاً بسته گذشته و از طریق دهانه مشترک وارد سیستم گردد. دراین حالت

جریان هوا با فشار پایین متوقف و بسته می شود.

مثال ۲-۱۳: یک سوئیچ نوع دو وضعیتی برای کار روز تنظیم شده است. در شیر سه راهه دهانه معمولاً باز در حالت باز و دهانه معمولاً بسته درحالت بسته است . هوای کم فشار از دهانه معمولاً باز وارد شیر سه راهه میشود و از دهانه مشترک خارج و به سمت سیستم می رود. دهانه هوای پرفشار بسته است. وقتی کلید روی حالت کار شب قرار می گیرد دهانه معمولاً بسته شیر سه راهه باز می شود و دهانه معمولاً باز آن به حالت بسته در می آید. دراین وضعیت هوای فشرده با فشار بالا از دهانه معمولاً بسته وارد شیر سه راهه میشود و پس از خروج از دهانه مشترک وارد سیستم می گردد. دهانه معمولاً باز دراین موقع بسته می شود و هوای فشرده با فشار کم نمی تواند به سمت سیستم جریان یابد.

لوله کشی

لوله ها یا تیوب ها، هوای فشرده (معمولاً ۳ تا ۲۵ پوند بر اینچ مربع) را به کنترلرهای مختلف مانند ترموستاتها، هیومیدستاتها، پرشرستاتها و کنترلرها (receiver - controller) رسانده و از آنجا به ابزار کنترل شده هدایت می کنند.

سنسورها (پنوماتیک و عضو حساس (sensing elements) برقی -الکترونیکی)

یک عضو حس کننده (sensing element)، که ممکن است در داخل کنترلریا خارج از آن باشد، متغیر کنترل شونده (مانند دما، فشار یا رطوبت) را اندازه گیری کرده و یک فرمان به کنترلر می فرستد.

سنسورهای دما

این سنسورها تغییرات دما را حس می کنند. دو نوع کلی از عضو حساس دمای پنوماتیک وجود دارد.

- عضوهای انبساط حرارتی مانند بی متال یا میله فلزی و تیوب. لوله های پر شده از بخار یا مایع مانند (remote bulb ، sealed bellows) یا عضوهای عکس العمل سریع یا میانگین (capilary fast response or averaging elements) بی متالها معمولاً در ترموستات اتاقی استفاده میشود.
- عضوهای میله ای یا تیوبی. معمولاً در اندازه گیری های مغروق مانند دیگها و مخازن ذخیره استفاده میشوند.
- sealed bellows معمولاً در ترموستات اتاق استفاده میشوند.

- عضو remote bulb زمانی کاربرد دارد که نقطه اندازه گیری شده مانند لوله یا کانال از کنترلر فاصله داشته باشد.
- از عضو های کاپیلری میانگین یا عکس العمل سریع (fast response and averaging capillary) در کنترلر از راه دور و بجای (Bulb) استفاده میشود. عضو عکس العمل سریع یک کویل ریز آب بند است که پاسخ گویی آن (response) خیلی سریع تر از bulb استاندارد است . عضو میانگین (averaging element) یک کویل از لوله های موئینگی است که بطور متقارن در کانال می پیچند تا دمای میانگین را بدست آورند.

سنسورهای رطوبت

این سنسورها برای اندازه گیری رطوبت نسبی یا نقطه شبنم هوا استفاده میشود. اساس کار هیومیدستاتهای مکانیکی - پنوماتیکی (هیگرومترها) براین خاصیت قراردارد که مواد هیگروسکپی مانند نایلون ، ابریشم ، چوب، پر و موی انسان وقتی خیس میشوند انبساط می یابند. تغییر طول این مواد بصورت مکانیکی حس شده و به فرمان پنوماتیکی تبدیل میشود.

سنسورهای فشار

سنسورهای مکانیکی - پنوماتیکی فشار ، تغییرات فشار یا فشار مطلق را بوسیله bellows ، دیافراگم یا تیوب بوردون (bourdon) حس می کنند. تغییرات بصورت مکانیکی حس شده و به فرمان پنوماتیکی تبدیل می شود.

کنترلرها

سنسورهای پنوماتیکی (بادی) فرمانی را که با مقادیر متغیر اندازه گیری شده متناسب است ، می فرستد، کنترلر پنوماتیکی این فرمان را با مقدار دلخواه مقایسه نموده و علامت می دهد. کنترلر پنوماتیکی بطور دایم اطلاعات ورودی را دریافت و روی انها عمل میکند.

کنترلرها ممکن است بصورت مستقیم یا معکوس عمل کنند. عمل مستقیم (direct- acting) بدین معنی است که ازدیاد متغیر (مانند دمای اتاق) فشار خروجی کنترلر را بیشتر می کند. عمل معکوس (reverse - acting) بدین معنی است که ازدیاد متغیر (مانند دمای اتاق) فشار خروجی از کنترلر را کمتر می کند.

کنترلر ممکن است یک لوله ای، (bleed-type) ، دولوله ای یا رله ای باشد. به کنترلر bleed فقط یک لوله

متصل می شود. هوای اصلی از طریق یک محدود کننده (restrictor) به خط انشعاب بین کنترلر و ابزار کنترل شده وارد میشود. خروجی هوای کنترل انشعاب تابع مقدار هوایی است که در اثر تغییرات ابزار کنترل شده وارد کنترلر میگردد. برای مثال یک ترموستات عمل مستقیم در نظر بگیرید. مقدار جریان هوای ورودی به ترموستات با بالا رفتن دمای اتاق محدود (restricted) می شود که این خود باعث بالا رفتن فشارهوایی می گردد که به ابزار کنترل شده می رود.

کنترلر دو لوله ای دو اتصال دارد (انشعاب و اصلی) و هوای اصلی مستقیماً وارد آن می شود. این نوع کنترلرها در پاسخ به متغیر کنترل شده هوا را یا به انشعاب می فرستند یا ازطریق روزنه خود تخلیه می کنند . این نوع کنترلر ها حجم بیشتری هوا به ابزار کنترل شده می فرستند و در نتیجه عکس العمل در مقابل متغیر کنترل شده خیلی سریعتر است.

ترموستات (کنترلر دما)، thermostat (temperature controller)

دامنه دمای ترموستات استاندارد ۵۵ تا ۸۵ درجه فارنهایت و دامنه فشار خروجی نیز بین ۳ تا ۱۵ پوند بر اینچ مربع است. دامنه تغییرات آن (throttling) ممکن است بین ۲ الی ۱۲ درجه فارنهایت تنظیم شود.

مثال ۲-۱۳: یک ترموستات عمل مستقیم روی ۷۳ درجه فارنهایت و ۶ درجه دامنه تغییرات (۷۰ الی ۷۶ درجه فارنهایت) تنظیم شده است . وقتی دما ۷۰ درجه است فشار خروجی آن ۳ پوند و اگر دما ۷۳ درجه باشد ۹ پوند براینچ مربع است. در ۷۶ درجه فارنهایت و بیشتر فشار به ۱۵ پوند براینچ مربع میرسد.

دمای اتاق (درجه فارنهایت)	فشار خروجی عمل مستقیم (پوند براینچ مربع)
۷۰	۳
۷۳	۹
۷۶	۱۵

مثال ۳-۱۳: یک ترموستات عمل معکوس ۶ درجه تغییرات دارد و روی ۷۲ درجه فارنهایت تنظیم شده است.

دمای اتاق (درجه فارنهایت)	فشار خروجی عمل مستقیم (پوند براینچ مربع)
۶۹	۱۵
۷۲	۹
۷۵	۳

ترموستات حد بالا (high limit) و حد پایین (low limit)

ترموستات های حد بالا و حد پایین شرایط کار سیال کنترل شده (هوا، آب یا بخار) را زیر نظر می گیرند و اگر از یک حد تعیین شده بیشتر یا کمتر شود کار سیستم را متوقف می سازند. به عنوان مثال در یک سیستم اکونومایزر هوا رسانی متداول، کنترلر هوای مخلوط در واقع یک ترموستات حد پایین است. کنترلر هوای بیرون یک توموستات حد بالا است. کاربرد دیگر ترموستات های حد پائین در حفاظت کویل از یخ زدگی است. عضو حساس این ترموستات حد پایین که معمولاً به نام (freezestat) خوانده میشود، در طرف خروجی کویل گرمایی پیچیده میشود. وقتی حداقل یک فوت از طول عضو حساس دمای تنظیم شده را حس نماید، فرمان صادر شده و سیستم درحالت «توقف-ایمن» خود قرار می گیرد که ممکن است توقف بادزن، بسته شدن دمپرهوای بیرون، باز شدن دمپر هوای برگشت و باز شدن شیر گرمایی باشد.

ترموستاتهای با دامنه خاموش (deadband thermostats)

ترموستات با دامنه خاموش برای صرفه جویی در مصرف انرژی و جلوگیری از گرم کردن و سرد کردن همزمان میباشد. این ترموستات یک کنترلر دو لوله ای است که مشابه یک ترموستات یک فشاری و ترموستات یک دمایی کار میکند. تنها کار متفاوت آن فاصله دما یا دامنه خاموش است، که بین نقطه تنظیم گرمایی و سرمایی قرار دارد و معمولاً وقتی عمل سرد کردن و گرم کردن هر دو متوقف است اتفاق می افتد. ترموستات با دامنه خاموش از دو نوار بی متال استفاده میکند یکی برای گرمایی و دیگری برای سرمایی. بی متال گرمایی فشار خروجی را بین ۳ پوند بر اینچ مربع و فشار دامنه خاموش تعدیل میکند. فشار دامنه خاموش فشار خروجی است که در آن هیچ عمل سرمایی یا گرمایی اتفاق نمی افتد. نوار بی متال سرمایی فشار خروجی را بین دامنه خاموش و ۱۵ پوند بر اینچ مربع تعدیل میکند.

مثال ۴-۱۳: یک ترموستات مجهز به دامنه خاموش در دمای کمتر از ۶۸ درجه فارنهایت دستور گرم کردن و در دمای بالاتر از ۷۴ درجه فارنهایت دستور سرد کردن میدهد. فشار دامنه خاموش ۸ پوند براینچ مربع و فاصله (span) دما ۶ درجه فارنهایت (۶۸-۷۲) است.

دمای اتاق (درجه فارنهایت)	فشار خروجی عمل مستقیم (پوند براینچ مربع)	
۶۸ درجه یا کمتر	۳ الی ۷	گرم میکند
بین ۶۸ و ۷۴ درجه	۸	عمل گرمایی و سرمایی متوقف است
۷۴ درجه و بیشتر	۹ الی ۱۵	سرد میکند

ترموستات دو فشاری تابستانی/ زمستانی

سیستم تابستانی - زمستانی بسته به فصل برای گرم یا سرد کردن فرمان میدهد. بسته به فصل، آب سرد کننده به کویل می آید. از آنجا که فقط یک شیر عمل کننده برای هر دو حالت وجود دارد (یا معمولاً باز، یا معمولاً بسته ولی نه هر دو)، سیستم باید ترموستاتی داشته باشد که هم عمل مستقیم و هم عمل معکوس را انجام دهد. نوار بی متال ترموستات با تغییر فشار خط هوای فشرده از عمل مستقیم به عمل معکوس تغییر میکند.

مثال ۵-۱۳: یک ترموستات دو فشاری تابستانی - زمستانی یک شیر معمولاً باز دو راهه را کنترل میکند. سیستم در حالت زمستانی است و هوا با فشار بالا به ترموستات میرسد. این باعث میشود که ترموستات روی حالت عمل مستقیم (direct acting) باشد. همچنانکه دمای اتاق بالا میرود، فشار انشعاب هوا بیشتر شده و باعث بسته شدن آن میگردد و جریان آب گرم به کویل کاهش می یابد و اتاق رو به سردی میرود.

مثال ۶-۱۳: کلید وضعیت روی حالت تابستان گذاشته میشود و هوای با فشار پایین به ترموستات فرستاده میشود تا آن را به عمل معکوس (reverse acting) تبدیل کند. با کم شدن دمای اتاق ، فشار هوا زیاد شده و باعث بسته شدن شیر میگردد تا جریان آب سرد به کویل کاهش یابد.

ترموستات دو فشاری روز/ شب

ترموستات دو فشاری امکان کنترل دمای اتاق در روز و شب و یا بار متغیر را میدهد. این ترموستات مشابه ترموستات تابستانی - زمستانی است، جز آن که این ترموستات دو نوار بی متال دارد که هر دو یا عمل مستقیم اند یا هر دو عمل معکوس اند. این دو نوار بی متال دو نقطه تنظیم مجزا دارند. هرگاه هوا با فشار خط بالا به ترموستات برسد، نوار بی متال شب کنترل را در دست میگیرد و برعکس وقتی هوا با فشار پایین به آن میرسد نوار بی متال روز فعال میشود و کنترل میکند.

مثال ۷-۱۳: یک ترموستات روز - شب با عمل معکوس یک شیر دو راهه معمولاً باز سرمایی را کنترل میکند. هنگام روز فشار هوای با فشار پایین به ترموستات فرستاده میشود. نقطه تنظیم روزانه ترموستات ۷۲ درجه فارنهایت است. هر دمایی بالاتر از این، فشار هوای خط انشعاب را کم میکند، محرک عمل نموده و شیر را باز میکند، در دمای ۷۲ درجه فارنهایت یا کمتر از آن ترموستات باعث میشود که فشار هوای خط انشعاب زیاد شده و محرک شیر را ببندد و در نتیجه آب سرد کمتری وارد کویل شود.

مثال ۸-۱۳: یک ترموستات روز - شب با عمل مستقیم یک شیر دو راهه معمولاً باز گرمایی را کنترل میکند. فشار خط اصلی در شب تغییر میکند و هوای با فشار خط بالا را به ترموستات میفرستد. ترموستات که روی نوار بی متال شب گذاشته شده و نقطه تنظیم آن ۶۰ درجه فارنهایت است روی محرک شیر عمل میکند. در دمای ۶۰ درجه

فارنهایت یا کمتر فشار خط انشعاب کم میشود و باعث باز شدن شیر میگردد و آب گرم بیشتری وارد کویل میشود. هر دمایی بالاتر از ۲۶۰ درجه فارنهایت فرمان ازدیاد هوای فشار انشعاب را داده و باعث بسته شدن شیر میگردد.

هیومیدستات (کنترل رطوبت)، (humidistat)

در هیومیدستات از مواد هیگروسکپی (مانند نایلون) استفاده میشود که با حس کردن رطوبت ، رطوبت نسبی اتاق را کنترل میکند.

مثال ۹-۱۳: یک هیومیدستات عمل معکوس، یک شیر معمولاً بسته دو راهه را کنترل میکند. همچنانکه رطوبت نسبی اتاق کم میشود، فشار هوای ورودی به محرک شیر بخار رطوبت زن زیاد میشود و باعث باز شدن آن میگردد تا بخار وارد رطوبت زن بشود.

رطوبت نسبی اتاق (درصد)	خروجی عمل معکوس (پوند براینچ مربع)
۳۵	۱۵
۴۵	۹
۵۵	۳

کنترلر اصلی و فرعی (master/submaster controller)

در این سیستم کنترلر اصلی فشار خروجی خود را بجای اینکه به ابزار کنترل شـــده بفرستد از طریق سوراخ ری ست (reset) خود به یک کنترلر دیگر ارسال میدارد. هر دو کنترلر اصلی و فرعی به فشار اصلی خط هوای فشرده متصل هستند. نقطه تنظیم کنترلر فرعی به نسبت فرمان فشار از کنترلر اصلی تغییر میکند. دو نوع ری ست وجود دارد: مستقیم و معکوس. وقتی تغییرات با عمل مستقیم انجام میشود به آن کنترل نوع «ری ست مستقیم (direct reset)» میگویند و اگر تغییرات با عمل معکوس هماهنگ باشد نامشر «ری ست معکوس (reverse reset)» است.

ری ست مستقیم (direct reset)

مثال ۱۰-۱۳: کنترلر اصلی در این مثال ترموستات اتاق است. کنترلر فرعی ترموستاتی است که بوسیله عضو حساس (remote sensing element) که در کانال هوای رفت نصب شده است از راه دور کنترل میگردد. خروجی کنترلر فرعی به یک شیر دو راهه، معمولاً باز گرمایی وصل است. همچنانکه دمای اتاق اضافه میشود ترموستات اتاق (کنترلر اصلی) تغییر آن را حس کرده و فشار فرستاده شده به کنترلر فرعی را زیاد میکند تا نقطه تنظیم آن را پایین تر

بیاورد. کنترلر فرعی دمای خروجی را حس میکند. اگر دمای خروجی بالاتر از نقطه تنظیم کنترلر فرعی باشد فرمانی به شیر گرمایی میفرستد تا بسته شود.

برنامه ریزی ترموستات اصلی - فرعی با عمل مستقیم (direct reset)

دمای اتاق	خروجی کنترلراصلی	نقطه تنظیم کنترلرفرعی	دمای هوای رفت	وضعیت شیرگرمایی
درجه فارنهایت	پوند براینچ مربع	درجه فارنهایت	درجه فارنهایت	
۷۰	۳	۱۰۰	۱۰۰	باز
۷۳	۹	۸۰	۸۰	تعدیلی
۷۶	۱۵	۶۰	۶۰	بسته

ری ست معکوس (reverse reset)

کاربرد دیگر کنترلر اصلی - فرعی ری ست کردن آب گرم (کنترلر فرعی) است که از دمای هوای بیرون (کنترلر اصلی) فرمان میگیرد. این کنترل از نوع عمل معکوس است.

مثال ۱۱-۱۳: سنسور دمای هوای بیرون یک کنترلر اصلی روی ۷۰ درجه فارنهایت تنظیم شده است. کنترلر فرعی شیر آبگرم دیگ را کنترل میکند. این کنترلر فرعی روی ۸۰ درجه فارنهایت تنظیم شده است. همچنانکه دمای بیرون کم میشود،نقطه تنظیم کنترلرفرعی بطرف بالاری ست شده ودمای آب گرم افزایش می یابد.نسبت کنترلراصلی به فرعی دراین مثال ۱/۵:۱است(برای هریک درجه کاهش هوای بیرون،دمای آب ۱/۵درجه به طرف بالا ری ست میشود).

برنامه ریزی عمل معکوس بشرح زیر است :

دمای هوای بیرون	خروجی کنترلراصلی	دمای آب گرم	وضعیت شیرگرمایی
درجه فارنهایت	پوند براینچ مربع	درجه فارنهایت	
۷۰	۳	۸۰	بسته
۳۵	۹	۱۳۲/۵	تعدیلی
۰	۱۵	۱۸۵	باز

کنترلر گیرنده و ترانسمیتر (receiver-controller and transmitter)

کنترل - گیرنده شامل دو جزء اصلی است - کنترلر و ترانسمیتر

کنترلر

کنترلر- گیرنده مانند هر کنترلر دیگر، فرمان را از عضو حساس (sensor) میگیرد و فشار خروجی خود را تغییر داده و به یک ابزار کنترل شده یا به یک کنترلر دیگر میفرستد. کنترلر- گیرنده با ورودی منفرد مانند کنترلرهای دیگر عمل میکنند که قبلاً توضیح داده شده است. کنترلر - گیرنده با ورودی دو فشاری (dual input pressure) در کاربردهای ری ست اصلی - فرعی استفاده میشود.

ترانسمیتر

به عضو حساس کنترلر - گیرنده (receiver-controller) ترانسمیتر میگویند. ترانسمیتر تک لوله ای، عمل مستقیم و (bleed-type) اند، که از یک محدود کننده در خط اصلی استفاده میکنند تا حجم کافی هوای فشرده را بین ترانسمیتر و کنترلر- گیرنده برقرار نمایند. ترانسمیترها برای حس کردن دما، رطوبت یا فشار استفاده میشوند و یک فرمان متغییر پنوماتیک به کنترلر- گیرنده میفرستند. تمام ترانسمیترها دارای فشار خروجی (span) حدود ۱۲ پوند بر اینچ مربع هستند ولی ترانسمیترهای متنوع با span متفاوت نیز یافت میشود (جدول ۱-۱۳). حساسیت ترانسمیتر برابر است با فشار خروجی (span) تقسیم بر فرمان ورودی. بعنوان مثال، یک ترانسمیتر با ۱۰۰ درجه فانهایت (span) دارای حساسیت ۰/۱۲ پوند بر اینچ مربع در هر درجه است (۱۲ پوند بر اینچ مربع تقسیم بر ۱۰۰ درجه فارنهایت).

جدول ۱-۱۳ شرایط ورودی (span) ترانسمیتر و فشار خروجی (span) (تیپ)

نوع ترانسمیتر	دامنه کار ترانسمیتر	ورودی (span) ترانسمیتر	فشار خروجی (span) (پوند براینچ مربع)
دما	صفرتا۱۰۰ درجه فارنهایت	۱۰۰ درجه فارنهایت	۱۲
دما	۲۵- تا۱۲۵ درجه فارنهایت	۱۵۰ درجه فارنهایت	۱۲
رطوبت نسبی	۳۰درصد تا۸۰ درصد	۵۰ درصد	۱۲
فشار	صفر تا ۷ اینچ ستون آب	۷ اینچ ستون آب	۱۲

رله ها و کلیدها

تعداد کاربرد رله و کلید پنوماتیک تقریباً بی نهایت است. آنچه بدنبال می آید فهرست ده نوع از متداولترین آنها و کاربرد اساسی هر یک میباشد.

رله حرکت هوا

رله حرکت هوا، جریان هوا در دو طرف بادزن یا کویل را حس کرده و مورد تایید قرار میدهد و در واقع یک وسیله ایمنی است.

رله تقویت کننده یا کند کننده

یک رله تقویت کننده یا کند کننده رله ای است که برای تغییر خروجی در نقطه استارت استفاده میشود. به این رله، رله شروع پیشقدر یا رله نسبت (bias start relay or ratio relay) می گویند. یکی از کاربردهای این رله بعنوان رله کند کننده ممانعت از گرم کردن و سرد کردن همزمان است که ممکن است در حالتی که شیر سرمایی و شیر گرمایی از یک کنترلر فرمان میگیرند و دامنه فنر آنها هم پوشانی (overlapping) دارد اتفاق بیفتد.

مثال ۱۲-۱۳: یک شیر معمولاً باز گرمایی دارای دامنه فنر ۳ الی ۷ پوند بر اینچ مربع است. دامنه فنر شیر سرمایی معمولاً بسته ۷ الی ۱۱ پوند بر اینچ مربع است. یک رله کند کننده بین دو شیر نصب شده است. ترتیب سیکل کنترل از ترموستات به محرک شیر گرمایی و سپس رله است. از آنجا رله یک فرمان به محرک شیر سرمایی میفرستد. اگر فشار خروجی ترموستات ۷ پوند بر اینچ مربع باشد، محرک شیر گرمایی ۷ پوند را حس میکند، همچنین است ورودی رله، اگر این رله برای پیشقدر کند کننده (retard bias) ۲ پوند بر اینچ مربع تنظیم شده باشد، ورودی رله ۷ پوند بر اینچ مربع است ولی خروجی آن به محرک شیر سرمایی ۵ پوند بر اینچ مربع است. بنا براین شیر سرمایی تا رسیدن خروجی ترموستات به ۹ پوند باز نمیکند. (شیر سرمایی ۷ پوند بر اینچ مربع را حس میکند).

رله میانگیر (averaging relay)

رله میانگیر برای کاراندازی ابزار کنترل شده یا ری ست کردن کنترلر از فرمان میانگین دو کنترلر یا بیشتر استفاده میشود. برای مثال، دو ترموستات عمل کننده مستقیم هر کدام فرمان جداگانه به رله میانگین میفرستد. یکی ۴ پوند و دیگری ۸ پوند بر اینچ مربع است. فرمان خروجی از رله به ابزار کنترل شده ۶ پوند بر اینچ مربع است (۴+۸ تقسیم بر۲).

رله یا کلید الکتریک - پنوماتیک (E-P)

رله یا کلید الکتریک- پنوماتیک یک شیر مغناطیسی برقی سه راهه منحرف کننده (diverting) است و برای کنترل یک وسیله بادی از طریق یک مدار برقی استفاده میکند.

مثال ۱۳-۱۳: کاربرد تیپ این کلید دمپر هوای خارج است که با کار بادزن اینترلاک شده باشد. سیکل کار، بدین ترتیب است که وقتی بادزن روشن میشود برق وارد رله شده و باعث میشود که هوای کنترل از حالت معمولاً بسته به دهانه مشترک وارد و از آنجا به محرک دمپر میرسد و آن را باز میکند وقتی بادزن خاموش میشود، یک دریچه (plunger) داخلی دهانه معمولاً بسته را مسدود کرده و دهانه مشترک را به روزنه معمولاً باز وصل میکند. این اجازه میدهد که هوا از محرک، از طریق دریچه معمولاً باز تخلیه شده و در نتیجه دمپر می بندد.

رله انحرافی (diverting)

این رله برای کلید کردن فرمانهای هوا بکار میرود. رله انحرافی در واقع یک شیر سه راهه هوا است که اصولاً برای تبدیل فرمان (signals) که در یک نقطه تنظیم شده، به فرمانی که مناسب کار ابزار کنترل شده است بکار میرود. کاربرد این رله بصورت تیپ در استفاده از اکونومایزر (economizer) است که بصورت کنترل حد بالا یا حد پایین استفاده میشود.

مثال ۱۴-۱۳: یک رله انحرافی حد بالا برای ۷۲ درجه هوای بیرون تنظیم شده است. بدین ترتیب کنترلر هوای مخلوط مجاز است که دمپر هوای بیرون و هوای برگشت را تا ۷۲ درجه فارنهایت تحت کنترل خود داشته باشد. خروجی کنترلر هوای مخلوط به دهانه معمولاً باز رله انحرافی متصل است. تا زمانیکه دمای هوای خارج زیر ۷۲ درجه فارنهایت است، این سیگنال از طریق دهانه مشترک به محرک دمپر میرود. دمپر هوای بیرون باز و دمپر هوای برگشت بسته است. وقتی دمای هوای بیرون به۷۲ درجه فارنهایت برسد،رله انحرافی دهانه معمولاًباز را بسته ودهانه مشترک را به دهانه معمولاً بسته وصل میکندوفشارهوا ازمحرک دمپرتخلیه میشود.این فرمان باعث بسته شدن هوای برگشت میگردد.

کلید یا رله پنوماتیک - الکتریک

رله یا کلید پنوماتیک - الکتریکی یک وسیله بادی است که برای باز کردن کنتاکتهای برقی ساخته شده است. این رله برای خاموش و روشن کردن بادزنها، پمپها و سایر ابزار الکتریکی بکار میرود و میتواند بصورت معمولاً باز یا معمولاً بسته سیم پیچی شود.

تذکر: وقتی از واژه های الکتریکی استفاده میکنیم، معمولاً باز به معنی این است که مدار بدون برق است و بسته یعنی مدار برق داراست.

رله های معکوس

این رله ها برای معکوس کردن یک فرمان از کنترلر است .

مثال ۱۵-۱۳: یک ترموستات اتاقی عمل کننده مستقیم یک شیر معمولاً باز گرمایی و یک شیر معمولاً باز سرمایی را کنترل میکند. یک رله معکوس کننده بین این دو شیر نصب شده است. فشار هوای خط انشعاب از کنترلر به شیر گرمایی و سپس به رله معکوس لوله کشی شده است. سیگنال خروجی از رله معکوس به شیر سرمایی هدایت شده است. با ازدیاد فشار از ترموستات، شیر گرمایی ازدیاد آن را حس میکند ولی شیر سرمایی کم شدن فشار را حس میکند و بدین ترتیب شیر گرمایی بسته و شیر سرمایی باز میگردد.

فشـــار ورودی به رله (پوند براینچ مربع)	فشار خروجی به شیر سرمایی (پوند بر اینچ مربع)
۳	۱۵
۴	۱۴
۵	۱۳
۶	۱۲
۷	۱۱
۸	۱۰
۹	۹
۱۰	۸
۱۱	۷
۱۲	۶
۱۳	۵
۱۴	۴
۱۵	۳

رله های سلکتوری

رله سلکتوری برای مقایسه، انتخاب و انتقال علائم پنوماتیکی استفاده میشوند. رله ممکن است از نوع انتخاب کم، انتخاب زیاد یا انتخاب کم - زیاد باشد. رله دو سیگنال یا بیشتر دریافت میکند سپس آنها را مقایسه کرده و کمترین سیگنال یا بیشترین و یا هر دو را تواماً، انتخاب کرده و انتقال میدهد. به این رله، رله تبعیض (discriminating) هم میگویند.

مثال ۱۶-۱۳: یک رله انتخاب کم - زیاد که روی دستگاه هوارسان چند منطقه ای نصب شده است، فرمان ورودی خود را از ۷ ترموستات عمل کننده مستقیم که در ۷ منطقه نصب شده اند دریافت میدارد. بالاترین فشـــــار (۱۲ پوند بر اینچ مربع) به شیر سرمایی فرستاده میشود تا به اندازه کافی آب سرد کننده، که برای خنک کردن منطقه ۶ لازم است (بیشترین نیاز بار) به کویل سرمایی برسد. پایین ترین فشار (۴ پوند بر اینچ مربع) به شیر گرمایی میرود تا آنقدر آب گرم به کویل بدهد که منطقه ۴ را که دارای بیشترین نیاز گرمایی است تامین کند.

منطقه	فشار پوند بر اینچ مربع
۱	۵
۲	۷
۳	۹
۴	۴
۵	۱۱
۶	۱۲
۷	۸

کلیدهای تدریجی (gradual switch)

یک کلید تدریجی وسیله ای است که بطور دستی کار میکند و برای انتخاب فشار هوای انشعاب (یعنی صفر و ۲۰ پوند بر اینچ مربع) کنترلر یا ابزار کنترل شده میباشد. دریافت سیگنال پنوماتیک از ترانسمیتر یکی از کاربردهای این نوع کلید است. فشار خروجی کلید تدریجی را میتوان بطور دستی زیاد یا کم کرد یا نقطه تنظیم کنترلر- گیرنده را بالا یا پایین برد.

کلید وضعیت حداقل

کلید وضعیت حداقل یک کلید تدریجی است که مجهز به یک رله سلکتوری فشار بالا میباشد. نگهداری

موقعیت دمپر هوای بیرون در وضعیت حداقل در سیستم اکونومایزر یکی از کاربردهای این کلید است. فشار خط اصلی به کلید وضعیت حداقل میرسد. وقتی بادزن روشن میشود، یک سیگنال برقی به رله الکتریکی - پنوماتیکی فرستاده میشود و این رله اجازه میدهد که هوای کنترل عبور کند و به کنترلر هوای مخلوط برسد و این کنترلر به نوبه خود فرمانی به کلید وضعیت حداقل میدهد و از آنجا سیگنال به دمپر هوای بیرون میرسد. فشار سوئیچ وضعیت حداقل بطور دستی تنظیم شده است (در این مثال ۵ پوند بر اینچ مربع) تا بتواند دمپر هوای تازه را با روشن شدن بادزن در وضعیت حداقل نگهدارد. هرگاه فشار خروجی از کنترلر هوای مخلوط کمتر از نقطه تنظیم رله باشد، کلید فشار حداقل (۵ پوند بر اینچ مربع) را به محرک دمپر هوای تازه میرساند و حداقل هوای تازه که بوسیله مقررات محلی لازم است تامین میشود. وقتی بادزن خاموش میشود، دهانه ورودی هوا به کنترلر هوای مخلوط مسدود میشود و هوای انشعاب از کنترلر، رله وضعیت حداقل و محرک دمپر هوای تازه تخلیه میشود.

محرکها

از فشار هوای خروجی از کنترلرها برای به حرکت درآوردن محرکها استفاده میشود. محرک که گاهی اپراتور یا موتور نامیده میشود، شامل بدنه استوانه ای، دهانه انتقال هوا، دیافراگم لاستیکی، پیستون، فنر و میله اتصال به ابزار کنترل شده میباشد. اصول کار محرک این است که وقتی فشار هوا به آن میرسد دیافراگم شیر باز میشود. همچنانکه دیافراگم منبسط میشود، پیستون را به سمت بالا و علیه نیروی فنر به جلو میراند و باعث خارج شدن میله اتصال میگردد. با زیاد شدن فشار، میله اتصال فنر را به حداکثر دامنه خود فشرده میکند. وقتی هوا از محرک برداشته میشود، نیروی کشش فنر پیستون را به وضعیت نرمال خود برمیگرداند.

مثال ۱۷-۱۳: یک محرک دارای دامنه کار فنر بین ۳ الی ۷ پوند بر اینچ مربع است. میله اتصال محرک وقتی فشار هوا ۳ پوند یا کمتر است در وضعیت نرمال خود قرار دارد. بین فشار ۳ تا ۷ پوند، کورس میله اتصال با فشار هوا متناسب است (۵ پوند بر اینچ مربع به معنی این است که میله به نصف راه رسیده است). در فشار بالای ۷ پوند بر اینچ مربع کورس میله به حداکثر می رسد.

ابزار کنترل شونده (control devices)

ابزار کنترل شونده خودکار که در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع استفاده میشوند شامل دمپرها (یا شیر هوا) برای کنترل جریان هوا و دمای آن است و شیرهای آبی (یا بخاری) برای کنترل جریان دمای آب یا بخار است.

دمپرها و شیرهای هوا

دمپرها یا شیرهای هوا، معمولاً باز یا معمولاً بسته اند. حرکت دمپر (یا شیر هوا) بستگی به نوع اتصال آن به محرک دارد. اگر دمپر (یا شیر هوا) وقتی محرک در حداقل کورس خود است باز شود به آن معمولاً باز میگویند و هر گاه محرک در حداقل وضعیت خود باشد و دمپر (شیر هوا) بسته باشد به آن بسته میگویند. محرک دمپر ممکن است بطور مستقیم یا با فاصله به دمپر وصل شده باشد.

دمپرهای چند تیغه ای (multiblades) کنترل دما

بعضی از سیستمها از دمپر خودکار چند تیغه ای بنام روبرو و کنار گذر (face & by pass)، برای کنترل دمای کویلها استفاده میکنند. اکثر سیستمهای بزرگ دمپر چند تیغه ای کنترل دما دارند تا بتوانند دمای مخلوط هوای تازه و هوای برگشت را کنترل نمایند. کار این دمپرها بوسیله نیاز دمای سیستم کنترل میشود و نه مقدار جریان هوای آن. این دمپرهای چند تیغه ای ممکن است از نوع موازی یا مخالف هم باشند (به فصل ۴ اجزای سیستم توزیع هوا مراجعه شود). واژه «موازی» یا «مخالف» به نحوه حرکت هر تیغه نسبت تیغه همجوار گفته میشود. در دمپرهای با تیغه مخالف، تیغه ها طوری اهرم بندی شده اند که در جهت مخالف هم حرکت میکنند بطوریکه دهانه های ایجاد شده با بستن دمپر باریک و باریکتر میشوند. این نوع حرکت تیغه ها موجب میشود که جریان هوا مستقیم و نسبتاً یکنواخت صورت گیرد که گاهی اوقات به آن «جریان بدون انحراف (nondiverting)» گفته میشود.

تیغه های دمپر موازی بطور کامل موازی یکدیگر حرکت میکنند و الگوی حرکت هوا در این نوع دمپرها «منحرف شونده» است زیرا هنگام بسته شدن تمایل دارد که جریان هوا را به یک طرف منحرف نماید. این نوع حرکت تیغه ها در مخلوط کردن هوای تازه و هوای برگشت مطلوب است. اما الگوی حرکت منحرف کننده ممکن است اثرات نامطلوبی بر عملکرد بادزن و کویل باقی بگذارد. اگر دمپر خیلی نزدیک و بالادست دستگاه یاد شده باشد تمام دمپرهای کنترل دما باید قادر باشند که در حالت بسته بدون نشت باشند.

شیرهای آب

شیرهای کنترل خودکار دمای آب (به فصل ۷، اجزای توزیع آب مراجعه شود) برای کنترل دبی یا مخلوط کردن یا منحرف کردن جریان آب استفاده میشوند. شیرها بر حسب طراحی بدنه ، عمل کنترل و یا مشخصه های جریان رده بندی میشوند.

طراحی بدنه

شیرها دو راهه و سه راهه ساخته میشوند. شیرهای دو راهه ممکن است یک نشیمنی (single-seated) یا دو نشیمنی باشد. شیر تک نشیمنی متداولتر است. شیر باید طوری نصب شود که جهت جریان مخالف بستن شیر باشد تا فشار خط بتواند شیر را در حالت باز نگهدارد. اگر شیر برعکس نصب شود، لقی (shatter) حاصل میشود زیرا وقتی شیر در حالت تعدیلی (modulating) به سمت بسته شدن تمایل دارد، سرعت آب در اطراف دیسک خیلی زیاد میشود. در یک نقطه، فشار سرعتی بر مقاومت فنر فائق آمده و باعث بستن شیر میگردد. سپس وقتی جریان متوقف میشود، فشار سرعتی صفر میشود و نیروی فنر شیر را باز میکند. این سیکل حرکت تکرار میشود و لقی حاصل میگردد.

از شیرهای دو نشیمنی (یا شیر تعادل) در جائیکه اختلاف فشار زیاد است و بسته شدن کامل و بدون نشت لازم نیست استفاده میشود. جهت جریان عبوری از این شیر تمایل دارد که یکی از دهانه ها را بسته و دیگری را باز نماید. این طرح ساخت، نیروها را متعادل میکند و موجب میشود که شیر راحت تر و بدون ایجاد ضربه قوچ و بدون در نظر گرفتن اختلاف فشار بسته شود.

شیرهای سه راهه برحسب ساختمان داخلی رده بندی میشوند و نه براساس کاربردشان. این شیرها مخلوط کننده یا منحرف کننده هستند. شیر مخلوط کننده دو ورودی و یک خروجی دارد. شیر منحرف کننده یک ورودی و دو خروجی دارد. هر کدام از این شیرها میتوانند برای کنترل مقدار جریان در خط کنار گذر یا برای کنترل دما بصورت مخلوط کننده استفاده شوند که البته بسته به موقعیت نصب آنها در سیستم دارد. هیچکدام از این شیرها نباید بجای دیگری استفاده شود زیرا ایجاد لقی خواهد نمود.

یک نوع دیگر شیر تعدیلی سه راهه وجود دارد که دو ورودی و یک خروجی دارد ولی جریان را مخلوط یا منحرف نمیکند. این شیر در چند نوع سیستم استفاده میشود. یک کاربرد استفاده از آن در خط لوله ورودی کویل در سیستم سه لوله ای است. آب گرم کننده به یک ورودی و آبسرد کننده به ورودی دیگر میرسد. شیر مقدار آبسرد کننده یا آبگرم کننده را تغییر میدهد. بسته به نیاز ترموستات اتاق، شیر باز میکند که فقط آبگرم کننده یا فقط آبسرد کننده به کویل وارد شود. از این شیرها در خط تغذیه سیستم تک کویل چهار لوله ای نیز استفاده میشود. خط برگشت هم شیر سه راهه دارد. این شیر یک ورودی و دو خروجی دارد و یک شیر دو وضعیتی است . بسته به دمای آب ورودی به کویل، آب خروجی از کویل به لوله برگشت آبگرم کننده یا لوله برگشت آبسرد کننده میرود. به عنوان مثال اگر آب سرد کننده وارد کویل میشود این شیر سه راهه، آب برگشتی را به سیستم آبسرد کننده برمیگرداند.

عمل کنترل

عمل کنترل (یا موقعیت شیر) بصورت معمولاً باز یا معمولاً بسته است و به چگونگی اتصال شیر به محرک

بستگی دارد. اگر وقتی محرک در وضعیت حداقل کورس خود باشد شیر بسته شود به آن معمولاً بسته میگویند و از طرف دیگر اگر شیر در کورس حداقل خود باز بماند به آن معمولاً باز میگویند. بطور کلی از شیرهای معمولاً باز با دامنه کار پایین در تاسیسات گرمایی استفاده میشود. از شیرهای معمولاً بسته با دامنه کار بالا در تاسیسات سرمایی استفاده میکنند. این روش اجازه میدهد که شیرها به دنبال هم و نه با هم کار کنند و اگر نقصی پیدا شود در حالت گرمایی قرار گیرند.

مشخصه جریان (flow characteristics)

مشخصه جریان شیر به نسبت بین درصد باز شدن دیسک (plug) با درصد جریان اشاره دارد. شیرهای کنترل سه نوع اساسی دارند. بازشوی سریع ، خطی و پورسانت مساوی (equal percentage) (شکل۴-۱۳).

شیر بازشوی سریع

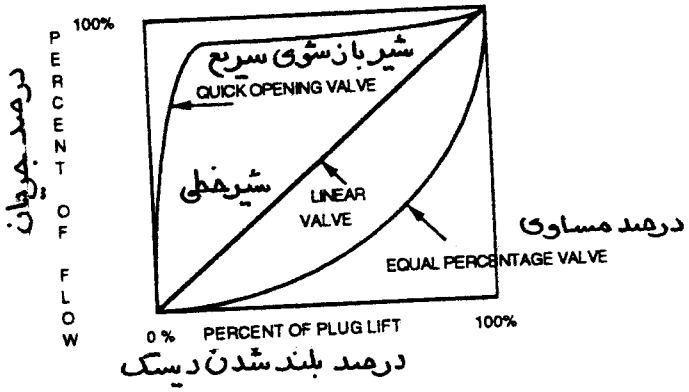
شیر دو وضعیتی بازشوی سریع دیسک مسطح دارد و تقریباً با ۲۰ درصد بلند شدن دیسک حداکثر جریان از آن رد میشود. یک کاربرد تیپ این شیر ممکن است روی خط آبگرم کویل پیش گرمکن باشد که در آنجا لازم است حداکثر جریان هرچه سریعتر به کویل برسد.

شیر خطی (linear)

در شیر خطی، درصد بلند شدن دیسک و درصد جریان با هم متناسب و هم ارزند. برای مثال اگر درصد بلند شدن دیسک ۳۰ درصد باشد، مقدار جریان نیز تقریباً حداکثر ۳۰ درصد است. از این شیرها در سیستم آب سرد کننده استفاده میشود.

پورسانت مساوی (equal percentage)

در تاسیسات گرمایی یا آبگرم مصرفی که مقدار کمی آب گرم ظرفیت گرم کردن زیادی دارد باید از شیرهای درصد مساوی استفاده شود. در این شیر با هر ازدیاد بلند شدن دیسک، جریان با درصد مساوی زیاد میشود و ارتباط بهتری بین بلند شدن دیسک و ظرفیت ایجاد میکند.



شکل ۴-۱۳ مشخصه جریان شیر آب

سیستمهای کنترل الکتریکی - الکترونیکی

نیروی محرکه سیستم کنترل الکتریکی، برق با ولتاژ ضعیف (معمولاً ۲۴ ولت AC) یا برق خط (معمولاً ۱۱۰ یا ۲۲۰ ولت AC) است. نیروی محرکه سیستم کنترل الکترونیکی، برق با آمپر ضعیف است (معمولاً ۴ تا ۲۰ میلی آمپر مستقیم یا صفر تا ۱۰ ولت مستقیم). اجزای تشکیل دهنده متداول سیستم الکتریکی یا الکترونیکی عبارتند از:

سنسورها

سیم کشی کنترل

کنترلرها

رله ها و کلیدها

محرکها

ابزار کنترل شونده

سنسورها

یک عضو حساس که داخل یا به دور از کنترلر قرار میگیرد، متغیر کنترل (دما، رطوبت و فشار) را اندازه گرفته و به کنترلر علامت (signal) میفرستد.

سنسورهای دما

این سنسورها تغییرات دما را حس میکنند. بطور کلی دو نمونه عضو حساس دمای الکترونیکی وجود دارد.

- ترمیسترها(termistors) یا دتکتورهای مقاومتی دما که تغییرات دما را با تغییرات مقاومت الکتریکی اندازه گیری میکنند.
- ترموکوپلها، که تغییرات دما را با تغییرات ولتاژ حس میکند.

سنسورهای رطوبت

این سنسورها برای اندازه گیری رطوبت نسبی یا نقطه شبنم استفاده میشوند. هیگرومترهای الکترونیکی تغییرات رطوبت را بر اثر تغییرات خازن یا تغییرات مقاومت مدار الکترونیکی حس میکنند.

سنسورهای فشار

سنسورهای فشار الکترونیکی تغییرات فشار را با استفاده از ابزار مکانیکی حس کرده و آن را به سیگنال جریان یا ولتاژ تبدیل میکنند.

سیم کشی

سیم کشی کنترل برق را به کنترلرهای مختلف میرساند. برای سیستمهای برقی ولتاژ ۲۴ ولت AC (ولتاژ ضعیف) یا ۱۱۰ - ۲۲۰ ولت AC (ولتاژ خط) میباشد. سیستم کنترل الکترونیکی از ولتاژ برق مستقیم صفر الی ۱۵ ولت یا جران ۴ تا ۲۰ میلی آمپر مستقیم استفاده میکند.

انواع کنترلرها

انواع کنترل - کنترلرهای الکتریکی یا الکترونیکی میتوانند جریان را با یکی از روشهای زیر کنترل کنند: تناسبی (proportional) (تعدیلی modulating)، دو وضعیتی، دو وضعیتی زمانی و کنترل شناور (floating) . این کنترلرها ممکن است یک قطبی دو پرتابی (single - pole , double - throw = SPDT) یا یک قطبی یک پرتابی (single - pole , single - throw = SPST) باشند.

- کنترل تناسبی (proportional) از موتور معکوس (reversible) با پتانسیومتر پس خور (feedback)

استفاده میکند.

- کنترل دو وضعیتی بطور ساده برای روشن و خاموش کردن یا کنترل موتور برگشت فنری (reverse return) استفاده میشوند.
- کنترل دو وضعیتی زمانی از مدارهای SPDT برای تحریک موتورهای یکطرفه استفاده میکند.
- کنترل شناور از مدارهای SPDT برای تحریک موتور قابل معکوس شدن (reversible) استفاده میکند.

کنترلرهای الکترونیکی دیجیتال مستقیم

این کنترلرها در واقع کامپیوترهای دیجیتالی هستند که سیگنال الکترونیکی را از سنسورها دریافت کرده و آن را به اعداد تبدیل میکنند. کامپیوتر دیجیتال (میکرپروسسور یا میکروکامپیوتر) اعداد را با اعداد طرح مقایسه میکند و براساس آن سیگنال الکترونیکی یا پنوماتیک به محرک میفرستد.

تفاوت کنترل دیجیتال مستقیم (DDC) با کنترلهای پنوماتیک یا الکتریکی - الکترونیکی در این است که کنترلر محاسبات (algorithm) خود را در حافظه ثبت میکند. این نوع کنترلر همچنین سیگنال درست را، بجای استفاده از مدار آنالوگ یا تغییرات مکانیکی، بصورت دیجیتالی خود انتخاب و محاسبه نموده و ارسال میدارد. سخت افزار رابط (interface) اجازه میدهد که کامپیوتر دیجیتال سیگنال ورودی را از سنسور دریافت کند. سپس کامپیوتر آمار ورودی را گرفته و با توجه به الگوریتم ذخیره شده محاسبات را انجام و تغییرات لازم را در سیگنال ورودی بوجود می آورد بعد از آن سیگنال خروجی به رله یا محرک برای به حرکت درآوردن ابزار کنترل شونده میفرستد.

کنترلرهای دیجیتال مستقیم به دو صورت رده بندی میشوند: از قبل برنامه ریزی شده و کنترل قابل برنامه ریزی اپراتوری (operator-progrmmable).

کنترل از قبل برنامه ریزی شده (programmed) تعداد پارامترها و نقاط تنظیم را محدود کرده و آزادی عمل به اپراتور نمیدهد. کنترل قابل برنامه ریزی اپراتوری اجازه میدهد که آلگوریتمها توسط اپراتور عوض شود. پایانه های دستی یا رومیزی (console type terminals) ارتباط اپراتور با کامپیوتر را میسر میسازد تا در صورت امکان تغییراتی در برنامه کنترلرها بدهد.

محرکها

بطور کلی محرکهای الکتریکی - الکترونیکی در دو نوع رده بندی میشوند. یکی محرک نوع مغناطیسی (solenoid) است و شامل یک کویل مغناطیسی است که یک سنبه (plunger) را بحرکت در می آورد. کاربرد این

نوع محرک محدود است و در کنترلهای کوچک استفاده میشود. این محرکها دو وضعیتی هستند. یکی از محرکها نوع موتور الکتریکی - الکترونیکی است. اینها میتواند موتورهای یک جهته یا موتورهای قابل برگشت (با فنر برگشت) باشند.

موتورهای یک جهته (unidirectional)

موتور یک جهته ابزار کنترل را در نصف چرخش محور خود باز یابسته میکند. این کنترل دو وضعیتی است. وقتی موتور روشن میشود بکار خود ادامه میدهد تا ابزار کنترل را باز یا بسته بکند و محور نصف گردش خود را انجام داده باشد. این کار بدون در نظر گرفتن عمل ثانویه کنترلر است. یک کلید حد (limit) حرکت موتور را در پایان کورس خود محدود میکند. اگر کنترلر ارضا نشده باشد، موتور ابزار کنترل را در همین وضعیت نگهمیدارد و سپس ابزار کنترل را در جهت مخالف حرکت میدهد.

موتور برگشت فنری (spring-return)

این موتور نیز از نوع دو وضعیتی است. موتور ابزار کنترل را حرکت داده و در همان وضعیت نگهمیدارد. وقتی مدار برق قطع شود، فنر ابزار کنترل را به حالت عادی خود برمیگرداند.

موتورهای قابل برگشت (reversible)

از این موتور برای کنترل تناسبی یا شناور (floating) استفاده میشود. این موتورها میتوانند در تمام جهات حرکت کرده و در هر وضعیتی باقی بمانند. این نوع موتورها گاه فنر برگشت دارند که اگر مدار برق قطع شود بتوانند ابزار کنترل را به حالت عادی خود برگردانند.

در کاربرد کنترل تناسبی (proportional) موتور به رله تعادل و پتانسیومتر پس خور (feedback potentiometer) مجهز میشود (دربعضی موارد رله تعادل خارج از موتور قرار دارد). بادامک پتانسیومتر بصورت مکانیکی به محور موتور وصل است و با آن جابجا میشود. با تغییر در متغیر کنترل شده، بادامک پتانسیومتر در کنترلر حرکت نموده و مقاومت بین بادامک و یکی از دو انتهای پتانسیومتر را تغییر میدهد. این باعث میشود که رله تعادل پاشنه (pivot) شده و مدار حرکت محور موتور را کامل بکند. همچنانکه محور موتور حرکت میکند، بادامک پتانسیومتر پس خور حرکت مینماید و باعث تغییر مقاومت آن در جهت عکس پتانسیومتر کنترلر میگردد. وقتی مقاومتها متعادل شدند موتور خاموش میشود.

فصل چهاردهم - تعیین اهداف بهینه سازی و بازسازی تاسیسات گرمائی، تعویض هوا و تهویه مطبوع
(Establishing Goals for Optimizing and Retrofitting the HVAC System)

هدف نهایی تاسیسات ساختمان برقراری شرایط آسایش و ایمنی افراد یا شرایط مطلوب تولید با حداقل هزینه بهره برداری میباشد.

سیستمهای تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع چون فرسوده میشوند نیاز به بهینه سازی دارند. اجزای تشکیل دهنده سیستمها به سه دلیل کهنه و فرسوده میشوند:

- به مرور زمان فرسوده میشوند. این موضوع هر چند متداول است ولی البته غیر واقعی میباشد چون اگر یک ماشین، بطور تئوریک خوب نگهداری شود هرگز نباید فرسوده شود. نگهداری پیش بین (predictive) و پیشگیر (preventive) یعنی برنامه ریزی کردن نگهداری و تعویض به موقع قطعات بطوریکه ماشین در همه حال سرپا و کارآمد باقی بماند.
- تکنولوژی جدید و پویا راه حلهای مناسبتری برای رسیدن به هدف یاد شده بدست میدهد.
- سیستم خوب کار نمیکند، چه از نظر مصرف انرژی و چه از نظر آسایش، که این ممکن است بعلت نواقص و معایبی در طراحی، نصب و یا نگهداری باشد.

ارزیابی تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع بمنظور تشخیص لزوم بهینه سازی

اول اجازه بدهید بررسی کنیم که آیا تاسیسات ساختمان اصولاً نیاز به بهینه سازی دارد یا خیر. راههای زیادی برای این بررسی و تحقیق وجود دارد. بعنوان مثال، ظاهر دستگاهها، از کار افتادن دستگاهها، آمار و گزارشهای تیم نگهداری، هزینه های نگهداری و شکایات افراد میتواند ملاک عمل قرار گیرد. یکی از بهترین راهها برای ارزیابی کار سیستم، اگرمصرف انرژی مهم باشد، این است که مقادیر مصرف انرژی چند سال گذشته سیستم را با هم مقایسه بکنیم. برای این مقایسه باید «عدد مصرف انرژی ساختمان» (BEUN) را که مخفف "Building Energy Usage Number" است بدست آورد.

برای بدست آوردن این عدد (شکل ۱-۱۴)، سابقه مصرف انرژی دو سال گذشته را جمع آوری کنید. اگر با چگونگی نرخ گذاری شرکت تامین کننده انرژی خود آشنا نیستید، ناگزیر باید خود را با واژه هایی مانند نرخ محلی (commodity rates) ، میزان تقاضا، تخفیف، مالیات، نرخ مصرف در زمان اوج و خارج از آن، ضریب توان و نرخ ضامن (ratchet charges) و امثال اینها آشنا سازید. مصرف انرژی تاسیسات HVAC را در مدت یکسال تعیین کنید. این عدد شامل مصارف برق، گاز طبیعی و سایر انواع انرژی لازم (مانند گاز مایع یا گازوئیل) برای کار تاسیسات میباشد. مصرف انرژی را به بی تی یو در سال تبدیل کنید. این عدد را بر متراژ زیربنای ساختمان (زیربنایی که تهویه مطبوع میشود) تقسیم بکنید. این عدد "BEUN" در سال پایه را که واحد آن بی تی یو در سال در هر فوت مربع میباشد به دست میدهد. بعد میتوانید عدد خود را با ساختمانهای مشابهی که در منطقه وجود دارد مقایسه کنید، سپس اطلاعات مربوط به "BEUN" سایر ساختمانها را از مراکز دولتی، استانی یا شهرستان خود و یا از شرکتهای عرضه کننده انرژی بدست آورید. برای اطمینان از این که سیستم شما نیاز به بازسازی دارد، ممکن است لازم باشد اطلاعات زیر را نیز کسب نمایید:

ساختمان				سال		
منبع انرژی	مصرف انرژی در سال	واحدانرژی	ضریب تبدیل	بی تی یو در سال	مساحت فضا فوت مربع	بی تی یو در هر فوت مربع در سال
برق		KWH	۳/۴۱۳			
گاز طبیعی		THERMS	۱۰۰۰۰۰			
گاز طبیعی		MCF	+			
سوخت مایع		GAL	+			
سوخت گاز مایع		GAL	+			
ذغال سنگ		TN	+			
بخار		MLB				
سایر						
جمع		******	******			

تعاریف

kwh = کیلو وات ساعت

mcf = هزار فوت مکعب

gal = گالن

tn = تن

mlb = ۱۰۰۰ پوند

BTU/yr = مقدار انرژی مصرفی در سال x ضریب تبدیل

BTU/sf/yr = بی تی یو در سال بر فوت مربع

+ در مورد ضریب تبدیل با فروشنده مشورت کنید

شکل ۱-۱۴ عدد مصرف انرژی ساختمان

- ساعاتی که از ساختمان استفاده میشود و اشغال است
- نوع کاری که در ساختمان انجام میشود
- تعداد افراد در هر شیفت یا هر روز و غیره

همچنین به آمار هواشناسی سال پایه و سال حاضر نیاز دارید و باید بدانید که ساختمان با چه مصالحی ساخته شده است و دستورالعملها و کار نمای روزانه بهره برداری و نگهداری را نیز در دسترس داشته باشید.
بعد از آن عملکرد سیستم را تعیین کنید. وضعیت نگهداری سیستم را ارزیابی کنید. بعد از جمع آوری اطلاعات "BEUN" و ارزیابی سیستم تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع شما میتوانید اهداف بهینه سازی را روشن کنید.

تذکر: تنها اطلاعاتی را بگیرید که برای حل مسئله و دست یافت بهینه سازی لازم باشد. از جمع آوری اطلاعات بعنوان دفع الوقت استفاده نکنید. تا آنجا که امکان دارد با هدف، علمی و بدون نظر شخصی رفتار کنید.

تعیین اهداف بهینه سازی و بازسازی

قبل از هر کار تیم تحقیقات را تشکیل دهید که در آن نمایندگانی از کارکنان، پرسنل نگهداری، مشاوران و پیمانکاران و شرکتهای عرضه کننده انرژی (utility company) حضور داشته باشند. سپس از تاسیسات بازدید نموده و نحوه عملکرد سیستم را بازرسی کنید و در این بازدید امکانات بازسازی را یادداشت کنید.
صورت مسئله و فرصتهای بهینه سازی و نوسازی را تعریف کنید. این کار ممکن است آسان بنظر برسد ولی الزاماً این طور نیست. اکثر ما به مسائل واقعی بطور سطحی نگاه میکنیم و با علائم آن سر و کار داریم. ما معمولاً مشکل را حل نمیکنیم و یا از فرصتها برای بازسازی استفاده نمیکنیم. از خودتان بپرسید: چه کار باید بکنیم؟

- مشکل - فرصت (problem/opportunity) واقعی کدام است؟
- آیا من واقعاً صورت مسئله و فرصتها را بیان میکنم یا فقط علایم آن را بازگو میکنم؟
- آیا من مشکل / فرصت را درست تعریف میکنم؟
- آیا من مشکل / فرصت را با واژه های مشخص و درستی بیان میکنم؟
- آیا بیش از یک مشکل / فرصت وجود دارد؟ آیا میتوانم آنها را از یکدیگر تفکیک نمایم؟

بعد از پاسخ به این سئوالات میتوانید اهداف و چالشهای حقیقی مشکل / فرصت را معین کنید. کار بعدی این است که اهداف بزرگ را به هدفهای کوچک و قابل اداره کردن تقسیم کنید. بعنوان مثال، هدف این است که مصرف برق دستگاه هوارسان را در ۱۲ ماه آینده تا ۱۰ درصد کاهش دهید. این هدف با تمیز کردن فیلترها و کویلها، گرفتن نشتی کانالهای هوا و متعادل کردن سیستم توزیع هوا قابل دستیابی خواهد بود.
منابع مورد نیاز رسیدن به هدف را از نظر تعداد کارکنان و سرمایه گذاری معین کنید. بعد از آن به هرکس ماموریت مشخصی برای رسیدن به هدف نهایی بدهید و در نهایت جدول زمانی پیشرفت کار را بنویسید.
قدم بعدی این است که برای رسیدن به هدف اقدام کنید و عملاً کار را شروع کنید. اول هدف را برنامه ریزی کنید بعد عمل کنید چون عمل ترس را از بین میبرد. بعد از آن نتایج را زیر نظر بگیرید. اهداف خود را بازبینی کنید و اگر لازم باشد در آن تجدید نظر بکنید.

چگونه فرصتهای بهینه سازی و بازسازی را اولویت بندی کنیم

شش مورد اولویت بندی اهداف بهینه سازی و بازسازی عبارتند از: امور مالی، مصرف انرژی، شرایط ایمنی، شرایط آسایش ، برنامه ریزی و اثر متقابل سیستم.

امور مالی

مدیریت میتواند پیشنهادات بازسازی را از نظر سرمایه گذاری و منافع قابل لمس آن ارزیابی کند، منافعی که مستقیماً با صرفه جویی ریالی سر و کار دارد:

- درآمد را زیاد میکند
- هزینه های جاری را حذف یا کاهش میدهد (جابجایی هزینه)
- از هزینه های آتی جلوگیری میکند (اجتناب از هزینه)

مصرف انرژی

انرژی مصرفی سه سیستمی که مصرف کنندگان ساختمان را تشکیل میدهند ارزیابی کنید:

- سیستمهای مصرف کننده انرژی (دستگاههای تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع)
- سیستمهای غیرمصرف کننده انرژی (مانند دیوار وشیشه های پیرامون ساختمان)
- اشغال ساختمان (افراد)

شرایط ایمنی

ایجاد شرایط ایمنی افراد و املاک باید همیشه مد نظر باشد.

شرایط آسایش

شرایط آسایش را در ساختمان ارزیابی کنید و تعداد وماهیت شکایتها را بنویسید. شرایط آسایش فرد منافع غیر قابل لمس است یعنی نمیتوان آن را در امور مالی جا داد.

برنامه ریزی

بعضی از کارهای بازسازی باید قبل از شروع کارهای دیگر انجام شود. اگر کارها به ترتیب و با نظم انجام نشود ممکن است کار بازسازی به تاخیر بیفتد. این تاخیر باعث بالا رفتن مصرف انرژی میگردد. بهتر است برنامه ریزی برای سال یا فصل نوشته شود.

اثر متقابل سیستمها

بعضی از عملیات بازسازی وقتی به تنهایی تحلیل میشوند ممکن است به نظر مفید میباشند ولی اگر اثر این بازسازی در کل سیستم دیده شود ممکن است به ضرر بیانجامد. همیشه سعی کنید ارتباط دستگاههایی را که میخواهید بازسازی کنید با سایر دستگاهها بسنجید.

بهترین راه حل را برای بهینه سازی - باز سازی انتخاب کنید.

- اطلاعات جمع آوری شده را ارزیابی کنید.
- فکر خود را به کار بیندازید.
- عقاید را با هم بسنجید.
- مزایا و معایب هر راه حل را لیست کنید.
- راه حلی را انتخاب کنید که نتایج دلخواه را بدهد.
- هیچ چیزی را که از صحت آن اطمینان ندارید نپذیرید.
- برای یافتن راه حل، اهداف طرح را به قسمتهای کوچک تقسیم کنید.
- از راه حلهای آسان شروع کنید.
- تا آنجائیکه امکان دارد کار کامل و تمام شده انجام دهید.
- راه حلها و اهداف را بازبینی کنید تا مطمئن شوید که چیزی از قلم نیفتاده است.

اهداف بهینه سازی و بازسازی تاسیسات را در یک برنامه بلند مدت ادغام کنید

برنامه نوشته شده باید بطور ادواری به روز شود و در آن به موارد زیر اشاره شده باشد:

- برنامه تدوین شده از اهداف و خواسته ها باید شامل موارد زیر باشد:
  - هزینه اولیه بازسازی
  - هزینه سالیانه نگهداری
  - زمان بازپرداخت سرمایه
  - صرفه جویی سالیانه
  - برگشت سرمایه (ROI)
  - بهتر شدن شرایط آسایش و ایمنی افراد
  - افزایش قابلیت اعتماد به دستگاهها
  - افزایش عمر مفید دستگاهها
  - بهتر شدن راندمان دستگاهها
  - زمان شروع پروژه
- عدد مصرف انرژی ساختمان
- گزارشهای مربوط به عملکرد و وضعیت تاسیسات مکانیکی ساختمان
- نحوه زیر نظر گرفتن (monitoring) عملیات بازسازی

- برنامه ای برای تربیت و آموزش پرسنل نگهداری و بهره برداری و ساکنین ساختمان (برحسب مورد)

- جزئیات برنامه های بازسازی شامل موارد زیر باشد:
  - اولویت بندی
  - هزینه
  - نتایج پروژه
  - وضع موجود
  - نتایج وضع موجود
  - برنامه ریزی

- شرح هر یک از عملیات بازسازی کامل شده منجمله :
  - اولویت
  - هزینه
  - نتایج
  - وضعیت
  - برنامه

شکل ۲-۱۴ نمونه برنامه ریزی مدیریت انرژی را نشان میدهد.

I اهداف

- بیان اهداف مدیریت انرژی

II مورد مصرف انرژی

- اسناد محاسبات عدد مصرف انرژی ساختمان (BEUN) که مصرف انرژی را در ۱۲ تا ۲۴ ماه گذشته نشان میدهد.
- برگ خلاصه تاریخچه مصرف انرژی در آینده
- پیش بینی مصرف و هزینه های انرژی در آینده

III تحقیقات راجع به انرژی

- لیست سیستمهای تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع و ساعات کار هر یک
- عملکرد سیستم و وضعیت دستگاهها

IV شرح تاسیسات

- اطلاعات عمومی
  - ساخت و ساز
  - اندازه و ظرفیت
- اطلاعات تخصصی
  - منطقه احداث ساختمان

- جهت استقرار ساختمان
- نوع تصرف

V میزان بازسازی

- اقدامات بازسازی پیشنهادی
- توضیح و شرح بازسازی
- اولویت بندی
- اهداف
- هزینه
- وضعیت
- تاریخی که انتظار میرود پروژه تمام شود
- اقدامات کنونی بازسازی
- توضیح و شرح بازسازی
- اولویت بندی
- اهداف
- هزینه
- نتایج حاصله
- وضع موجود
- برنامه ریزی

VI اقدامات کامل بازسازی

- توضیح و شرح بازسازی
- اهداف
- هزینه کل
- نتایج - مبلغ پس انداز شده - بازیافت
- وضع موجود

VII نحوه زیر نظر گرفتن و پیگیری عملیات بازسازی

VIII برنامه آموزش

- یادداشت خلاصه از مدیریت انرژی و برنامه ریزی آموزشی پرسنل بهره برداری و نگهداری،
- یادداشت خلاصه از برنامه آموزش مدیریت انرژی برای ساکنین

شکل ۲-۱۴ نمونه برنامه مدیریت انرژی

فصل پانزدهم - راه اندازی، نگهداری، بهینه سازی و بازسازی دستگاههای تاسیسات گرمائی، تعویض هوا و تهویه مطبوع
(HVAC unit operation, maintenance, optimization and retrofit)

در این فصل اطلاعات مفیدی برای بهره برداری و نگهداری بعضی از اجزای تشکیل دهنده تاسیسات تهویه مطبوع ساختمان وروشهای بهبود راندمان آنهاارائه خواهد شد.برای حفظ سلامتی خود ودیگران وایمنی دستگاهها همیشه سعی کنید دستورالعملها و توصیه های کارخانه سازنده را در مورد بهره برداری و نگهداری دستگاهها رعایت کنید.

فهرست بازرسی (check list) بهره برداری، نگهداری و بهینه سازی هوارسانی

- ببینید که جهت چرخش بادزن درست باشد.
- تیغه های بادزن را تمیز کنید.
- کویلها و فیلترها را تمیز کنید.
- نشتی کانال هوا را بگیرید.
- از اجرای کانالهای غیر استاندارد در ورودی و خروجی بادزن بپرهیزید.
- دمپرهای تعادل (Balancing Dampers) را نصب کنید.
- سیستم را بصورت متناسب (Proportional) متعادل کنید.
- برای کاهش مقدار هوا بجای بستن دمپر اصلی، سرعت بادزن را پایین بیاورید.
- اگر لازم است برای کاهش مقدار هوا سیستم را دوباره طراحی یا بازسازی کنید.
برق مصرفی (اسب بخار) با توان سوم مقدار هوا نسبت مستقیم دارد. سرعت فن را تغییر دهید.
- سیستم را برای کمترین فشار ممکن طراحی کنید.
- اگر میسر است سیستم هوارسانی با حجم متغیر طراحی کنید.
- زمان روشن بودن دستگاهها را کاهش دهید.
- اگر ممکن است از اکونومایزر هوا استفاده کنید.
- کانالها را عایق کاری کنید.
- مقاومت سیستم را کاهش دهید.
- تمام دستگاه منجمله کنترلها را سرویس و نگهداری کنید.

نگهداری و بهینه سازی فیلترها

دوره تعویض و تمیز کردن فیلترهای تاسیسات تهویه مطبوع به نوع سیستم و درجه پاکیزگی مورد نیاز هوا بستگی دارد. برای اینکه فیلتر خوب کار کند باید درست نصب شود. برای شناخت جهت نصب فیلتر معمولاً یک پیکان (arrow) روی آن حک شده است. وقتی فیلترها را تعویض میکنید حتماً بادزن را خاموش کنید. این عمل هم کار را ساده تر میکند و هم مانع آلوده شدن کویل با گرد و خاک میشود. برای اینکه زمان تعویض فیلترها را تشخیص دهید ممکن است در دو طرف آن فشارسنج نصب کنید. با این کار میتوان افت فشار دو طرف فیلتر را اندازه گرفت.هرگاه اختلاف فشار دو طرف به یک حد معین برسد معلوم میشود زمان تعویض فیلتر فرا رسیده است. قاب فیلترها را نیز بازدید کنید که فیلترها را کاملاً دربر گرفته باشد و هوا از درزهای اطراف فیلتر گذر نکند.

نگهداری کویلها

کویلها باید همیشه تمیز و عاری از گرد و خاک باشند چون کویل یک مبدل حرارتی است و اگر کثیف باشد تبادل حرارتی بخوبی انجام نمیگیرد و اثر آن کم میشود. این به معنی کاهش راندمان و بالا رفتن مصرف انرژی است. پره های کویل (fins) را هم نگاه کنید که به هم نچسبیده باشند. چون در اینصورت سطح تماس کم شده و کویل نمیتواند کار موثر انجام میدهد. اگر پره ها خمیدگی یا لهیدگی پیدا کرده باشند آنها را صاف کنید.

نگهداری بادزنها

بازرسی اثر سیستم (Inspecting for System Effect)

طریقه نصب کانالهای ورودی و خروجی و پلنوم ها اثر زیادی بر منحنی مشخصه آئرودینامیکی (aerodynamic) بادزن دارد و عملکرد آن را کاهش میدهد. واژه «اثر سیستم» برای این اثر زیان آور برگزیده شده است. کانال کشی بادزن را به ترتیب زیر دقیقاً بازدید کنید که موجب پیدایش «اثر سیستم» نباشند:

کانال مستقیم

دهانه خروجی بادزن باید به یک قطعه کانال کاملاً مستقیم وصل شود. طول این قطعه کانال باید برای هر ۱۰۰۰ فوت در دقیقه سرعت خروجی حداقل برابر با قطر آن، و به هر حال از دو برابر و نیم قطر کانال کمتر نباشد. بعنوان مثال طول قطعه کانال خروجی یک بادزن با سرعت خروجی ۱۵۰۰ فوت در دقیقه باید دو و نیم برابر قطر کانال و برای یک بادزن با سرعت خروجی ۳۰۰۰ فوت در دقیقه باید ۳ برابر قطر کانال باشد.

- *زانویی:* اگر نصب یک زانو در خروجی بادزن و در فاصله نزدیکتر از یک قطر کانال برای هر ۱۰۰۰ فوت در دقیقه ناگزیر است، نسبت شعاع زانو به قطر کانال باید حداقل ۱/۵ به ۱ باشد.
- *اندازه کانال :* اندازه کانال خروجی بادزن باید حدود ۱۰± درصد نسبت به سطح دهانه خروجی بادزن باشد.
- *شیب کانال :* شیب تبدیلهای همگرا در خروجی نباید بیشتراز ۱۵ درصد و شیب تبدیلهای واگرا نباید بیشتر از ۷ درصد باشد.
- *دمپرهای حجمی:* دمپرهای تیغه موازی (فصل چهارم) برای کنترل حجم توصیه نمیشوند. چون وقتی این دمپرها نیمه بسته میشوند، جهت هوا را به یک سمت تغییر میدهند و بعد از دمپر یک جریان غیر یکنواخت

بوجود می آید و انشعابات نزدیک به آن دچار مشکل خواهند شد. از دمپرهای تیغه مخالف (فصل چهارم) برای کنترل حجم هوای خروجی فن استفاده کنید.

- *دهانه خروجی فن (cutoff)*: محل اتصال دهانه خروجی بادزن به کانال را بازدید کنید که یکپارچگی و وضع درست نصب برقرار باشد.

بعد از آن کلیه کانالهای بادزن و اطراف آن را بازدید کنید که در نقاط ورودی به آن «اثر سیستم» وجود نداشته باشد:

- *اندازه کانال* : اندازه کانال ورودی باید در حد ۱۰± درصد نسبت به سطح دهانه ورودی آن باشد.
- *شیب تبدیل* : شیب تبدیلها در ورودی بادزن نباید بیش از ۱۵ درصد برای همگرا و ۷ درصد برای واگرا باشد.
- *کانال ورودی* : کانال ورودی یا دهانه ورودی بادزن باید هموار، یکنواخت و گرد باشد تا افت فشار را کاهش دهد. شکل ورودیها با نصب تقسیم کننده (splitter) و مستقیم کننده هوا میتواند بهبود یابد. نصب یک مخروط در دهانه ورودی یا یک فلنج تخت نیز افت فشار را کاهش میدهد.
- *زانویی*: یک زانوی غیردلخواه بدون پره در ورودی بادزن باعث توزیع غیریکنواخت هوا به دهانه ورودی میشود. چنانچه بعد از زانو پره های منحرف کننده (Turning Vanes) و یا یک قطعه کانال مستقیم نصب شود باعث کم شدن افت میگردد.
- *مخروط ورودی (Inlet Cone)* : نگاه کنید که مخروط ورودی یکپارچگی و حالت اولیه خود را حفظ کرده باشد.

اگر بین ورودی بادزن و جداره پلنوم فاصله کمی باشد، عملکرد بادزن کاهش می یابد. فاصله بین این دو باید حداقل نصف قطر فن باشد. فاصله بین دو بادزن موازی نیز باید حداقل برابر قطر بادزن باشد. از حالت کار و نصب بادزنهای موازی بازدید کنید، اگر ورودی یکی از آنها مسدود شده باشد هوای کمتری از دیگری توزیع خواهد کرد و این ممکن است جریان ضربه ای (Pulsation) بوجود آورد که عملکرد فن را کاهش داده و سر و صدا ایجاد خواهد کرد. اگر لرزش با دامنه زیاد باشد باعث خسارت زدن به بادزن و کانال کشی خواهد شد.

روغنکاری یاتاقانهای بادزن

یاتاقانها باید طبق دستورالعمل سازنده روغنکاری شود. از روغن زدن بیش از حد پرهیز کنید.

نگهداری چرخ بادزن

چرخ (Wheel) بادزن باید همیشه تمیز باشد. جمع شدن گرد و خاک روی چرخ باعث کم شدن مشخصه عملکرد فن خواهد شد. همچنین میتواند توازن چرخ را بهم زده و لرزش و صدا ایجاد نماید.

آزمایش سرعت بادزن

سرعت بادزن را چک کنید. برای ایمنی دستگاه، سرعت آن باید درست باشد. بعنوان مثال، اگر فن خیلی آهسته دور بزند، کویل مبرد فن کویل ممکن است یخ بزند. یخ بستن کویل زمانی اتفاق می افتد که رطوبت هوا تقطیر بشود و هوای گرم کافی از روی آن عبور نکند، دمای کویل به نقطه انجماد رسیده و روی کویل یخ می بندد. یخ زدن ممکن است در صورت پارگی تسمه نیز اتفاق بیفتد. اگر سرعت بادزن زیاد باشد باعث خسارت دیدن چرخ بادزن، محور و یا تاقانها خواهد شد. اگر اشکالی در کار دیدید، سرعت نوک تیغه (Tip Speed) را طبق فصل دوم محاسبه نموده و

با اعداد سازنده مقایسه کنید. اگر سرعت بادزن درست نباشد، شرایط آسایش در اتاق تامین نخواهد شد.

تغییر سرعت بادزن

اگر به این نتیجه رسیدید که سرعت بادزن باید تغییر کند، از فرمولهای زیر برای محاسبه قطر پولی مناسب استفاده کنید تا سرعت فن و مقدار هوای لازم بدست آید. توجه کنید که از قطر گام (pitch diameter) که در فصل ۱ توضیح داده شد استفاده شده است. برای محاسباتی که در کارگاه انجام میگیرد، از قطر خارجی و ثابت پولی (Cheave) بعنوان قطر گام استفاده نمائید. در مورد پولیهای قابل تنظیم و زمانی که تسمه ها در شیار پولیها در حال دوران باشند، قطر گام تقریبی برای استفاده در محاسبات استفاده میشود. همچنین توجه کنید که بزرگ کردن اندازه پولی ثابت موتور و یا حرکت تسمه ها در سطح بالاتر در پولیهای قابل تنظیم به معنی افزایش سرعت فن خواهد بود. اگر بجای تغییر پولی موتور، پولی فن را کوچک کنید تغییر سرعتها برعکس خواهد شد. بعبارت دیگر، ازدیاد قطر گام پولی فن سرعت فن را کاهش میدهد، در حالیکه کوچک کردن قطر گام پولی فن سرعت آن را افزایش میدهد.

روابط یاد شده بشرح زیر هستند:

$$rpm_m = rpm_f \times \frac{D_f}{D_m}$$

$$Dm = rpm_f \times \frac{D_f}{rpm_m}$$

$$rpm_f = rpm_m \times \frac{D_m}{D_f}$$

$$Df = rpm_m \times \frac{D_m}{rpm_f}$$

که در آن :

rpm_m = دور محور موتور

D_m = قطر گام پولی موتور

rpm_f = سرعت محور بادزن

D_f = قطر گام پولی فن

بعد از محاسبه قطر پولی، طول لازم تسمه را نیز حساب کنید که ببینید نیاز به تعویض دارد یا خیر. اگر لازم شود چند تسمه پولی های شیاردار عوض شود، بهتر است تسمه ها یکدست باشند زیرا طول و کشش تسمه ها متغیر است و ممکن است بعضیها سفت و بعضیها شل باشند و در نتیجه فرسایش بوجود آید.

رابطه محاسبه طول تسمه:

$$L = 2C + 1.57\,(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4C}$$

که در آن :

L = طول گام تسمه

C = فاصله مرکزتامرکز محورها

D = قطر گام پولی بزرگتر

d = قطر گام پولی کوچکتر

1.57 = عدد ثابت (Pi/2)

بازرسی محرکها

محرکها (شامل تسمه و پولیها) را بازدید کنید که یکپارچه و میزان بوده و اندازه آنها درست انتخاب شده باشد. اگر لازم به تغییرات است مشخصات محرک را تعیین کنید. اجزای فرسوده و شکسته را با اجزای نو تعویض کنید.

سفارش دادن پولیها

برای سفارش دادن پولی جدید اطلاعات زیر لازم است :

- قطر محور بادزن و موتور- وقتی اندازه میگیرید بخاطر داشته باشید که افزوده (increment) قطر محور موتور $^{1}/_{8}$ اینچ و افزوده قطر محور بادزن $^{1}/_{16}$ اینچ است.
- اندازه بوش : سوراخ پولی ممکن است ثابت باشد و در یک محور معین جا بیفتد، یا ممکن است سوراخ آنها گشادتر باشد تا با جا زدن بوش با قطر مختلف، بتواند روی محورهای متفاوت جا بیفتد.
- تعداد شیار تسمه ها
- اگر پایه موتور قابل تنظیم است، مقدار حرکت موتور را اندازه بگیرید تا برای کشش تسمه ها استفاده شود.

نصب پولیها - برای عوض کردن پولیها اول موتور را آزاد کنید و آن را به جلو برانید تا تسمه ها به آسانی خارج شود. هرگز تسمه ها را با زور از روی پولی نلغزانید. برای پیاده کردن پولیها و یا تنظیم آنها، از دستور کارخانه سازنده استفاده کنید. **احتیاط !** قبل از درآوردن یا تنظیم قطر گام پولی قابل تنظیم، تمام پیچهای ضامن را باز کنید و بعد از پایان کار مطمئن شوید که سرجای خود قرار گرفته باشند.

میزان تسمه ها - برای جلوگیری از فرسودگی و یا پرش تسمه ها از روی پولی، محور بادزن و موتور باید در یک خط قرار گیرند و پولی آنها میزان باشد. برای میزان کردن آنها از وسیله الکترونیکی میزان استفاده کنید و یا اینکه :

- یک خط کش روی دو پولی قرار دهید. خط کش باید روی فلنج بیرونی پولیها قرار گیرد.
- موتور یا پولی مربوطه را با فاصله مساوی از خط کش قرار دهید و مرکز پولی موتور و فن را به اندازه معین حرکت دهید.

نصب تسمه ها - بعد از اینکه پولی ها در جای خود قرار گرفتند میتوان تسمه ها را نصب کرد. اندازه تسمه باید درست انتخاب شده باشد. به روش زیر تسمه را نصب کنید:

- موتور را آزاد کرده و به جلو حرکت دهید.
- تسمه را روی پولی بیاندازید و موتور را برای کشش مناسب به عقب برگردانید.
- موتور را سر جای خود محکم کنید.
- بعد از نصب تسمه ها، میزان بودن پولی را دوباره بازرسی کنید. بعد از اولین روز کار و همچنین چند روز بعد، کشش تسمه ها، میزان بودن محرک و پولی را دوباره بازدید کنید. تسمه ها نباید خیلی سفت یا خیلی شل باشند. تسمه شل در شروع راه افتادن بادبزن جیغ میکشد. در این حالت تسمه سریعتر فرسوده شده و توان کمتری را هم منتقل میکند. تسمه های سفت نیز زود فرسوده میشوند و باعث فرسودگی سریع یاتاقان محور و اضافه بار موتور و محرک میگردند. کشش صحیح کمترین کششی است که تسمه ها بدون لغزیدن در شرایط

اوج کار بخود میگیرند.

نگهداری و سرکشی به تسمه ها - هر ماه یا فصل، از تسمه های محرک بازدید کنید. فرسودگی و کشش آنها را بازرسی کنید. کشش تسمه ها را میتوان با کشش سنج یا با فشار دادن انگشت اندازه گرفت (وسط هر تسمه را به پایین فشار دهید). مقدار کشش درست با انگشت وقتی است که خمیدگی تسمه۱/ تا ۳/ اینچ باشد. نشانه شل بودن تسمه، جیغ زدن آن در موقع راه اندازی موتور است. علامت دیگر شل بودن آن یافتن الیاف تسمه روی حفاظ تسمه است. اگر تسمه خیلی شل باشد نه تنها زود خراب میگردد بلکه باعث میشود که بادزن سرعت مناسب خود را ندهد.اگرتسمه خیلی سفت باشد باعث آسیب دیدن محور موتور، محور بادزن یا یاتاقان آن میشود، علاوه بر آن تسمه بزودی فرسوده خواهدشد.

فهرست بازرسی بهره برداری ، نگهداری و بهینه سازی سیستم گردش آب

- از پمپ بازدید کنید و مطمئن شوید که در جهت درست میچرخد.
- کویلها و صافیها را تمیز کنید.
- از بکار بردن قطعات محدود سازنده جریان در ورودی و خروجی پمپ بپرهیزید.
- وسایل سنجش جریان و شیرهای تعادل را نصب کنید.
- سیستم را بطور متناسب متعادل کنید.
- اگر لازم است مقدار جریان تغییر کند، بجای بستن شیر اصلی، سرعت پمپ را تغییر دهید.
- برای دستیابی به جریان کمتر سیستم را دوباره طراحی یا بازسازی کنید. برق مصرفی (اسب بخار) متناسب با توان سوم مقدار جریان است. پروانه را بتراشید.
- سیستم را برای کمترین فشار ممکن طراحی کنید.
- زمان کارکرد دستگاهها را کاهش دهید.
- اگر ممکن است از اکونومایزر آب استفاده کنید.
- سعی کنید کویلهای آبی، کندانسورها، اواپراتورها و برجهای خنک کن تمیز باشد.
- از جمع شدن آشغال روی کویل و برجها اجتناب کنید.
- در برجهای خنک کن از بادزنهای دو سرعته یا چند سرعته استفاده کنید.
- اختلاف دمای (ΔT) مبدلهای حرارتی را بالا ببرید.
- هرگاه میسر باشد از مدارهای اولیه- ثانویه یا سیستمهای جریان متغیر استفاده کنید.
- نشتی لوله کشیها را بگیرید.

- نشتی شیرها را بگیرید.
- لوله های متقاطع را از هم جدا کرده و دوباره لوله کشی کنید.
- لوله ها را عایق بپیچید.
- مقاومت سیستم را کم کنید. صافیها و شیرهای گرفته را تمیز کنید.
- بطور کلی سیستم را سرویس و نگهداری کنید (منجمله سیستم کنترل).

آزمایش جهت چرخش پمپ

موتور را روشن و خاموش کنید تا جهت چرخش معین شود. اگر جهت گردش درست نباشد، جای یکی از دو فاز موتور را در تابلو برق یا جعبه تقسیم آن عوض کنید. در مورد موتورهای تک فاز جای یکی از سیمها را در جعبه اتصال عوض کنید.

بازرسی حفره زایی (Cavitation) پمپ

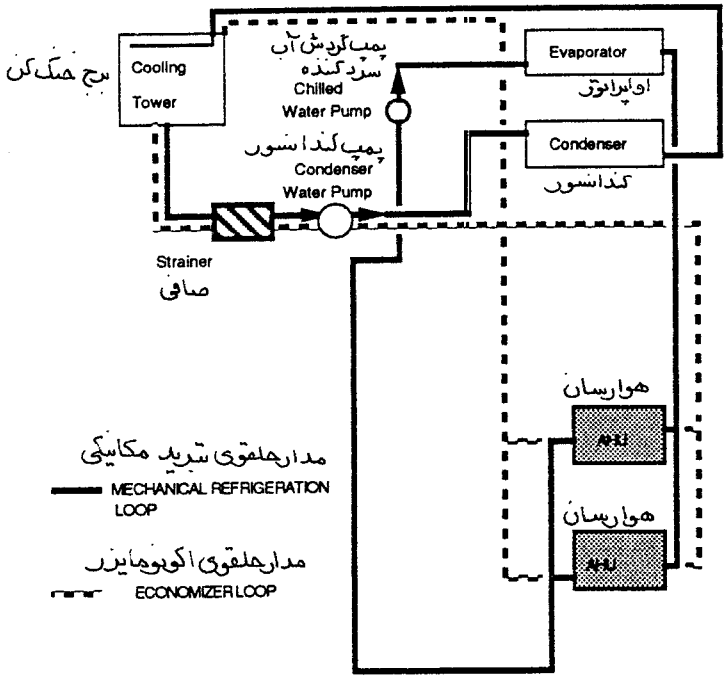
اگر فشار آب ورودی به پروانه پمپ کمتر از فشار بخار آب (Vapor Pressure) باشد، آب تبخیر شده حبابهایی تشکیل میشود. حرکت حبابها با آب به داخل پروانه و در منطقه ای که فشار بالا است موجب میشود که با نیروی زیاد به هم خورده و بترکند و ایجاد حفره کنند. علائم حفره زایی در پمپ عبارتند از: صدای تق - تق آب در ورودی، لرزش زیاد، پایین آمدن فشار، افت توان مصرفی، کم شدن یا متوقف شدن مقدار جریان آب. حفره زایی معمولاً باعث گودی و فرسایش نوک پره های پروانه یا دهانه های ورودی میشود. با برقراری حداقل فشار مکش، در دهانه ورودی پمپ، که افت فشار ورودی را جبران کند میتوان از حفره زایی جلوگیری کرد. به این حداقل فشار «فشار مثبت خالص ورودی» (فصل ششم) میگویند. اگر پمپ در سیستم بسته گردش آب سرد کننده استفاده میشود، معمولاً در ورودی آن فشار کافی وجود دارد. حفره زایی در سیستمهای باز و گردش آب گرم کننده اتفاق نمی افتد مگر اینکه افت فشار لوله کشی خیلی زیاد باشد و یا اینکه منبع آب پایین تر از پمپ قرار گیرد که در این صورت ارتفاع مکش. (suction lift) زیاد میشود ولی اگر افت فشار خیلی زیاد باشد. (یعنی در مکش پمپ فشار دلخواه وجود نداشته باشد)، یا دمای آب بالا باشد، امکان دارد فشار آب در بعضی نقاط پمپ زیر فشار بخار هم ارز دمای کار بیفتد و موجب تبخیر آب شود. اگر پمپ حفره زایی میکند و فشار مثبت خالص ورودی غیر کافی است علت آن ممکن است عواملی از قبیل، کوچک بودن قطر لوله ورودی، فیتینگهای متعدد، گرفتگی صافیها یا گردابی شدن (throttled) شیرها باشد.

استفاده از اکونومایزر

همانند اکونومایزر هوا، استفاده از اکونومایزر سیستم گردش آب نیز اگر میسر باشد برای کم کردن بار تبرید مکانیکی مفید است. «خنک کردن مجانی» "free cooling" با استفاده از هوای بیرون امکانپذیر است. دو نوع اکونومایزر با کمک برج خنک کن باز وجود دارد (مستقیم و غیرمستقیم) که در سطور آینده توضیح داده میشود.

برج خنک کن باز، پالایشی

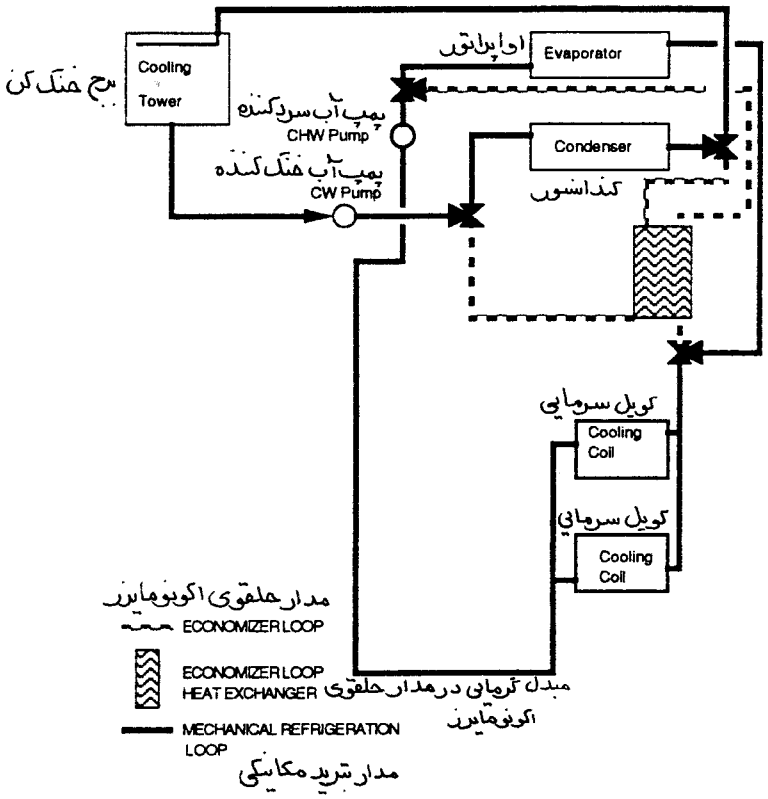
همانطور که در فصل دهم شکل ۱-۱۰ توضیح داده شده ، سیستم سیکل پالایش (strainer cycle system) که در هوای گرم استفاده میشود، سیستم متداول گاز متراکم مبرد آب به آب ، یا آب به هوا (برج خنک کن و کندانسور آبی، کویل اواپراتور در فن کویل) میباشد. زمانیکه هوای بیرون خنک تر باشد، آب برج بجای آنکه به کندانسور برود مستقیماً وارد کویل سرمایی میگردد. (شکل ۱-۱۵) . برای جلوگیری از خوردگی کویل یاد شده، دستگاههای پالایش و تصفیه آب در سیکل گذاشته میشود. این نوع اکونومایزر آبی حداکثر توانایی در صرفه جویی انرژی را دارد.



شکل ۱-۱۵

برج خنک کن باز با مبدل گرمایی

این سیستم اکونومایزر آبی نیز در زمانی که هوای بیرون گرم است نقش متداول سیکل تبرید گاز متراکم را انجام میدهد، اما زمانیکه هوای بیرون خنک است، آب برج بجای اینکه به کندانسور برود به مبدل گرمایی نوع صفحه ای میرود (plate - type head exchanger) (شکل ۲-۱۵). مدار حلقوی بسته آب سرد کننده نیز به مبدل وارد میشود و تبادل حرارت بین آب گرم مدار بسته سردکننده و آب خنک کننده مدار کندانسور - برج صورت میگیرد. نقش مبدل گرمایی در این سیکل، جداسازی دو مدار یاد شده از یکدیگر است. بنابراین خطر گرفتگی لوله های مدار آب سرد کمتر از اکونومایزر پالایشی است ولی از طرف دیگر پتانسیل کمتری برای صرفه جویی انرژی دارد.



شکل ۲-۱۵

استفاده از سیستم های جریان متغیر

سیستمهای جریان متغیر (variable flow) با کم و زیاد کردن جریان آب سرد کننده یا گرم کننده در بار جزئی و بار نامی (full and part load)، انرژی مصرفی پمپ را کاهش میدهند. سیستمهای جریان متغیر ممکن است از پمپ با دور ثابت و شیر کنترل دو راهه یا از پمپ با دور متغیر و شیر کنترل دو راهه و سه راهه استفاده کنند. در هر دو سیستم جریان به اندازه ای کاهش می یابد که اختلاف دمای دو طرف مصرف کننده (terminal) ثابت باقی بماند. رابطه آن $Q = gpm \times ۵۰۰ \times \Delta T$ است. همچنانکه بار اتاق (Q) تغییر میکند، جریان آب (gpm) تغییر میکند تا دمای در طرف مصرف کننده (ΔT) ثابت بماند.

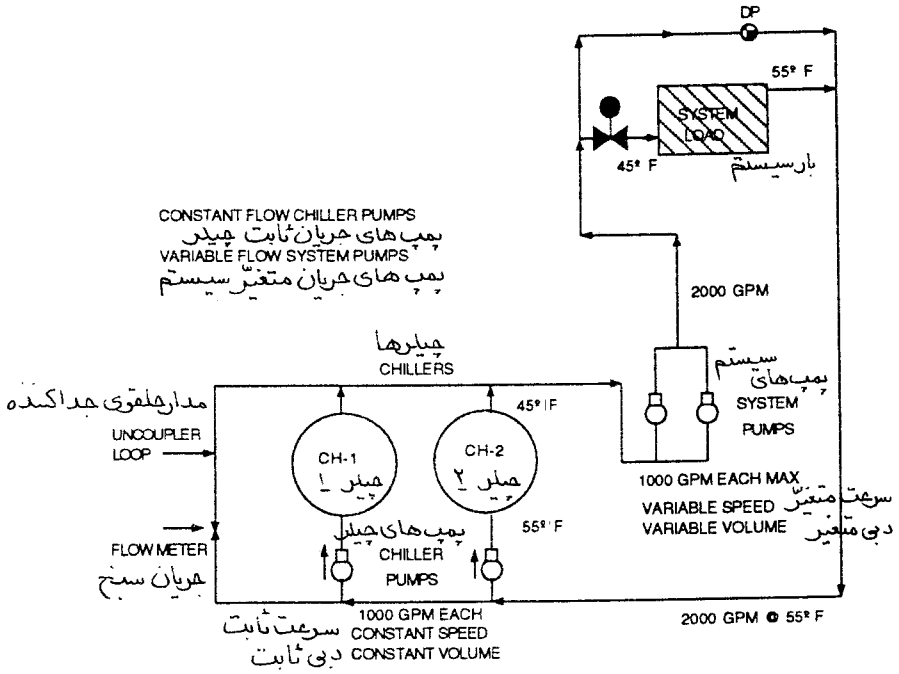
سیستمهای جریان متغیری که از پمپ با دور ثابت و شیر دو راهه استفاده میکند نمیتوانند مصرف انرژی پمپ را به اندازه سیستم پمپ با دور متغیر کاهش دهند. در یک سیستم تیپ دور ثابت، ابزار کنترل دمای اتاق به شیر دو راهه فرمان میفرستد که جریان را کم یا زیاد بکند. اگر شیر برای کاهش جریان ببندد مقاومت سیستم افزایش می یابد. این ازدیاد فشار، نقطه کار پمپ را عوض میکند و به نقطه بالاتر منحنی میبرد که در این صورت جریان کاهش یافته و انرژی مصرفی (اسب بخار) نیز به همان نسبت کاهش می یابد. بعنوان مثال، پمپی که برای گردش ۱۲۵۰ گالن آب در دقیقه و فشار ۸۲ فوت ستون آب، حدود ۳۲/۲ اسب بخار توان حقیقی دارد، برای گردش ۰۰ در۱ گالن آب دقیقه فقط ۲۹/۹ اسب بخار مصرف میکند. جریان و توان حقیقی کاهش یافت زیرا شیر دو راهه بسته شد و فشار سیستم به ۱۰۰ فوت ستون آب رسید.

سیستمهایی که از پمپ با دور متغیر استفاده میکنند ، برای تغییر سرعت موتور و پمپ به ابزاری بنام «محرک با فرکانس متغیر (variable frequency drive)» مجهز میباشند. این نوع سیستمها ، قدرت مصرفی پمپ را متناسب با توان سوم سرعت چرخش پمپ کاهش میدهند. در مثال فوق، اگر سیستم دور متغیر داشت و جریان از ۱۲۵۰ به ۱۰۰۰ گالن آب در دقیقه میرسید، توان مصرفی پمپ کاهش می یافت و به حدود ۱۷ اسب بخار میرسید.

یک اختلاف فشارسنج (DP) در سیستم لوله کشی نصب میشود و سرعت پمپ را کنترل میکند. در یک سیستم متداول ، زمانیکه دمای اتاقها به حد مورد نظر برسد، شیرهای کنترل بسته میشود. اختلاف فشارسنج ازدیاد فشار سیستم را حس کرده و سرعت پمپ را تقلیل میدهد تا خواسته واقعی سیستم برآورده شود. برای تنظیم فشار روی اختلاف فشارسنج، اول پمپ با جریان نامی سیستم راه اندازی میشود. اختلاف فشارسنج در آن لحظه تنظیم میشود تا اختلاف فشار را در همان حد ثابت نگهدارد. مثلاً اگر فشارسنج در انتهای خط رفت و برگشت نصب شده باشد، افت فشار در دو طرف آخرین مصرف کننده نقطه تنظیم آن خواهد بود. این افت شامل لوله کشی و شیرهای مصرف کننده نیز میباشد. هرگاه اختلاف فشارسنج در انتهای سیستم نصب شده باشد، حداکثر صرفه جویی انرژی پمپ میسر خواهد بود.

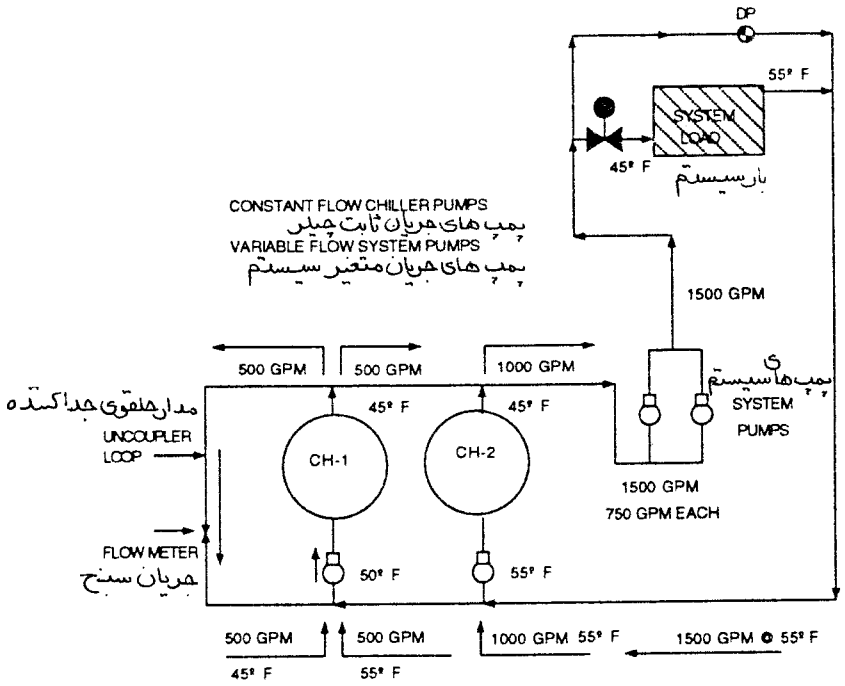
اگر اختلاف فشارسنج نزدیک پمپ نصب شده باشد، صرفه جویی انرژی کمتری بدست می آید زیرا پمپ باید افت فشار لوله کشی مصرف کننده های قبل از فشارسنج را نیز جبران کند. در بعضی از سیستمها برای کنترل بهتر سیستم ناچار فشارسنج یاد شـــده را نزدیک پمپ نصب میکنند. بطور کلی ، محل نصب درست اختلاف فشار سنج در نقطه ای است که در آنجا طوری محرک فرکانس متغیر را کنترل کند که پمپ با حداقل سرعت بتواند دبی لازم سیستم را پاسخ دهد.

شکل ۳-۱۵ یک سیستم با دبی متغیر را نشان میدهد. کویلهای سرمایی سیستم، جریان متغیر و دمای ثابت دارند. حداکثر جریان سیستم ۲۰۰۰ گالن در دقیقه است و پمپها برای این مقدار انتخاب میشوند. پمپها سرعت (دور در دقیقه متغیر دارند. همچنانکه بار سیستم تغییر میکند، سنسور اختلاف فشارسنج ازدیاد فشار را حس کرده و فرمانی به محرک فرکانس پمپ میفرستد. پمپهای چیلر با سرعت ثابت، دبی ثابت برای بار چیلر انتخاب شده اند. دمای ورودی و خروجی چیلر به ترتیب ۵۵ و ۴۵ درجه فارنهایت است.



شکل ۳-۱۵ سیستم با جریان متغیر آب

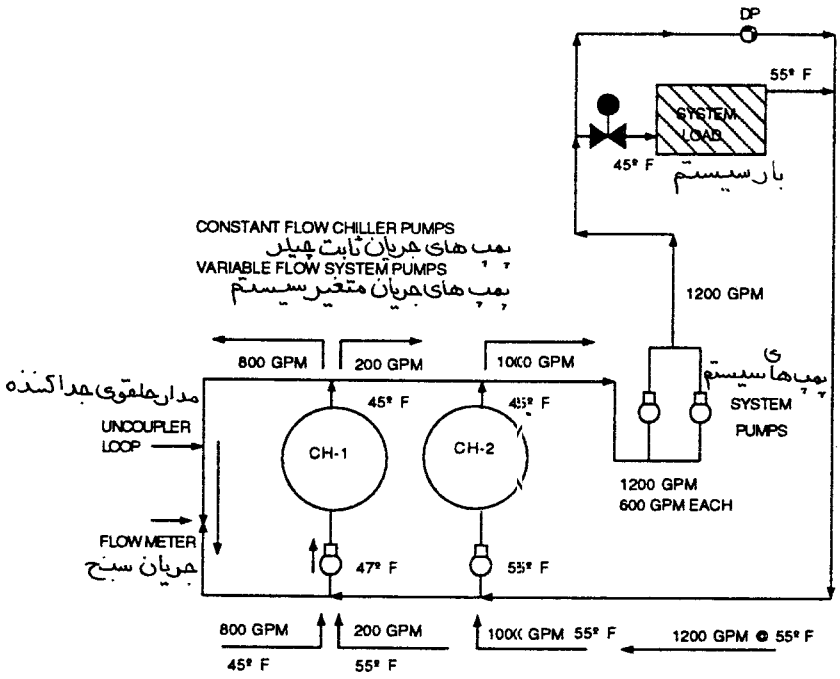
مثال ۱-۱۵ : شکل ۴-۱۵ - بار سیستم کاهش می یابد. شیر دو راهه کویلها شروع به بستن میکنند تا جریان را کاهش دهند و اختلاف دما را در ۱۰ درجه فارنهایت ثابت نگهدارند. سنسور اختلاف فشارسنج بالا رفتن فشار سیستم را حس کرده و فرمانی به محرک فرکانس متغیر پمپ میفرستد تا سرعت موتور و پمپ مربوطه کاهش یابد. برای اینکه جریان با بار سیستم مطابقت نماید، پمپ جریان را به ۱۵۰۰ گالن در دقیقه کاهش میدهد. آب با دمای ۴۵ درجه فارنهایت وارد کویل شده و با ۵۵ درجه خارج میگردد. آبی که وارد مدار چیلرها میشود، ۱۵۰۰ گالن در دقیقه با دمای ۵۵ درجه فارنهایت است. پمپ چیلر شماره ۲ اولین پمپی است که آب به آن میرسد. این یک پمپ با دور و دبی ثابت است و ۱۰۰۰ گالن در دقیقه میدهد. از ۱۵۰۰ گالن رسیده، ۱۰۰۰ گالن آب با ۵۵ درجه فارنهایت به چیلر شماره ۲ میرود و مابقی آن (۵۰۰ گالن) به چیلر شماره ۱ میرسد. پمپ چیلر شماره ۱ نیز یک پمپ از نوع دور و دبی ثابت است و برای ۱۰۰۰ گالن در دقیقه تنظیم شده است. به این پمپ ۵۰۰ گالن در دقیقه و با دمای ۵۵ درجه فارنهایت میرسد. همچنین ۵۰۰ گالن در دقیقه با دمای ۴۵ درجه فارنهایت از مدار جداکننده (uncoupler loop) دریافت میکند. نتیجه اختلاط این است که آب با ۵۰ درجه فارنهایت وارد چیلر شماره ۱ میشود. این چیلر زودتر خاموش میشود زیرا بار آن ۵ درجه کاهش یافته (۴۵-۵۰). چون مقاومت در مدار جداکننده کمترین مقدار را دارد آب در آن به جریان می افتد.



شکل ۴-۱۵ سیستم با جریان متغیر آب

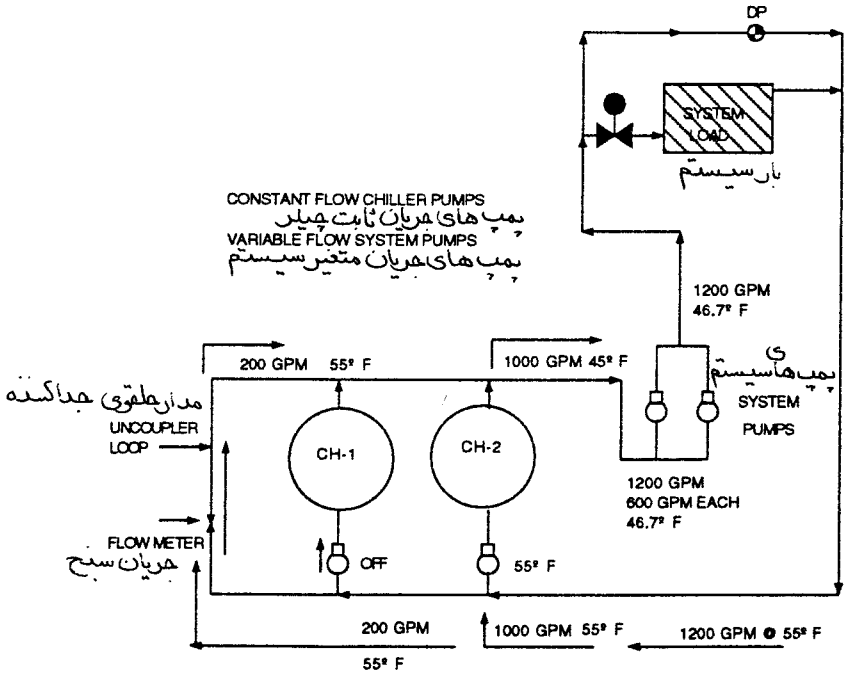
مثال ۲-۱۵ : شکل ۵-۱۵ - بار سیستم باز هم کاهش می یابد. شیرهای کنترل دو راهه کویل برای ثابت ماندن اختلاف دما در ۱۰ درجه فارنهایت شروع به بستن میکنند تا مقدار جریان آب در کویل کاهش یابد. سنسور اختلاف فشارسنج ازدیاد فشار سیستم را حس کرده و فرمانی به محرک فرکانس متغیر پمپ میفرستد تا سرعت موتور و پمپ مربوطه کاهش یابد. برای تطبیق با افت بار، پمپ، جریان سیستم را به ۱۲۰۰ گالن در دقیقه کاهش میدهد. آب با ۴۵ درجه فارنهایت وارد کویل میشود و با ۵۵ درجه فارنهایت خارج میگردد. آبی که از آب سردکننده به مدار چیلرها میرسد، ۱۲۰۰ گالن در دقیقه با دمای ۵۵ درجه فارنهایت است.

از ۱۲۰۰ گالن ، ۱۰۰۰ گالن آن با ۵۵ درجه وارد چیلر شماره ۲ میشود. ۲۰۰ گالن آب در دقیقه باقیمانده در ۵۵ درجه فارنهایت به چیلر شماره ۱ میرود. چیلر شماره ۱، ۸۰۰ گالن آب در دقیقه در دمای ۴۵ درجه فارنهایت از مدار جداکننده دریافت میکند. نتیجه اختلاط این است که آب با ۴۷ درجه فارنهایت وارد چیلر شماره ۱ میشود. چیلر شماره ۱ زودتر خاموش میشود زیرا بار آن ۲ درجه کاهش یافته است. در این نقطه (یا نقاط دیگر که بنا به نیاز تنظیم شده است)، چیلر شماره ۱ به پمپ خود فرمان میدهد که خاموش شود زیرا دمای ورودی به چیلر کاهش یافته است. چیلری که نزدیکتر به حلقه جداکننده قرار داشته باشد زودتر خاموش میشود. اگر سیستمی چهار چیلر داشته باشد که از سمت چپ شماره گذاری شده باشند، ترتیب خاموش شدن چیلرها CH-۱، CH-۲، CH-۳، CH-۴، خواهد بود. در زمان راه افتادن مجدد ترتیب روشن شدن آنها ۴ ،۳ ،۲ ،۱ خواهد بود.



شکل ۵-۱۵ سیستم با جریان متغیر آب

پمپهای سیستم (شکل ۶-۱۵)، ۱۲۰۰ گالن آب در دقیقه را به جریان می اندازند. ۱۰۰۰ گالن آن در ۴۵ درجه فارنهایت از چیلر شماره ۲ و ۲۰۰ گالن آن در ۵۵ درجه فارنهایت از مدار جداکننده میگذرد. جهت جریان مدار جداکننده برعکس شده است (چون مسیری با کمترین افت است). دمای آب خروجی از سیستم حدود ۴۶/۷ درجه فارنهایت است. وقتی بار سیستم افزایش می یابد، اختلاف فشارسنج (DP) برای اینکه نقطه تنظیم خود را ثابت نگهدارد فرمانی به محرک فرکانس متغیر میفرستد تا جریان را زیاد بکند. جریان سنج مدار جداکننده جریان بیش از نقطه تنظیم خود را (در این مثال ۲۰۰ گالن در دقیقه) حس میکند و فرمانی برای روشن کردن پمپ چیلر شماره ۱ میفرستد. وقتی سیستم کنترل چیلر تایید کند که پمپ با جریان ۱۰۰۰ گالن در دقیقه کار میکند، چیلر وارد مدار میشود (فصل ۱۰).



شکل ۶-۱۵ سیستم با جریان متغیر آب

موتورها

موتورهایی که در تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع استفاده میشوند، عموماً تک فاز یا سه فاز و از نوع موتورهای القایی جریان متناوب میباشند. اندازه موتور تعداد فاز آن را معین میکند. موتورهای کوچک ۱/۲ اسب بخار و کوچکتر تک فاز و موتورهای بزرگتر از برق سه فاز استفاده میکنند. موتورهای سه فاز به تک فاز مزیت دارند چون ۱) موتورهای سه فاز ۱۵۰ درصد بیش از موتورهای به همان اندازه، ولی تک فاز ظرفیت دارند ۲) هزینه اولیه موتورهای سه فاز کمتر است و در کل عملکرد بهتری از تک فازها دارند.

روی اکثر موتورها پلاک مشخصات پرچ شده است. بعضی موارد استثناء وجود دارد، مانند موتورهای کوچک فن تخلیه هوای توالتها. ممکن است به مرور زمان پلاک مشحصات افتاده یا روی آن رنگ خورده باشد. مهمترین اطلاعات پلاک مشخصات ، نام سازنده، توان مصرفی، تعداد فاز، ولتاژ، آمپر مصرفی، دور در دقیقه و فاکتور سرویس است.

واژه های صنعت موتور - در اینجا تعدادی از این واژه ها را تعریف میکنیم: اسب بخار (hp) واحد توان است. یک اسب بخار معادل ۷۴۶ وات است. توان حقیقی (bhp) قدرتی است که برای به گردش درآوردن محور هر دستگاه متحرکی باید به محرک آن وارد شود. فاز (PH) تعداد ولتاژ تغذیه کننده موتور است. ولتاژ پلاک مشخصات (volt یا V)، و آمپر پلاک مشحصات (جریان) یا آمپر بار نامی (a, amps, fla)، ولتاژ کار نامی و آمپر کل نامی در توان یاد شده میباشد. بیشتر موتورهایی که در تاسیسات تهویه مطبوع استفاده میشوند دو ولتاژی هستند، برحسب نوع سیم کشی، ممکن است از هرکدام از ولتاژهای نامبرده استفاده شود. بعنوان مثال موتورهای تک فاز ممکن است با ولتاژ ۱۱۰/۲۲۰ یا ۱۱۵/۲۳۰ کار کنند. موتورهای سه فاز ممکن است با ولتاژهای ۲۲۰/۲۴۰ ، ۲۳۰/۴۶۰، ۲۴۰/۴۸۰

کار کنند. یک موتور با ولتاژ دوگانه، دو آمپر مصرف هم دارد. مثلاً یک موتور سه فاز با قدرت ۶۰ اسب بخار دو ولتاژی، ولتاژ ۲۳۰/۴۶۰ و آمپر ۱۴۰/۷۰ دارد. این بدان معنی است که اگر سیم کشی موتور برای ۲۳۰ ولت باشد، جریان الکتریکی بار نامی آن ۱۴۰ آمپر خواهد بود. توجه کنید که ولتاژ و آمپر با هم نسبت عکس دارند. بعبارت دیگر اگر ولتاژ دو برابر شود آمپر مصرفی نصف میگردد.

سرعت حک شده روی پلاک مشخصات موتورهای الکتریکی تعداد دور در دقیقه ای است که موتور در قدرت نامی دارد.اگر ولتاژ کمی نوسان داشته باشد، سرعت هم تغییرمیکند.بعضی از موتورها دو یا چهار سرعته هستند. سرعت موتور را میتوان با اتصال سیم پیچی آن عوض کرد. دیاگرام سیم کشی موتور معمولاً روی بدنه نشان داده شده است.

موتورها اساساً دو سیم پیچی دارند. یکی حلقه سیم پیچی ثابت بیرونی است که از شمش فولاد درست شده و استاتور (stator) نامیده میشود. دیگری روتور (rotor) است که در واقع یک هسته دوار استوانه ای است که بوسیله فاصله هوایی (air gap) از استاتور جدا شده است. اصطلاح دیگری که روی موتور کمپرسورها معمولاً دیده میشود «آمپر قفلی روتور» (locked rotor amperage) است که خلاصه آن LRA است. آمپر قفلی، جریان الکتریکی راه اندازی موتور از حالت سکون در ولتاژ نامی است. این جریان معمولاً ۵ تا ۶ برابر جریان بار نامی است. بنابراین توصیه میشود زمانیکه جریان بوسیله آمپرمتر آنالوگی اندازه گیری میشود که چند مقیاس درجه بندی شده دارد، اول از مقیاس بالا استفاده شود تا به تدریج که آمپر پایین می آید در مقیاس میانی قرار گیرد. این یادآوری در مورد اندازه گیری ولتاژ با ولتمتر آنالوگی نیز صادق است.

فاکتور سرویس (service factor) - عددی است که در توان و آمپر نامی ضرب میشود تا حداکثر بار ایمن و مجازی که موتور میتواند در ولتاژ و فرکانس نامی بدهد بدست بیاید. مثلاً اگر موتور ۵۰ اسبی ، فاکتور ۱/۱۰ داشته باشد، به این معنی است که موتور میتواند با ایمنی کامل تا ۵۵ اسب بخار هم کار کند (۵۰x۱/۱۰). فاکتور سرویس معمول ۱/۱۰ ، ۱/۱۵ و ۱/۲۵ است.

ممکن است اصطلاح «تک فاز شدن» را شنیده باشید. این حالتی است که یک قاز موتور سه فاز قطع شده باشد. در این وضعیت موتور را نمیتوان راه اندازی کرد، ولی اگر در حال کار باشد و یک فاز شود با توان کمتر و احتمال گرم شدن بیش از حد (Overheating) به کار خود ادامه میدهد.

بدنه موتور (motor enclousure) - شناخت بدنه موتورهای تاسیسات تهویه مطبوع نیز اهمیت دارد. موتور «حفاظت شده باز» یا بطور خلاصه موتور «باز» موتوری است که در آن گذر هوا برای خنک کردن پیش بینی شده است. موتور «کاملاً بسته» موتوری است که مخصوص کار در فضای خیس (مانند برج خنک کن) ساخته شده و در واقع ضد نفوذ آب است. موتور «ضد انفجار» موتوری است که بدنه آن اجازه نمیدهد جرقه به بیرون راه یابد زیرا امکان دارد فضای که موتور در آن قرار دارد مواد قابل انفجار داشته باشد.

حداکثر افزایش دمای مجاز موتورهای باز زیر بار نامی ۱۰۴ درجه فارنهایت بیش از دمای محیط است. موتورهای کاملاً بسته و ضد انفجار افزایش دما تا ۱۳۱ درجه فارنهایت را تحمل میکنند. عدد حداکثر دمای مجاز داخلی موتور هم روی پلاک مشخصات آن داده میشود. حداکثر دمای داخلی ممکن است بیش از ۲۰۰ درجه فارنهایت باشد. اما، حتی اگر موتور بیش از حد گرم نشده باشد و دمای بدنه آن زیر ۲۰۰ درجه فارنهایت باشد، ممکن است موتور اینقدر گرم باشد که نتوان با دست آن را لمس کرد. بنابراین اگر نتوانیم دست خود را روی بدنه موتور نگهداریم الزاماً این بدان معنی نیست که موتور بیش ار حد گرم شده است.

نگهداری موتورها

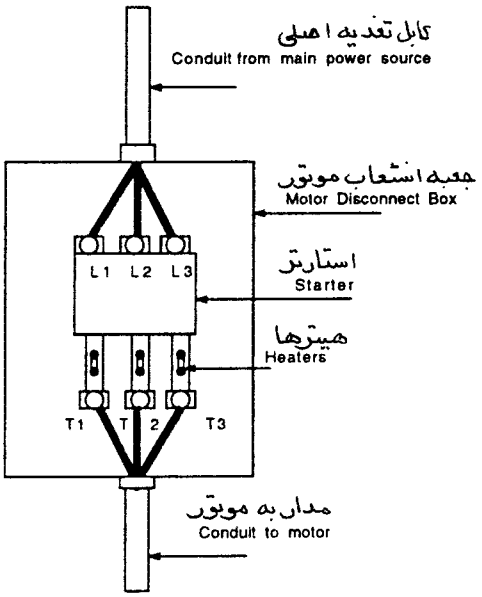
نگهداری موتورها در روغنکاری درست یاتاقانها و تمیز کردن آن از گرد و خاک و رطوبت خلاصه میشود.

اندازه گیری توان

برای اینکه بدانیم موتور در حالت اضافه بار (overload) کار میکند یا نه اندازه گیری توان حائز اهمیت است. در کارگاه معمولاً از وسایل سنجش چند منظوره قابل حمل استفاده میشود که قادرند جریان یا آمپراژ، ولتاژ یا مقاومت (اهم) را اندازه گیری کنند. چند نوع از این وسایل سنجش الکتریکی وجود دارد که قادرند هم زمان نقش آمپرمتر، اهم متر و ولت متر را ایفا کنند. گرچه اکثر این وسایل چند منظوره قادرند ولتاژ ، جریان و مقاومت را اندازه گیری کند، ولی معمولاً از ولت - اهم - آمپرمتر نوع «clamp-on» برای اندازه گیری ولتاژ و جریان استفاده میشود. از ولت - اهم برای اندازه گیری ولتاژ و مقاومت استفاده میشود. علاوه بر ولتاژ و جریان موتور، ممکن است لازم باشد ضریب توان را نیز اندازه بگیرید. این اندازه گیری بوسیله ضریب فاکتور سنج دستی نوع «clamp-on» انجام میشود.

اندازه گیری ولتاژ

با استفاده از ولتمتر که در واقع اختلاف پتانسیل (اصطلاح دیگر برای ولتاژ) بین فازهای یک موتور سه فاز را میخواند، اندازه گیری ولتاژ انجام میشود. برای موتور تک فاز،اختلاف پتانسیل بین فاز و نول (neutral) اندازه گیری میشود. بهتر اســت که ولتاژ فاز به فاز از چــپ به راســت خوانده شود (شکل ۷-۱۵) یعنی L_1 به L_2 ، L_2 به L_3، L_3 به L_1 ، (L مخفف line یا ولتاژ خط است). ولتاژ دقیق در جعبه تقسیم موتور خوانده میشود. اما از لحاظ ایمنی بهتر است که اندازه گیری ولتاژ در تابلوی برق یا جعبه انشعاب صورت گیرد. ولتاژ اندازه گیری شده باید در حدود ±۱۰ درصد ولتاژ پلاک مشخصات باشد. موتوری که ولتاژ نامی آن ۲۳۰ ولت است ، ولتاژ اندازه گیری شده باید مثلاً ۲۲۸، ۲۳۵ و یا ۲۲۵ باشد. این موتور قابل قبول است زیرا ولتاژ آن در حد ±۱۰ درصد ۲۳۰ ولت (۲۰۷ تا ۲۵۳) است. اگر ولتاژ موتور در حد قابل قبول نباشد، مسئولین را مطلع سازید.



شکل ۷-۱۵

معمولاً ولتاژ فاز به فاز موتور سه فاز با هم یکسان نیست و در واقع عدم تعادل ولتاژ وجود دارد. هرگاه ولتاژ نامتعادل باشد، جریان هم نامتعادل است و مقدار آن ممکن است ۱۰ برابر نامتعادلی ولتاژ باشد. در این صورت موتور گرمتر از حد طراحی خود کار میکند. اگر مقدار نامتعادل زیاد باشد، عمر مفید موتور را کاهش میدهد. حداکثر نامتعادلی ولتاژ مجاز برای یک موتور سه فاز دو درصد است. برای اطلاعات بیشتر به فصل هشتم مراجعه کنید.

اندازه گیری جریان موتور

جریان موتور معمولاً بوسیله یک آمپرمتر نوع «clamp-on» اندازه گیری میشود. همانند اندازه گیری ولتاژ، اندازه - گیری جریان الکتریکی باید برای تمام فازها انجام شود و همانند آن بهتر است از سمت چپ به راست (شکل ۱۵-۷) خوانده شود. مثلاً T_1 به T_2 ، T_3 به T_1 ، T_2 به T_3 ، ($\mathbb{T}$ مخفف ترمینال terminal است). برای مدار تک فاز فقط یک بار اندازه گیری صورت میگیرد، این اندازه گیری ممکن است برای سیم فاز یا سیم نول (neutral) انجام شود. دقیق ترین اندازه گیری جریان در جعبه تقسیم امکان پذیر است ولی برای ایمنی بیشتر بهتر است این کار در تابلو برق یا جعبه انشعاب موتور انجام شود.

آمپر اندازه گیری شده هر فاز نباید از مقدار جریان پلاک مشخصات بیشتر باشد. اما اگر اینچنین است یکی از کارهای زیر را انجام دهید:

موتور فن

- اگر مقدار اندازه گیری شده جریان بیش از مقدار پلاک مشخصات ولی در حدود فاکتور سرویس و ولتاژ نامی است، سرعت بادزن را کم کنید یا دمپر اصلی هوا را ببندید تا آمپر پایین بیاید.
- اگر مقدار اندازه گیری شده جریان بیش از مقدار پلاک مشخصات و خارج از حدود فاکتور سرویس است، فوراً بادزن را خاموش کرده و افراد مسئول را مطلع سازید. یک استثناء وجود دارد و آن مواقعی است که دستگاه اتاق حساس مانند اتاق تمیز یا اتاق عمل را تغذیه میکند. در این صورت باید گذاشت فن به کار خود ادامه دهد و فوراً پرسنل مسئول را خبر کرد.

موتور پمپ

- اگر مقدار اندازه گیری شده بیش از مقدار پلاک مشخصات ولی در حدود فاکتور سرویس و ولتاژ نامی است، با بستن شیر خروجی آمپر را پایین بیاورید تا در حد مقدار پلاک مشخصات و یا کمتر از آن بشود.
- اگر مقدار آمپر اندازه گیری شده بیش از مقدار پلاک مشخصات و خارج از حدود فاکتور سرویس است، فوراً پمپ را خاموش کرده و پرسنل مسئول را با خبر سازید. چنانچه پمپ برای تغذیه دستگاه اتاقهای حساس استفاده میشود، فقط فوراً پرسنل را با خبر سازید ولی دستگاه را خاموش نکنید.

ضریب توان (power factor)

ضریب توان معمولاً در تابلو کنترل یا جعبه انشعاب موتور اندازه گیری میشود و از یک ضریب فاکتور سنج نوع "clamp-on" دیجیتال یا آنالوگ استفاده میشود. ضریب توان فقط برای یک فار موتور تک فاز و تمام فازهای موتور

سه فاز القایی اندازه گـیری میشود. برای موتورهای ســه فــاز توصیـه میشود ضریب توان از سمت چپ به راست اندازه گیری شود.

کنترل موتور

وسایل خاموش و روشن کردن موتورها در سه رده دسته بندی میشوند. راه انداز دستی، کنتاکتورها و راه اندازی مغناطیسی .

- راه اندازهای دستی اساساً یک کلید مخصوص با حفاظت بار بیش از حد (over load) میباشد. آنها معمولاً برای موتورهای ۱۰ اسب و کوچکتر استفاده میشوند. راه اندازهای دستی در نزدیکی موتور نصب میشوند.
- کنتاکتورها ابزار الکترومکانیکی هستند که برای کنترل موتور یک کنتاکت را «باز» یا «بسته» میکنند. برخلاف راه اندازهای دستی، کنتاکتورها میتوانند دور از موتور نصب شوند و یا بصورت خودکار عمل کنند.
- راه اندازهای مغناطیسی (شکل ۷-۱۵) کنتاکتورهایی هستند که به یک رله حفاظت با بار بیش از حد مجهز هستند. گاهی به آنها «ماگها mags» یا « راه انداز ماگ» میگویند.

حفاظت موتور از بار بیش از حد

اگر به موتور بیش از حد بار وارد شود و یا یکی از فازهای مدار سه فاز قطع شود (تک فاز شدن)، جریان عبوری از موتور زیاد میشود و overloading اتفاق میافتد. اگر زمان گذر این جریان خیلی طول بکشد یا مقدار آن خیلی بیش از حد جریان بار نامی موتور باشد، سیم پیچی موتور بیش از حد گرم خواهد شد که در این صورت عایق موتور آسیب دیده و موتور میسوزد. برای حفاظت از وارد شدن بار بیش از حد، ابزار حفاظت حرارتی باید نصب شود. موتورهای تک فاز معمولاً حفاظت اضافه بار حرارتی را در خود دارند. این وسیله ازدیاد دما را حس کرده و دستور قطع مدار را میدهد. بعد از اینکه رله حرارتی خنک شد با کلید خودکار یا دستی فرمان راه اندازی مجدد موتور (reset) داده میشود. برای انواع دیگر موتورهای تک فاز و سه فاز باید از حفاظت بار بیش از حد که در خارج از آنها نصب میشود استفاده نمود. به ابزار حفاظت بار بیش از حد بار حرارتی خارج از موتور گاهی «هیتر» یا «حرارتی» میگویند (شکل ۷-۱۵). این ابزار در راه اندازی اولیه موتور و شناخت ساختمان آن باید مورد بازرسی قرار گیرند. برای شناسایی هیترها معمولاً از اعداد یا حروف استفاده میشود. در سرپوش جعبه انشعاب موتور معمولاً جدولی برای شناسایی هیترها و آمپر آنها دیده میشود (فصل هشتم).

فصل شانزدهم - بهسازی سیستمهای یک منطقه ای، با کویل دوباره گرمکن، چند منطقه ای و دو کانالی

(Retrofitting Single Zone, Terminal Reheat, Multizone and Dual Duct Systems)

این فصل سیستمهای هوارسانی مرکزی، اکونومایزر در هوارسانی، کویل دوباره گرمکن، چند منطقه ای، دو کانالی و اهداف طرح آنها را شرح میدهد. جزئیات بهره برداری از این سیستمها منجمله کنترل جریان هوا، کنترل جریان آب و کنترل سیستم مبرد به بحث گذاشته میشود و در نهایت نحوه بهینه سازی و بهسازی آنها، برای رسیدن به عملکرد بهتر و بهبود شرایط آسایش افراد و کم کردن مصرف انرژی تحلیل میگردد. در این فصل مواردی مانند کم کردن یا حذف سیستمهای سرد کردن و گرم کردن همزمان ، کم کردن یا حذف نشتی کانال، کم کردن یا حذف سیستمهای پرقدرت (overpower) و کم کردن یا حذف اتلاف گرما مورد مطالعه قرار میگیرد. این فصل به بازسازی سیستمهای هوارسانی با حجم متغیر نیز میپردازد. چون هر ساختمان و تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع آن یکتا و یگانه است، ممکن است راههای دیگری برای بهسازی هم وجود داشته باشد. با استفاده از رهنمودهای عمومی این فصل راه حل مناسب ساختمان خود را بیابید.

رهنمودهای عمومی برای بهبود مصرف انرژی

- سیستم را بخوبی بشناسید.
- سیستم را برای یافتن راههای انجام پنج مورد زیر بررسی کنید:

- خاموش کردن (turn off)، کاهش دادن (turn down)، همساز کردن (tune up)، بازدهی (turn around) و آرایش کردن (tear out).

بعنوان مثال :

خاموش کردن - یک ساعت کارکرد نصب کنید.

کاهش دادن - سرعت بادزن را کم کنید.

همساز کردن (Tune Up) - خازن اضافه کنید.

بازدهـــــی - سیستم بازیافت گرما نصب کنید.

آرایش کردن - یک سیستم نو بگذارید یا اجزای تشکیل دهنده سیستم را نو کنید.

برخی روشهای کاربرد موارد پنجگانه بالا:

- یک رله تاخیری یا سیستم مدیریت انرژی نصب کنید تا وقتی فضا در حال استفاده نیست، بادزن را خاموش کند یا اینکه بار بتواند کاهش یابد یا بادزن خاموش و روشن شود.
- دمپرها را تنظیم کنید که بطور کامل و بدون نشتی ببندند. در صورت لزوم واشر، یا گیره انتهایی (end stop) و گیره پهلویی (side stop) نصب کنید.
- اگر محرک دمپر قادر نیست آن را بطور کامل ببندد، محرک را عوض کنید.
- کلید وضعیت حداقل را طوری تنظیم کنید که فقط مقدار هوای تازه مورد نیاز را تامین کند. اغلب مواقع ممکن است از این کلید استفاده نشود و سیستم بصورت کنارگذر (bypass) عمل کند زیرا نشتی از دمپر هوای تازه معمولاً حداقل نیازهای تهویه (ventilation) را پاسخ میدهد. از دیگر کارهایی که میتوان انجام داد این است که کانال هوای تازه طوری اصلاح شود که مقدار هوای خارج مورد نیاز را تامین کند. دمپر جداگانه برای هوای تازه در نظر بگیرید و نصب کنید.
- محاسبات مقدار هوای رفت را دوباره بازبینی کنید.
- اثر سیستم "system effect" را با تغییر اتصال کانال ورودی و خروجی کاهش دهید تا به شرایط تست بادزن نزدیک شود.
- کویلها را تمیز کرده و روی فینها (Fins) شانه بکشید.
- افت فشار دو طرف فیلتر را کم کنید . فیلترها را تمیز کنید. اگر امکان دارد فیلتر با افت فشار کمتر نصب کنید.
- اگر اختلاط هوای بیرون و هوای برگشت خوب صورت نمیگیرد، وضعیت دمپرها را اصلاح کنید یا پره های هدایت کننده (baffles) نصب کنید تا اختلاط هوا بهبود یافته و دما یکنواخت شود.
- تمام اجزای سیستم کنترل را تعمیر کنید و یا اگر از تنظیم خارج شده دوباره کالیبره کنید.

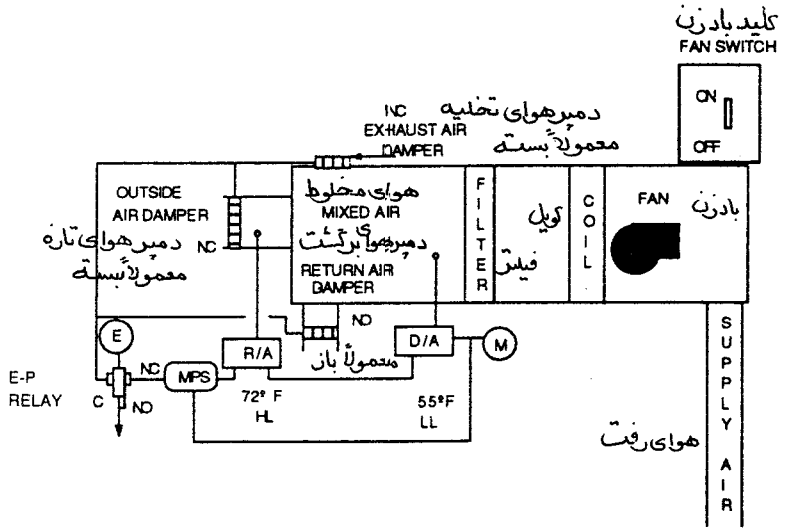
- ترموستاتهای اتاق را از نوع «دامنه مرده (deadband)» انتخاب کنید تا کمترین دمای گرمایی و بیشترین دمای سرمایی را در حدود شرایط آسایش فراهم آورد.
- دامنه کار فنر محرک شیرهای گرمایی و سرمایی را بازرسی کنید تا مطمئن شوید که عمل گرم کردن و سرد کردن همزمان اتفاق نمی افتد.
- اگر دامنه فنرها همپوشانی (overlap) دارد، محرک شیرها را عوض کنید.

بهینه سازی تهویه و کنترل آن

در ساختمانهای تجاری و صنعتی ، مقدار مشخصی هوای تازه برای تهویه لازم است. بسته به نوع کاربرد ساختمان حدود آن بین ۱۵ الی ۴۰ فوت مکعب در دقیقه برای هر نفر است. در بعضی از کاربردها مانند بیمارستان و آزمایشگاههای شیمی که ممکن است خطر آلوده بودن هوا وجود داشته باشد، از سیستم هوارسانی با صد در صد هوای تازه استفاده میشود.

گرچه با کانال مجزا امکان تزریق هوای تازه به فضا وجود دارد ولی اغلب دستگاهها هوای تازه و برگشت را مخلوط کرده و با هم به فضای مورد نظر میرسانند (شکل ۱-۱۶) . مخلوط کردن هوا موجب صرفه جویی در مصرف انرژی گرمایی و سرمایی میشود. به مخلوط هوای برگشت و هوای بیرون هوای مخلوط میگویند. به مقدار هوایی که به دستگاه برگشت نمیشود و مستقیماً به خارج میرود هوای تخلیه میگویند. به نحوه کنترل هوای برگشت، هوای تازه، هوای تخلیه و هوای مخلوط «کنترل هوای مخلوط» میگویند که بنام «کنترل اکونومایزر» هم خوانده میشود. ترموستات با حد پایین هوای مخلوط (نقطه تنظیم معمولاً ۵۵ درجه فارنهایت)، دمپر هوای تازه، دمپر هوای برگشت و دمپر هوای تخلیه را طوری تنظیم میکند که دمای هوای مخلوط دلخواه بدست آید. به این سیستم کنترل ممکن است کلید وضعیت حداقل، حد بالای دمای هوای بیرون و حد پایین گرم کردن صبحگاهی اضافه شود تا سیستم «اکونومایزر» بهتر کار کند و سیستم اقتصادی تر شود.

اگر بدرستی کنترل شود، از هوای بیرون میتوان برای گرم کردن ، سرد کردن یا اضافه کردن رطوبت فضاهای داخل ساختمان استفاده نمود. بعلاوه هوای تازه قادر است در اتاق مورد نظر فشار مثبت ایجاد کند. این فشار مثبت از مقدار هوای نفوذی (infiltration) به داخل ساختمان میکاهد. ساختمانهای تجاری معمولاً تحت فشار استاتیک ۰/۰۳ الی ۰/۰۵ اینچ ستون آب هستند. از دمپرهای خودکار برای کنترل مقدار هوای تازه ورودی به ساختمان استفاده میشود. معمولاً این دمپرها به محرکهای بادی (pneumatic) مجهزند.



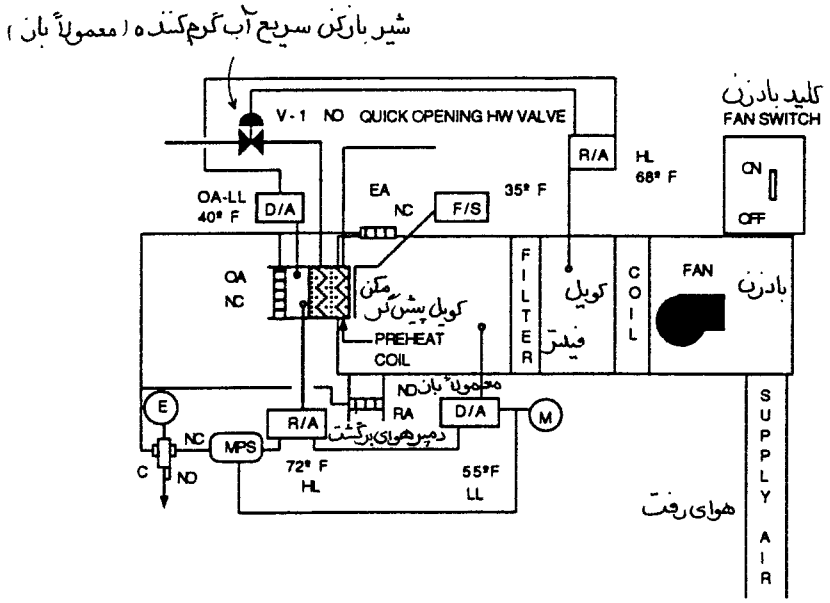
شکل ۱-۱۶

ترتیب کار کنترل (control sequence)

وقتی کلید بادزن روی حالت روشن گذاشته میشود، رله الکتریکی - پنوماتیکی (E-P) تحریک میگردد و باعث حرکت هوای کنترل از دهانه معمولاً بسته و دهانه مشترک به محرک دمپر شده و آن را باز میکند. هر گاه بادزن خاموش شود، رله E-P قطع شده و باعث خروج هوای کنترل از دهانه تخلیه میگردد و در نهایت دمپر هوای تازه بسته میشود و دمپرهای هوای برگشت و هوای تخلیه باز میشوند.

اگر امکان یخ زدگی کویل آبی وجود داشته باشد، یک کویل پیش گرمکن بین دمپر هوای تازه و کویلهای دیگر قرار میگیرد (شکل ۲-۱۶) .

آب گرم کننده از کویل پیش گرمکن میگذرد. یک کنترلر حد پایین هوای بیرون با عمل مستقیم شیر دو راهه دو وضعیتی را کنترل میکند. سنسور کنترلر در هوای آزاد است و نقطه تنظیم آن ۴۰ درجه فارنهایت است. زمانیکه دمای هوای بیرون به ۴۰ درجه فارنهایت میرسد، کنترلر شیر آب گرم (V-1) را باز کرده و آب وارد کویل پیش گرمکن میشود. برای جلوگیری از گرم شدن بیش از حد پلنوم هوای ورودی یک کنترلر حد بالا با عمل معکوس در خروجی کویل یاد شده نصب است که وقتی هوابه ۶۸ درجه فارنهایت میرسد شیرآب گرم کننده را میبندد. یک ترموستات ضدیخزدگی که تنظیم آن ۳۵ درجه فارنهایت است درخروجی کویل پیش گرمکن قرار دارد.اگردمای هوای خروجی از کویل پیش گرمکن زیر ۳۵ درجه فارنهایت برود بادزن خاموش میشود و رله الکتریکی - پنوماتیکی بدون برق شده ودمپر هوای تازه میبندد.



شکل ۱۶-۲

راه حلهای بهینه سازی

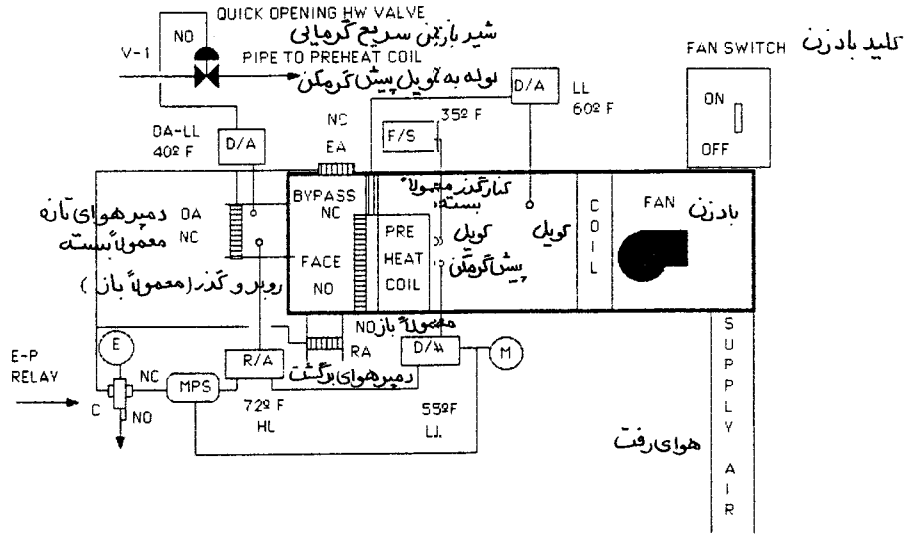
- شیر سه راهه نصب کنید.
- بین شیر (V-1) و کویل پیش گرمکن، یک پمپ (سیرکولاتور) نصب کنید.

شکل ۱۶-۳ یک کویل پیش گرمکن را با دمپر روبرو- کنارگذر (face and bypass) نشان میدهد. یک کنترلر حد پایین که در هوای پایین دست کویل نصب شده است، مقدار هوای عبوری از کویل به پیش گرمکن را کنترل میکند. نقطه تنظیم این کنترلر ۶۰ درجه فارنهایت است. یک کنترلر حد پایین هوای بیرون ، شیر V-1 را کنترل میکند، وقتی دمای بیرون به ۴۰ درجه فارنهایت برسد، شیر باز میشود. وقتی دمای هوای خروجی کویل از نقطه تنظیم کنترلر پایین دست بالاتر برود، کنترلر دمپر روبرو زن را بسته و دمپر کنارگذر را باز میکند تا نقطه تنظیم دلخواه بدست آید.

راه حلهای بهینه سازی

- مطمئن شوید که دمپرها در حالت بسته بدون نشت هستند.

- مطمئن شوید که دمپر در دامنه کاملاً باز تا کاملاً بسته بطور صحیح عمل میکند.
- مطمئن شوید که هوا بعد از کویل پیش گرمکن کاملاً مخلوط شود و تفاوت دما (stratification) وجود نداشته باشد. اگر لازم است از تیغه هایی برای مخلوط کردن هوا استفاده کنید. برای آن که هوا فرصت مخلوط شدن داشته باشد باید بین کویل پیش گرم کن و کویلهای بعدی فاصله کافی باشد.
- امکان بازسازی سیستم را با حذف دمپر روبرو- کنارگذر بررسی کنید و بجای آن شیر سه راهه با پمپ سیرکولاتور بگذارید. در این حالت آب گـرم کننده بطـور دایـم در کویل میچرخد تا دمای لازم بدست آید (به شیر سه راهه فصل ۷ مراجعه شود).



شکل ۱۶-۳

بهبود مصرف انرژی در سیستمهای تک منطقه ای (Energy retrofit for single zone systems)

سیستم تک منطقه ای که درباره آن شرح داده میشود، شامل یک دستگاه هوارسان مرکزی است که شرایط فضا را بوسیله یک ترموستات کنترل میکند. اساس سیستم این است که فضا را بوسیله هوا گرم و تهویه یا گرم، سرد و تهویه کند تا شرایط دلخواه طراحی بوجود آید. کنترل رطوبت نیز ممکن است لازم باشد.

بهینه سازی سیستم کنترل تاسیسات گرمایی

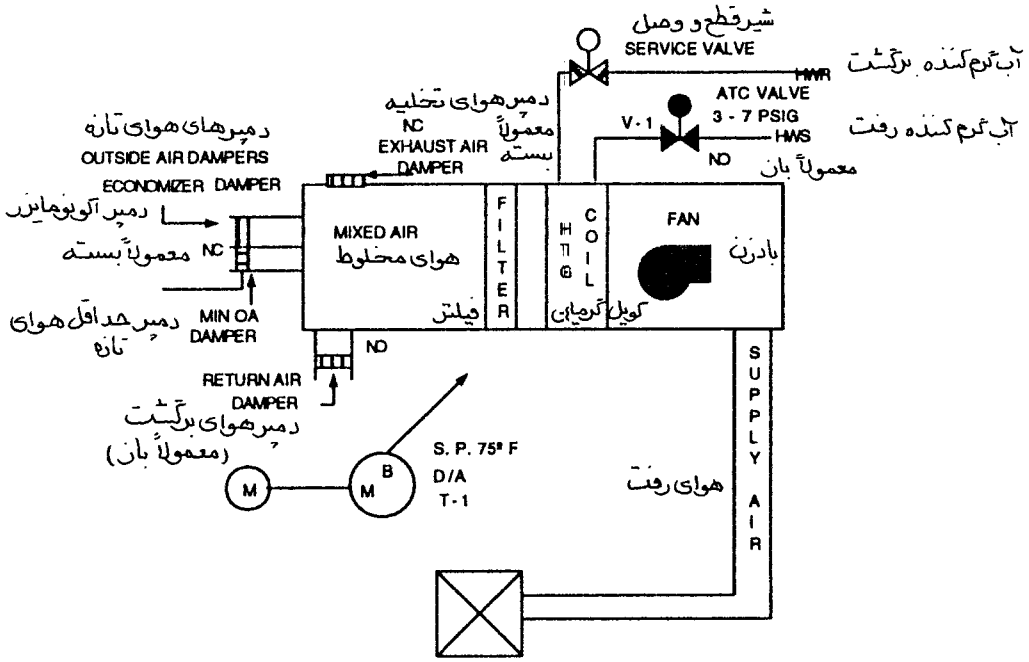
اساس کاربرد گرم کردن در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده است. شیر گرمایی دو راهه (۱-۷) بوسیله ترموستات اتاقی (T-۱) کنترل میشود. دامنه کار فنر محرک شیر ۳ الی ۷ پوند بر اینچ مربع است. شیر از نوع معمولاً باز است. ترموستات اتاقی از نوع عمل مستقیم است و روی ۷۵ درجه فارنهایت تنظیم شده است.

ترتیب کار کنترل (control sequence)

همچنانکه دمای اتاق بالا میرود، ترموستات شیر را می بندد تا مقدار جریان در کویل کمتر شود.

راه حلهای بهینه سازی

- نقطه تنظیم (set-point) ترموستات را پایین بیاورید.
- ترموستات اتاقی را بردارید و آن را با کنترلر دما که در کانال هوای برگشت نصب میشود تعویض کنید. محل کنترلر هرچه ممکن است به فضا نزدیکتر باشد (مثلاً نزدیک دهانه برگشت هوا).
- مطمئن شوید که دامنه کار فنر درست باشد.
- مطمئن شوید که شیر بطور کامل بسته میشود. برای اینکار شیرهای قطع و وصل کویل را بسته و نقطه ترموستات را پایین تر از دمای فضا تنظیم کنید. در این صورت شیر باید بطور کامل ببندد. مستقیماً یا با اندازه گیری دما از عدم گذر آب در شیر مطمئن شوید.
- یک ترموستات خروجی حد بالا بعنوان پس خور (feedback) روی کانال هوای رفت نصب کنید که اختلاف دمای کار کانال و اتاق را کاهش دهد.
- کویل را تمیز کنید.



شکل ۱۶-۴

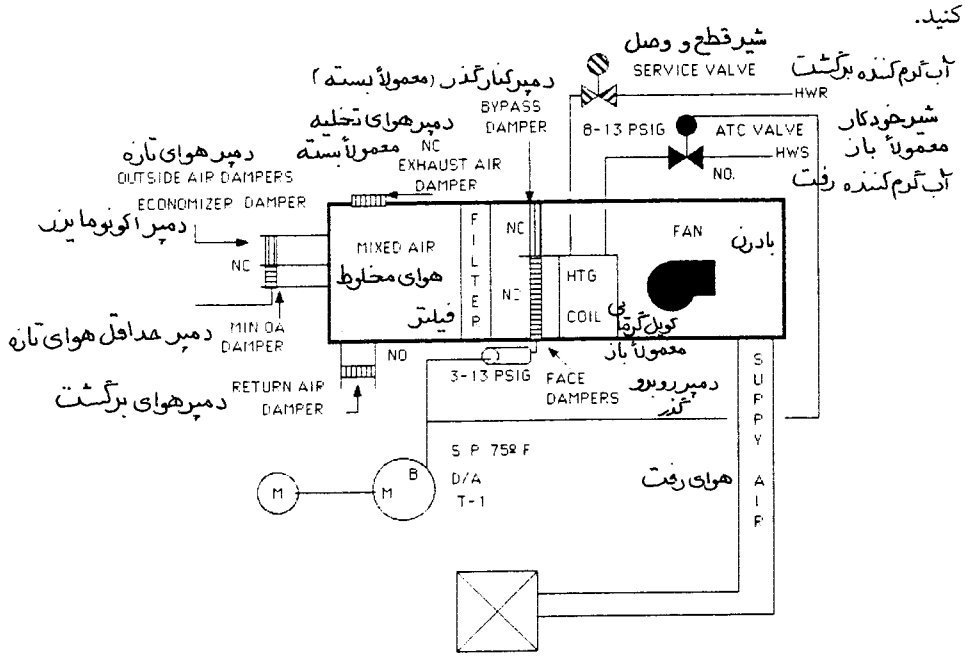
شکل ۱۶-۵ سیستم گرمایی با استفاده از دمپر روبرو- کنارگذر را نشان میدهد که با شیر گرمایی و بوسیله ترموستات اتاق به ترتیب کنترل میشوند. دمپر روبرو- کنارگذر بوسیله محرک با دامنه کار فنر بین ۳ الی ۱۳ پوند بر اینچ مربع کنترل میشود.

ترتیب کار کنترل (control sequence)

اگر فشار هوای (کنترل بادی) از ترموستات کمتر از ۳ پوند باشد، دمپر معمولاً بسته (normally closed) کنارگذر بسته است. دمپرهای روبروزن معمولاً باز به حالت باز و شیر کنترل گرمایی معمولاً باز نیز باز میباشد. همچنانکه دمای اتاق از نقطه تنظیم ترموستات بالاتر میرود، دمپر کنارگذر شروع به باز شدن میکند و دمپر روبروزن به تدریج می بندد. شیر (فشار هوا ۸ الی ۱۳ پوند) بطور کامل باز است. در فشار ۸ پوند، دمپر روبرو- کنارگذر در نقطه میانی دامنه حرکت خود قرار دارد ولی شیر هنوز کاملاً باز است. همچنانکه دمای اتاق بالاتر میرود، دمپرهای کنارگذر بیشتر باز میشوند و دمپرهای روبروزن بیشتر می بندند. حالا شیر شروع به بستن میکند. در فشار ۱۳ پوند، دمپر کنارگذر کاملاً باز، دمپر روبروزن و شیر کنترل کاملاً بسته اند.

راه حلهای بهینه سازی

- نقطه تنظیم ترموستات را پایین تر بیاورید.
- ترموستات را بردارید و بجای آن کنترلر دمای هوای برگشت را تا آنجائیکه امکان دارد نزدیک به فضا نصب کنید (مثلاً در دهانه ورودی هوای برگشت).
- مطمئن شوید که دامنه کار فنر درست باشد.
- مطمئن شوید که شیر بطور کامل می بندد. برای اینکار شیرهای قطع و وصل کویل را بسته و نقطه تنظیم ترموستات را پایین تر بیاورید تا شیرکاملاً ببندد. با گوش فرا دادن و یا بوسیله دما مطمئن شوید که جریانی از شیر عبور نمیکند.
- مطمئن شوید که دمپرها کاملاً باز و کاملاً بسته میشوند. اینکار را میتوان بوسیله مشاهده اختلاف دما یا اختلاف فشار بررسی کرد.
- یک ترموستات حد، بعنوان پس خور (feedback) روی کانال هوای رفت نصب کنید که اختلاف دمای هوا در کانال رفت و هوای فضا را کاهش دهد.
- کویل را تمیز کنید.



شکل ۱۶-۵

بهینه سازی کنترل گرمایی و سرمایی

یک کاربرد تاسیسات گرمایی و سرمایی در شکل ۶-۱۶ نمایش داده شده است. ترموستات اتاقی (T-1) شیر دو راهه (V-۱) کویل گرمایی (HC) را کنترل میکند. دامنه کار فنر محرک شیر ۳ الی ۷ پوند بر اینچ مربع است. شیر گرمایی معمولاً باز است. ترموستات (T-۱) همچنین شیر کنترل دو راهه (V-۲) کویل سرمایی (CC) را کنترل مینماید. دامنه فنر این شیر ۹ الی ۱۳ پوند بر اینچ مربع است. این شیر معمولاً بسته است. ترموستات اتاقی از نوع عمل مستقیم (direct acting) است.

ترتیب کار کنترل (control sequence)

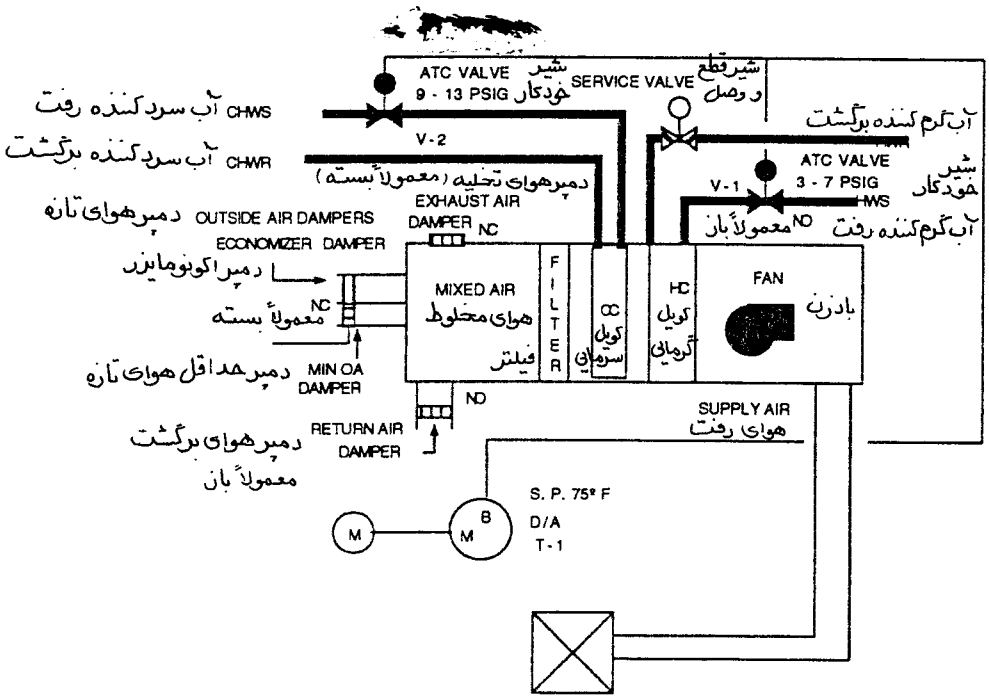
همچنانکه دمای فضا بالاتر از نقطه تنظیم ترموستات میرود، کنترلر به شیرها فرمان میفرستد. وقتی فشار به ۷ پوند بر اینچ مربع میرسد هر دو شیر گرمایی و سرمایی بسته اند. در فشار ۹ پوند بر اینچ مربع شیر گرمایی همچنان بسته است ولی شیر سرمایی شروع به باز شدن میکند و در فشار ۱۳ پوند بطور کامل باز خواهد بود. در فشار بین ۷ و ۹ پوند هر دو شیر بسته اند و در واقع سیستم عمل گرم کردن و سرد کردن انجام نمیدهد. به این مرحله «دامنه مرده» (deadband) میگویند که از گرم و سرد کردن هم زمان جلوگیری میکند و درنتیجه در مصرف انرژی صرفه جویی میشود.

راه حلهای بهینه سازی

- ترموستات را با کنترلر دما که در کانال برگشت نصب میشود تعویض کنید.
- از ترموستات با دامنه مرده استفاده کنید تا پایین ترین دمای گرمایی و بالاترین دمای سرمایی مورد قبول شرایط آسایش بدست آید.
- نقطه تنظیم ترموستات را تا آنجائیکه امکان دارد و میتواند شرایط آسایش را فراهم سازد پایین بیاورید. در کانال برگشت کنترلر دما با عمل مستقیم نصب کنید که شیر آب سرد کننده را تعدیل کند.
- از درست بودن دامنه کار فنر محرکها مطمئن شوید.
- مطمئن شوید که شیرها در حالت بسته کاملاً آببند هستند. شیرهای قطع و وصل کویل گرمایی را ببندید و نقطه تنظیم ترموستات را طوری تغییر دهید که کویل گرمایی کار کند. این کار باعث میشود که شیر کنترل سرمایی

بسته شود. با گوش دادن یا اختلاف دما مطمئن شوید که آب از شیر گذر نمیکند. اگر در کویل آب جریان داشته باشد یا دمای بعد از کویل سرد باشد نشانگر این است که شیر نشت میکند. سپس شیرهای قطع و وصل کویل سرمایی را ببندید و نقطه تنظیم ترموستات را برای کویل سرمایی تغییر دهید. این کار باعث بسته شدن شیر گرمایی و باز شدن شیر سرمایی میشود. گذر آب از کویل گرمایی را بوسیله گوش یا اختلاف دما بازرسی کنید. در این مورد نیز اگر جریان وجود داشته باشد یا آب خروجی کویل گرم باشد، شیر نشت دارد.

- اگر شیرها دامنه همپوشانی دارند (دامنه مرده وجود ندارد) یک رله تاخیری در خط شیر آب سردکننده نصب کنید. (فصل سیزدهم، رله های تقویت و کند کننده)
- کویل را تمیز کنید.



شکل ۶-۱۶

بهینه سازی کار اکونومایزر

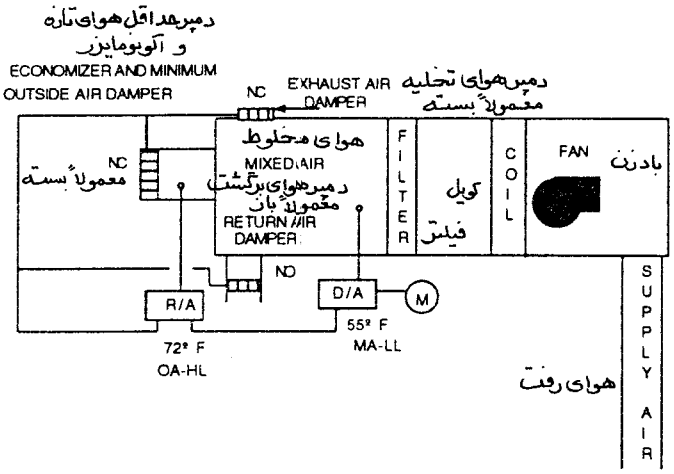
از اکونومایزر هوا در مواقعی که دمای هوای بیرون مناسب است استفاده میشود تا بدون استفاده از تبرید

مکانیکی بتوان فضای مورد نظر را خنک کرد. شکل ۱۶-۷ اساس کار سیکل اکونومایزر با دمای خشک را نمایش میدهد. دمپر هوای تازه معمولاً بسته (OA)، دمپر هوای برگشت معمولاً باز (RA) و دمپر هوای تخلیه معمولاً بسته (EA) همگی بوسیله کنترلر هوای مخلوط با حد پایین (MA-LL) کنترل میشوند. این کنترلر از نوع عمل مستقیم است و نقطه تنظیم آن ۵۵ درجه فارنهایت است. کنترل دیگر این سیستم اکونومایزر یک کنترلر عمل معکوس با حد بالا است (OA-HL) که در هوای آزاد نصب شده و نقطه تنظیم آن ۷۲ درجه فارنهایت است.

ترتیب کار کنترل (control sequence)

وقتی دمای هوا در جعبه اختلاط هوا (mixed air plenum) بالاتر از نقطه تنظیم MA-LL برسد (در این مثال ۵۵ درجه فارنهایت)، کنترلر یک سیگنال خروجی به دمپرهای هوای تازه، برگشت و تخلیه فرستاده و آنها را از حالت معمولی خود خارج میکند. دمپر هوای تازه (OA) و دمپر هوای تخلیه (EA) بسمت باز شدن و دمپر هوای برگشت (RA) بسمت بسته شدن میروند. این ترتیب کنترل تا زمانیکه دمای هوای مخلوط بالاتر از نقطه تنظیم (۵۵ درجه فارنهایت) و دمای هوای بیرون کمتر از نقطه تنظیم (۷۲ درجه فارنهایت) باشد ادامه دارد. زمانیکه دمای هوای بیرون به نقطه تنظیم (۷۲ درجه فارنهایت) میرسد، کنترلر OA-HL سیگنال انشعاب دمپرها را برعکس میکند. دمپرها کاهش فشار را حس کرده و به سمت وضعیت معمولی خود برمیگردند.

این طرح کنترل اکونومایزر که گاهی اکونومایزر «خود جوش (wild)» یا «جزئی (partial)» خوانده میشود میتواند در بعضی از موارد مصرف انرژی را زیاد بکند و شرایط آسایش را بهم بزند.



شکل ۱۶-۷

مثال ۱۰-۱۶ : صبح یک دوشنبه پاییزی است. دمای هوای بیرون ۵۰ درجه فارنهایت است. دمای اتاق ۶۰ درجه فارنهایت است. ساعت ۶ صبح است و time clock بادزن را روشن میکند. دمپر برگشت کاملاً باز میشود و دمپر هوای تازه در وضعیت حداقل باز خود قرار میگیرد، هوا در دستگاه گردش میکند. کنترولر MA-LL دمای ۶۰ درجه فارنهایت را حس میکند. چون این کنترلر برای ۵۵ درجه فارنهایت تنظیم شده، دمپر هوای تازه و هوای تخلیه را باز کرده و دمپر هوای برگشت را میبندد. حالا چون دمای اتاق کمتر از نقطه تنظیم ترموستات است، فرمانی برای باز شدن شیّر گرمایی فرستاده میشود و موجب گرم شدن هوای ۵۰ درجه فارنهایت بیرون میشود.

یک اکونومایزر «جزیی» تمام یا بعضی از کنترلهای زیر را دارد:

- کنترلر عمل مستقیم هوای مخلوط که برای دمای سرمایی تنظیم شده باشد، این کنترلر زمانیکه دمای هوای مخلوط بالاتر از نقطه تنظیم باشد، دمپر هوای تازه و دمپر هوای تخلیه را باز کرده و دمپر هوای برگشت را میبندد.
- کنترلر عمل معکوس قفلی (lockout) هوای بیرون - این کنترلر زمانیکه دمای هوای بیرون بالاتر از نقطه تنظیم آن باشد، کنترلر هوای مخلوط را از خط خارج میکند و باعث میشود که دمپرها به حالت عادی خود برگردند.
- کلید وضعیت حداقل - وقتی بادزن اصلی در حال کار باشد و رله الکتریکی - پنوماتیکی تحریک شود، موتور دمپر حداقل هوای تازه فشار کافی دریافت میکند که نگذارد دمپر هوای تازه کاملاً ببندد. حداقل باز بودن دمپر هوای تازه برای تامین تهویه و یا مثبت کردن فشار هوای اتاق لازم است.
- شیر سه راهه الکتریکی - پنوماتیکی که وقتی بادزن روشن میشود تحریک میگردد. این شیر اجازه میدهد که هوای کنترل از دهانه معمولاً بسته به دهانه مشترک و از آنجا به دمپرها برود. وقتی بادزن خاموش میشود، دهانه معمولاً بسته میبندد و دهانه معمولاً باز باز میشود و هوا از دمپرها تخلیه میگردد تا به وضعیت عادی خود برگردند.

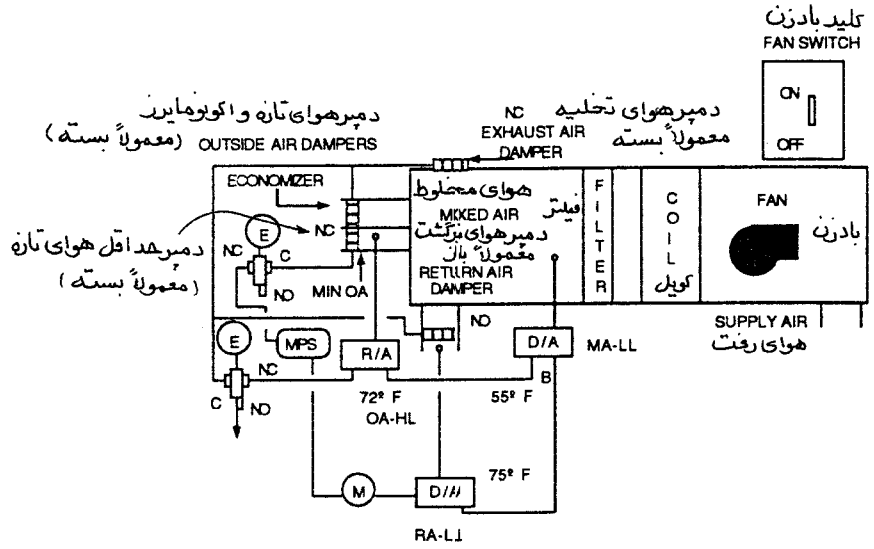
برای اینکه سیکل را به اکونومایزر «کامل» تبدیل کنیم کارهای زیر باید انجام گیرد:

- یک کنترلر هوای برگشت اضافه کنید تا دمپرهای هوای تازه، برگشت و تخلیه را بصورت تعدیلی (modulating) حرکت دهد و کنترل کند. این کنترلر عمل مستقیم هر دو کنترلرهای هوای مخلوط و هوای بیرون را از مدار خارج میکند.

راه حلهای بهینه سازی

- یک کنترلر عمل مستقیم حد پایین هوای برگشت (RA-LL) برای گرم کردن صبحگاهی نصب کنید (شکل ۸-۱۶).

ادامه مثال ۱-۱۶ ، این کنترلر روی ۷۵ درجه فارنهایت تنظیم میشود. اگر دما در کانال برگشت پایین تر از نقطه تنظیم باشد، این کنترلر دمپرها را به حالت عادی خود برمیگرداند یعنی دمپرهای هوای تازه و تخلیه را بسته و دمپر هوای برگشت را باز میکند. این دمپرها تا زمانیکه دما در کانال برگشت بیش از ۷۵ درجه فارنهایت است باقی میماند. پس از اینکه دما به بالاتر از ۷۵ درجه فارنهایت رسید، کنترلر هوای مخلوط و کنترلر هوای بیرون کنترل دستگاه را در دست میگیرند و دمپرها را طبق دمای هوای مخلوط و دمای هوای تازه تعدیل میکنند.



شکل ۸-۱۶

- بجای استفاده از یک دمپر بزرگ بعنوان دمپر حداقل و حداکثر، یک دمپر کوچک جداگانه برای حداقل هوای تازه نصب کنید.
- کلید وضعیت حداقل در مدار نصب کنید (فصل سیزدهم).
- یک کلید الکتریکی - پنوماتیکی نصب کنید که دمپر هوای تازه را وقتی بادزن خاموش میشود، ببندد (فصل سیزدهم).

- مطمئن شوید که دمپرها بدون نشت می بندند. برای اینکه متوجه شوید که عدم بهینه سازی دمپرها چقدر میتواند انرژی هدر دهد به مثال زیر توجه کنید.

مثال ۲-۱۶ : دمپر هوای تازه باز میشود تا ۱۰ درصد کل هوای رفت را تشکیل دهد و بدین ترتیب هوای برگشت ۹۰ درصد کل هوا است. اگر دمای هوای تازه ۶۰ درجه فارنهایت و دمای هوای برگشت ۷۵ درجه فارنهایت باشد، در این صورت دمای هوای مخلوط ۷۳/۵ درجه فارنهایت خواهد بود.

$$MAT = (\%OA \times OAT) + (\%RA \times RAT)$$

که در آن :

MAT = دمای هوای مخلوط

%OA = درصد هـــوای تازه

OAT = دمای هـــوای تازه

%RA = درصد هوای برگشت

RAT = دمای هوای برگشت

$$MAT = (۰/۱ \times ۶۰) + (۰/۹ \times ۷۵) = ۷۳/۵$$

در حالت دیگر اگر دمای هوای تازه ۳۰ درجه و دمای هوای برگشت ۷۵ درجه فارنهایت باشد، دمای هوای مخلوط ۷۰/۵ درجه فارنهایت است.

مقدار هوا در این سیستم ۱۰۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه است. اگر دمای هوای خروجی ۱۰۵ درجه فارنهایت باشد، انرژی گرمایی مورد نیاز ۳۷۲۶۰۰ بی تی یو در ساعت خواهد بود.

$$Btuh = cfm \times ۱/۰۸ \times TD$$

$$Btuh = ۱۰۰۰۰ \times ۱/۰۸ \times (۱۰۵ - ۷۰/۵) = ۳۷۲۶۰۰$$

در حالت بعدی دمپر هوای تازه بجای ۱۰ درصد، ۴۰ درصد باز میشود. اینک دمای هوای مخلوط ۵۷ درجه فارنهایت است $MAT = (۰/۴ \times ۳۰) + (۰/۶ \times ۷۵) = ۵۷$ حالا انرژی مورد نیاز ۴۹۰۸۰۰ بی تی یو در ساعت است.

اینک به سیکل سرمایی نگاهی بکنیم. اگر دمای هوای بیرون ۹۰ درجه فارنهایت و هوای برگشت ۷۵ درجه فارنهایت باشد، دمای هوای مخلوط ۷۶/۵ درجه فارنهایت میشود.

$$MAT = (۰/۱ \times ۹۰) + (۰/۹ \times ۷۵) = ۷۶/۵$$

در این حالت دمپر هوای تازه به جای ۱۰ درصد، ۴۰ درصد باز میشود، دمای هوای مخلوط ۸۱ درجه فارنهایت میشود.

$$MAT = (۰/۴ \times ۹۰) + (۰/۶ \times ۷۵) = ۸۱$$

در این حالت، چیلر باید ۴ تن سرمایی مازاد تولید کند (فقط در بار محسوس) تا بتواند شرایط طرح را فراهم سازد.

$$Btuh = ۱۰۰۰۰ \times ۱/۰۸ \times (۸۱ - ۷۶/۵)$$

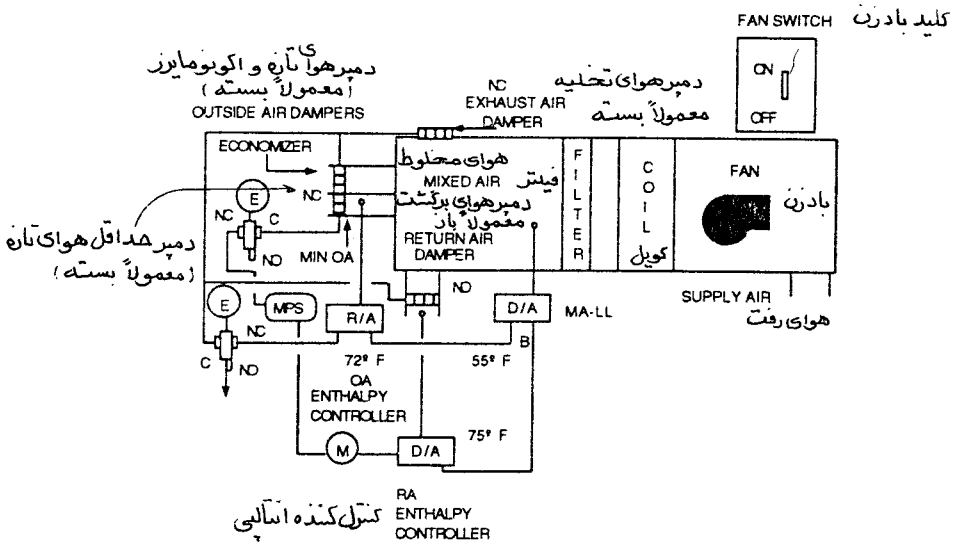
$$=۴۸۶۰۰$$

$$\text{تن سرمایی} = \frac{\text{بی تی یو ساعت}}{\text{بی تی یو در تن ۱۲۰۰۰}}$$

$$= \frac{۴۸۶۰۰}{۱۲۰۰۰} = ۴/۰۵$$

- مطمئن شوید که دمپرهای اکونومایزر از حالت کاملاً بسته تا حالت کاملاً باز بدرستی عمل کنند. اول، یک نقطه از جعبه اختلاط هوا را به فشارسنج استاتیک وصل کنید. بعد به آهستگی دمپرهای اکونومایزر را حرکت دهید. به فشار استاتیک نگاه کنید. این فشار باید با حرکت دادن یکی از دمپرها به حالت باز و دمپر دیگر به حالت بسته نسبتاً ثابت باقی بماند. اگر تغییرات فشار استاتیک زیاد باشد، مشخص است که یکی از دمپرها جلوتر یا عقب تر از دمپر دیگر عمل میکند. اگر حرکت دمپرها یکنواخت و هماهنگ نباشد، جریان هوا نامتعادل شده و ضمن هدر دادن انرژی، راندمان سیکل هم افت میکند (فصل نوزدهم).
- مطمئن شوید که دمپرهای هوای تازه برای حداقل مقدار تنظیم شده باشد، برای این کار یا مقدار هوای تازه را مستقیماً بوسیله پیتوت تیوب اندازه بگیرید یا دمای هوای مخلوط را بررسی کنید.
- نقطه تنظیم کنترولر هوای تازه را معین کنید. یک روش بدست آوردن نقطه آغاز راه اندازی این است که نمودار میانگین دمای خشک و دمای مرطوب فصلی که اکونومایزر استفاده میشود روی منحنی سایکرومتریک رسم شود. سپس روی همان نمودار دمای طراحی (دمای خشک و مرطوب) اتاق را بکشید. نقطه شروع تنظیم کنترلر نقطه ای است که خط شرایط اتاق با خط دمای میانگین خشک و مرطوب بیرون تلاقی میکند.
- در اکثر موارد اگر سیستم بدرستی سرویس و نگهداری شود، یک کنترلر دمای خشک برای صرفه جویی انرژی کافی خواهد بود. اما در مناطقی که بار نهان بالایی داشته باشد (دمای مرطوب بالا) ممکن است بخواهید از سیکل اکونومایزر انتالپی (شکل ۹-۱۶) استفاده کنید. یک کنترلر انتالپی دو سنسور دارد یکی سنسور دمای

خشک یا دمای مرطوب و نقطه شبنم که در هوای آزاد نصب میشود و دیگری از همان نوع ولی در کانال هوای برگشت. اگر انتالپی (مجموعه انرژی گرمایی) هوای برگشت بیش از انتالپی هوای بیرون باشد، کنترلر انتالپی سیگنال انشعاب را به کنترلر هوای مخلوط هدایت میکند. دمپرهای هوای تازه و تخلیه باز و دمپر هوای برگشت می بندد. در حالت دیگر اگر آنتالپی هوای برگشت کمتر از آنتالپی هوای بیرون باشد، دمپرهای اکونومایزر به حالت عادی خود برمیگردند. این نوع کنترل نیاز به نگهداری مستمر دارد. توصیه میشود که سنسورها هر ماه بازرسی شوند و سنسورهای ذخیره اضافی در دسترس باشد که وقتی سنسورها را برای سرویس به سازنده تحویل میدهید بتوانید از آنها استفاده کنید.



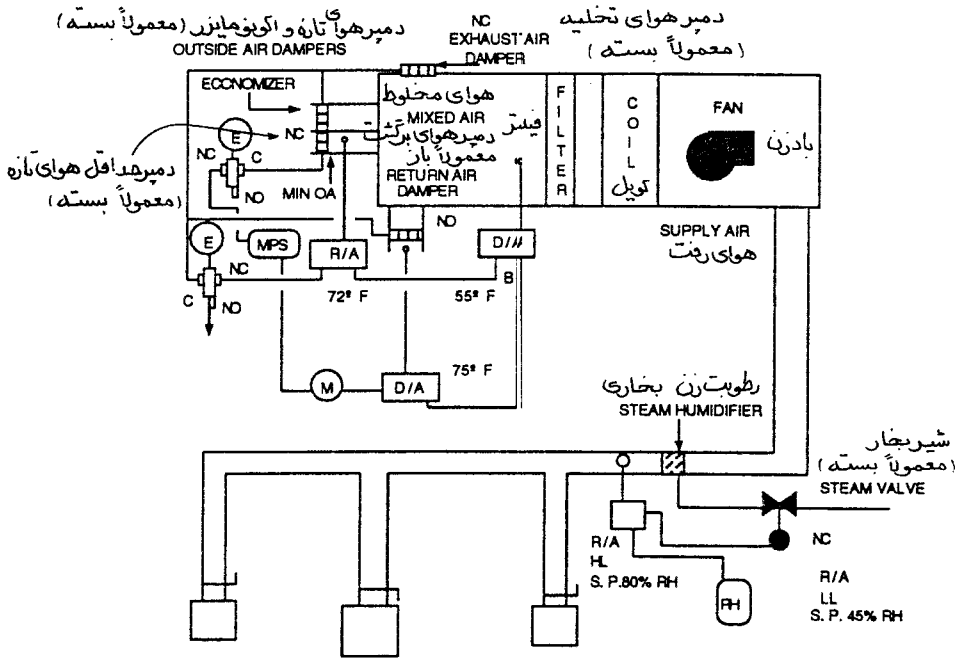
شکل ۹-۱۶

کنترل رطوبت

چند طرح کنترل برای اضافه یا کم کردن رطوبت هوا وجود دارد. کم کردن رطوبت هوا (رطوبت گیری) زمانی امکانپذیر است که دمای سطح کویل آب سرد یا اواپراتور کمتر از دمای نقطه شبنم هوا باشد. در این صورت است که آب موجود در هوا روی کویل تقطیر میشود. این کندانس یک محصول جانبی سیستم سرمایی است و تقریباً غیرقابل کنترل است. برای رطوبت گیری کنترل شده میتوان از کویل پاشش که آب سرد کننده را روی کویل می پاشد یا ارواشر (air washer) که آب سرد را مستقیماً به داخل هوا می پاشد، استفاده کرد.

رطوبت زنی را میتوان بوسیله رطوبت زن بخاری، رطوبت زن مخزنی (pan humidifier) یا ارواشر انجام داد. رطوبت زن بخاری ، بخار را مستقیماً به هوا تزریق میکند. آبگرم مخزن در رطوبت زن مخزنی (pan humidifier) تبخیر میشود و وارد جریان هوا میگردد. ارواشر آب گرم را مستقیماً به هوا میپاشد. شکل ۱۶-۱۰ یک رطوبت زن بخاری را نشان میدهد که برای یک آزمایشگاه الکترونیک نصب شده است. زیرا کنترل برق ساکن (static electricity) در این نوع فضاها بسیار مهم است. کنترلر رطوبت عمل معکوس حد پایین که در اتاق نصب است (RH-LL)، روی ۴۵ درصد رطوبت نسبی تنظیم شده است. یک کنترلر عمل معکوس حد بالا هم در کانال نصب است (RH-HL) و نقطه تنظیم آن ۸۰ درصد است.

برای جلوگیری از ورود آب (flooding) به کانال، در مواقع نقص در سیستم کنترل، شیر بخار از نوع معمولاً بسته انتخاب میشود.



شکل ۱۶-۱۰

ترتیب کار کنترل

همچنانکه رطوبت نسبی اتاق کمتر از نقطه تنظیم (RH-LL) میشود، یک سیگنال ازدیاد به شیر بخار فرستاده

میشود. زمانیکه رطوبت نسبی در کانال رفت به نقطه تنظیم کنترلر حد بالا برسد، این کنترلر کنترل شیر بخار را بدست میگیرد و تا تامین شرایط کنترل اتاق آن را هدایت میکند. پس از آن کنترلر اتاق سیگنالی برای بسته شدن شیر میفرستد.

راه حل بهینه سازی

- رطوبت زنها را مرتب سرویس و نگهداری بکنید. رسوب معدنی در این سیستم را به حداقل برسانید. از آب مقطر یا یون گیری شده (deionized) استفاده کنید.

سیستم دوباره گرمکن (Reheat)

پیکربندی یک پایانه دوباره گرمکن ممکن است به صورت زیر باشد:

- توزیع هوا
  - تک منطقه ای
  - چند منطقه ای
- هوارسان مرکزی
  - فقط کویل سرمایی با دمپر روبرو - کنار گذر
  - کویلهای گرمایی و سرمایی
- کویل سرمایی
  - با آب سرد کننده
  - با مبرد
- کویل گرمایی
  - بخار
  - آب گرم کننده
  - برقی
- کویل دوباره گرمکن

- بخار
- آب گرم کننده
- برقی

سیستمهای دوباره گرمکن جزو سیستمهای یک کاناله (single path) که در آن کویلها سری بسته میشود رده بندی میگردند و اگر خوب بهره برداری شوند میتوانند شرایط آسایش بسیار خوبی را ایجاد نمایند. اما حتی اگر هم خوب بهره برداری شوند، جزو سیستمهایی هستند که انرژی را هدر میدهند، زیرا در اکثر اوقات هوا تواماً گرم و سرد میشود.

سیستم دوباره گرمکن که در شکل ۱۱-۱۶ نمایش داده شده است دارای کویل سرمایی در دستگاه هوارسان مرکزی و کویل گرمایی دوباره گرمکن در هر منطقه است. کنترل کویل آب سرد بوسیله یک شیر دو راهه معمولاً بسته صورت میگیرد که دامنه کار فنر محرک آن بین ۸ الی ۱۳ پوند بر اینچ مربع است. کنترلر آن از نوع عمل مستقیم است که روی هوای خروجی نصب میشود و نقطه تنظیم آن ۵۸ درجه فارنهایت است. کویلهای دوباره گرمکن بوسیله ترموستات عمل مستقیم که در هر منطقه بطور جداگانه نصب شده است کنترل میشود. شیرهای گرمایی از نوع معمولاً باز و محرک با دامنه کار فنر بین ۳ الی ۷ پوند بر اینچ مربع است.

ترتیب کار کنترل (control sequence)

- آب سرد کننده - زمانیکه دمای هوا از نقطه تنظیم بالاتر رود، کنترلر یک سیگنال افزایش به شیر آب سردکننده میفرستد. وقتی سیگنال به ۸ پوند بر اینچ مربع برسد شیر شروع به باز شدن میکند. در فشار ۱۳ پوند بر اینچ مربع شیر کاملاً باز است .
- کویل دوباره گرم کن با آبگرم کننده - زمانیکه دمای اتاق کمتر از نقطه تنظیم میشود، یک سیگنال کاهش به شیر آب گرم فرستاده میشود. در ۷ پوند بر اینچ مربع شیر شروع به باز شدن میکند و در ۳ پوند بر اینچ مربع کاملاً باز میشود.
- دوباره گرمکن برقی - ظرفیت گرمکن های نواری برقی (شکل ۱۲-۱۶) معمولاً پله ای و طبق نیاز ترموستات اتاق کنترل میشود. این سیستم ممکن است با یکی از وسایل زیر کنترل شود:
- کنترل دو وضعیتی
- کنترل دو وضعیتی زمانی (timed two-position)

- کنترل تناسبی (proportional control)

وسایل حفاظتی برای کویلهای برقی شامل کلیدهای حد بالا (HL) و جریان هوا (FS) است. برای برگرداندن کنترل حد بالا به حالت اولیه ممکن است به هر دو نوع ری ست (reset) دستی و خودکار نیاز باشد. ترموستات اتاق (T-1) فرمانی برای گرم کردن میفرستد. اگر حداقل هوای پیش بینی شده از روی کویل عبور میکند، کلید جریان هوا (FS) اجازه میدهد که فرمان یاد شده به کنتاکتور برسد و گرمکن انرژی دار شود. اگر گرمکن بیش از حد گرم کند، کلید حد بالا (HL) آن را خاموش خواهد کرد.

راه حلهای بهینه سازی

- کنترلر کویل سرمایی را روی هوای برگشت بگذارید. این اجازه میدهد که کنترلر دمای نزدیکتر به واقعیت را بسنجد. کنترلر را روی ۷۴ درجه فارنهایت تنظیم کنید.
- اکونومایزر صبحگاهی را روی ۷۳ درجه فارنهایت تنظیم کنید.
- نشتی سیستم توزیع هوا را بگیرید.

- اتصالات را بازرسی کنید.

- اتصال لرزه گیرها را بازرسی کنید (اتصالات قابل انعطاف ، اتصالات برزنتی)

- کانالها را تمیز کنید. موانع جریان هوا را بردارید(مانند گیر کردن تکه پارچه در پره های هدایت کننده کانال)
- افت فشار کانال کشی را کاهش دهید.

- تا آنجائیکه امکان دارد کانالها مستقیم اجرا شوند.

- از کانالهای قابل انحناء کمتر استفاده کنید و سعی کنید که طول آنها از ۷ فوت تجاوز نکند.

- نسبت طول به عرض مقطع کانال از ۳ به ۱ بیشتر نشود.

- در زانوهای کانال رفت و برگشت پره های هدایت کننده (turning vane) اضافه کنید.
- ابزار غیر لازم هدایت هوا در مسیر جریان را بردارید (مانند تقسیم کننده ها و هوابرها extractors & spliters).
- دمپرها را نزدیک دریچه های هوای دیواری و سقفی نصب نکنید.

- در دهانه تمام انشعابات دمپر تک تیغه ای متعادل کننده نصب کنید.
- کویلها را تمیز کنید.
- مطمئن شوید که اگر جریان هوا روی کویلهای دوباره گرمکن برقی به یک مقدار حداقل رسید، کلید جریان بطور خودکار گرمکن را از مدار خارج میکند.
- مطمئن شوید که کلید حد بالا زمانیکه دمای گرمکن از مقدار معینی بیشتر میشود آن را از مدار خارج میکند.
- مطمئن شوید که کلیدهای ری ست (reset) کویلهای دوباره گرمکن برقی درست کار میکنند.
- سیستم را به سیستم با جریان متغیر تبدیل کنید. گزینه اول :

- کویلهای دوباره گرمکن (رهیت) را بردارید و بجای آن جعبه حجم متغیر (VAV boxes) نصب کنید. در بعضی از منطقه های ساختمان ممکن است در جعبه ها نیاز به کویل دوباره گرمکن باشد.
- برای موتور بادزن ، محرک با فرکانس متغیر نصب کنید.
- برای کنترل فشار استاتیک ابزار کنترل نصب کنید.

- سیستم موجود را به سیستم با حجم متغیر (VAV) تبدیل کنید. گزینه دوم :
- کویلهای دوباره گرمکن را تمیز کنید.

- بعد از کویلهای دوباره گرمکن دمپرهای خودکار نصب کنید. تمام دمپرها از نوع معمولاً بسته باشند.
- شیر ورودی کویلهایی را که نیاز به گرم کردن و سرد کردن ندارند ببندید (مانند مناطق داخلی ساختمان).
- روی دمپر مناطقی که نیاز به گرم کردن و سرد کردن دارند (مانند فضاهای مجاور سطوح خارج ساختمان) خار (stop) نصب کنید که حداقل تا ۵۰ درصد (نه بیشتر) ببندند.
- برای موتور بادزن ، محرک با فرکانس متغیر نصب کنید.
- برای کنترل فشار استاتیک ، ابزار کنترل نصب کنید.

ترتیب کار کنترل

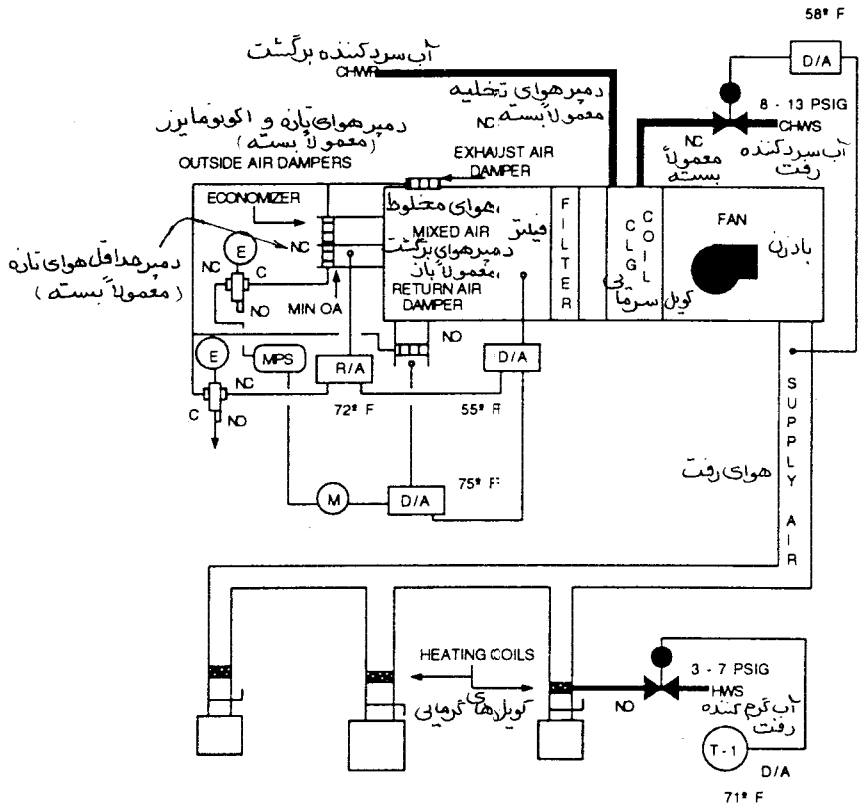
- سیستم کویل دوباره گرمکن منطقه ای - یک ترموستات عمل مستقیم، شیر گرمایی و دمپرهای حجم هوای متغیر (VAV) را کنترل میکند.

- مناطقی که فقط به سرد کردن نیاز دارند: یک ترموستات عمل مستقیم دمپرهای حجم هوای متغیر (VAV) را کنترل میکند.
- سنسور فشار استاتیک ، محرک با فرکانس متغیر (VFD) را کنترل میکند.

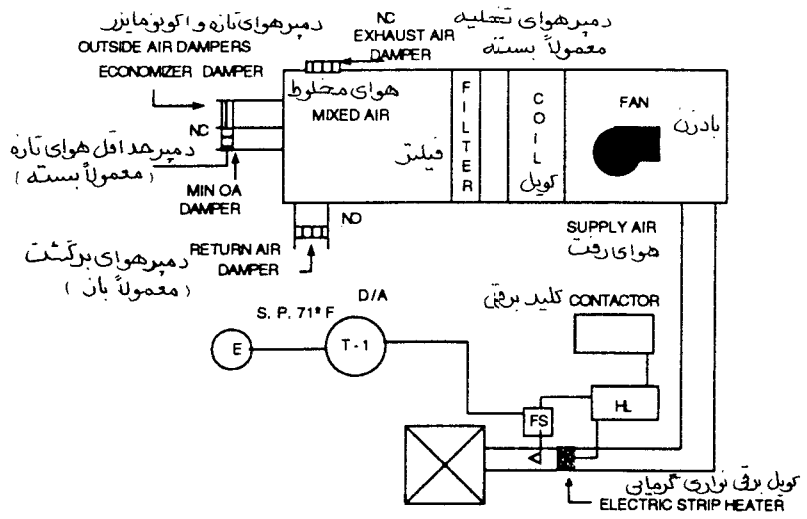
مثال ۳-۱۶ : دمای مناطقی که فقط به سرد کردن نیاز دارند زیر نقطه تنظیم میرسد. محرک دمپر، در این حالت فشار هوای کنترل ۱۳ پوند بر اینچ مربع دارد. ترموستات یک سیگنال کاهنده میفرستد و دمپر شروع به بستن میکند. در فشار ۸ پوند بر اینچ مربع دمپر در حالت حداقل خود قرار میگیرد (ممکن است هم کاملاً ببندد ولی توصیه نمیشود). زمانیکه دمای اتاق بیش از نقطه تنظیم بشود، ترموستات یک سیگنال افزاینده میفرستد. دمپر شروع به باز شدن میکند و در فشار ۱۳ پوند بر اینچ مربع در حالت حداکثر جریان قرار میگیرد.

دما در مناطقی که هم به گرما و هم به سرما نیاز دارند به زیر نقطه تنظیم میرسد. محرک دمپر با فشار هوای کنترل ۱۳ پوند بر اینچ مربع تغذیه میشود. ترموستات فرمان کاهنده میفرستد. دمپر معمولاً باز شروع به بستن میکند. در فشار ۸ پوند بر اینچ مربع دمپر به وضعیت حداقل میرسد (۵۰ درصد باز). اگر دما در اتاق هنوز هم زیر نقطه تنظیم باشد، فشار انشعاب هوای فشرده بیشتر کاهش می یابد. در فشار ۷ پوند بر اینچ مربع شیر گرمایی شروع به باز شدن میکند. در فشار ۳ پوند بر اینچ مربع کاملاً باز میشود. هرگاه دمای اتاق بیش از نقطه تنظیم باشد، ترموستات فرمان افزاینده میدهد. شیر شروع به بستن میکند. در فشار ۷ پوند بر اینچ مربع کاملاً بسته میشود. در فشار ۸ پوند بر اینچ مربع دمپر از وضعیت ۵۰ درصد شروع به باز شدن میکند. در فشار ۱۳ پوند بر اینچ مربع دمپر در حالت حداکثر جریان قرار دارد و اتاق را با صد در صد هوای ۵۵ درجه فارنهایت تغذیه میکند.

همچنانکه دمپرها باز و بسته میشوند، سنسور فشار استاتیک تغییرات فشار را حس کرده و فرمانی برای تغییر سرعت موتور بادزن میفرستند تا فشار استاتیک دلخواه حفظ شود.



شکل ۱۶-۱۱



شکل ۱۶-۱۲

سیستمهای چند منطقه ای

سیستم چند منطقه ای از دستگاه هوارسان و کویلهای سرمایی و گرمایی تشکیل شده است. انرژی کویل گرمایی ممکن است بخار، آب گرم کننده یا برق باشد. کویل سرمایی ممکن است از نوع آب سرد کننده یا اواپراتور باشد. بعضی از سیستمها کویل گرمایی ندارند، در عوض برای گرم کردن ، هوای مخلوط را از کنار گذر کویل سرمایی عبور میدهند. سیستم چند منطقه ای یک سیستم دو مسیری (dual path) است (یعنی کویلهای گرم و سرد به موازات هم قرار دارند) که مقدار جریان هوا را ثابت نگهمیدارد و برای ایجاد شرایط آسایش هوای گرم و سرد را به مقدار مناسب مخلوط کرده و وارد منطقه مورد نظر مینماید. هوارسانهای چند منطقه ای ، اگر خوب بهره برداری شوند، قادرند شرایط آسایش بسیار خوبی ایجاد کنند. اما ، اگر هم درست کار کنند، این سیستم هدر دهنده انرژی است زیرا در اکثر اوقات گرم و سرد کردن هم زمان هوا صورت میگیرد.

سیستمهای چند منطقه ای که در شکل ۱۶-۱۳ A و ۱۶-۱۳ B نمایش داده شده، کویل سرمایی و گرمایی آبی دارند. یک شیر دو راهه جریان آب کویل سرمایی را کنترل میکند. کویل گرمایی یک پمپ ثانویه با شیر سه راهه مخلوط کننده دارد که در سیستم لوله کشی نیز بصورت مخلوط کننده نصب شده است. جریان آب سرد کننده با دمای هوای خروجی کانال سرد که نقطه تنظیم آن ۵۵ درجه فارنهایت است کنترل میشود. کنترلر از نوع عمل مستقیم است. دامنه کار شیر آب سرد کننده ۸ الی ۱۳ پوند بر اینچ مربع است. جریان آب کویل گرمایی بوسیله دمای هوای خروجی کانال گرم کنترل میشود که خود بوسیله دمای بیرون به حالت تنظیم مضاعف (reset) برمیگردد. برنامه ری ست ۱ به ۱ است. برای هر درجه افت دمای بیرون ، دمای کانال گرم یک درجه بسمت بالا تغییر میکند.

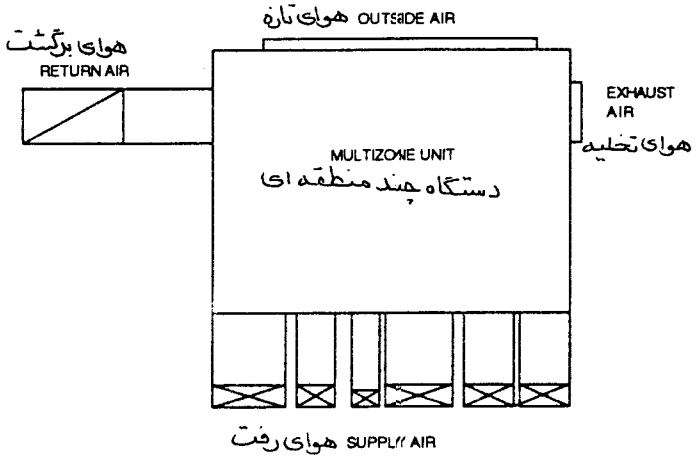
برنامه ری ست (reset)

دمای هوای بیرون (درجه فارنهایت)	دمای کانال گرم (درجه فارنهایت)
۷۰	۷۰
۵۰	۹۰
۳۰	۱۱۰

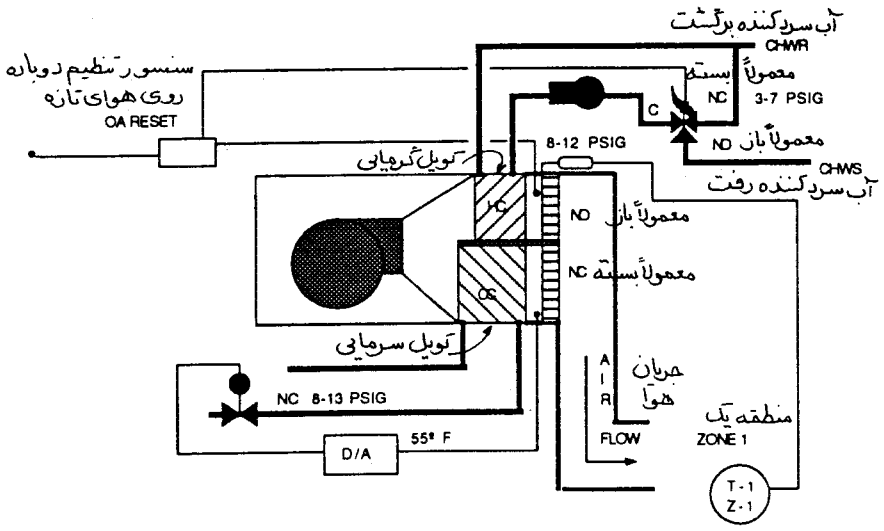
در دستگاه مرکزی برای کنترل دمای هر منطقه، یک جفت دمپر مخلوط کننده نصب میشود. بطور کلی ، یک سیستم چند منطقه ای معمولاً بین ۵ الی ۱۲ منطقه دارد. سیستم نشان داده شده ۵ منطقه ای است. کانالی که کویل گرمایی در آن قرار دارد «کانال گرم» (hot deck) نامیده میشود و «کانال سرد» (cold deck) جایی است که کویل سرمایی قرار دارد. دمپرهای مخلوط کننده یاد شده در خروجی دستگاه و بعد از کویلها و در کانال گرم و کانال سرد واقع شده اند. این دو دمپر بوسیله اهرم بندی بهم متصل اند. دمپرهای کانال گرم بصورت معمولاً باز و دمپرهای کانال سرد بصورت معمولاً بسته اند. برای این دو دمپر یک محرک نصب شده است که دامنه کار فنر آن ۸ الی ۱۲ پوند بر اینچ مربع میباشد. در هر منطقه یک ترموستات از نوع عمل مستقیم قرار دارد.

ترتیب کار کنترل (control sequence)

زمانیکه دمای اتاق (منطقه) از نقطه تنظیم ترموستات مربوطه بیشتر شود، یک فرمان فزاینده به محرک دمپر مخلوط کننده همان منطقه فرستاده میشود. در فشار ۸ پوند بر اینچ مربع ، دمپر کانال گرم کاملاً باز و دمپر کانال سرد کاملاً بسته اند. در فشار ۱۰ پوند بر اینچ مربع دمپرهای یاد شده به نیمه راه حرکت خود میرسند. در فشار ۱۲ پوند بر اینچ مربع دمپر کانال گرم کاملاً بسته و دمپر کانال سرد کاملاً باز است.



شکل ۸ ۱۳-۱۶



شکل B ۱۶-۱۳

راه حلهای بهینه سازی

- دمپرهای منطقه ای کانال گرم و کانال سرد را باز کنید و برای هر یک محرک جداگانه نصب کنید.
- یک رله انتخابی پایین و بالا (hi-lo) (فصل سیزدهم) برای کنترل دمای کانال گرم و کانال سرد نصب کنید.
- ترموستاتهای منطقه ای را با ترموستاتهای مجهز به دامنه مرده (deadband) تعویض کنید.
- برای دانستن پایین ترین دمای زمستانی و بیشترین دمای تابستانی که در حدود شرایط آسایش باشد ترمومتر نصب کنید.
- دمپر کانال گرم مناطقی را که فقط به سرد کردن نیاز دارند ببندید.
- نقطه تنظیم ترموستاتها را پایین تر بیاورید.
- مطمئن شوید که دامنه کار فنر محرکها درست باشد.
- مطمئن شوید که شیرها بدون نشت کار میکنند.

- کویلها را تمیز کنید.
- مطمئن شوید که دمپرها بطور کامل باز و بسته میشوند.
- مطمئن شوید که دمپرها واشرگذاری شده و آببند هستند.
- کویلهای گرمایی و سرمایی را بوسیله رله (selector relay) (فصل سیزدهم) کنترل کنید.
- نشتی کانال کشی را بگیرید.

- اتصالات عرضی و طولی را بازرسی کنید.
- اتصالات لرزه گیر را بازرسی کنید (اتصالات قابل انحناء ، اتصالات برزنتی)

- کانالها را تمیز کنید و هر نوع مانعی را از سر راه هوا بردارید (مثلاً تکه پارچه هایی که ممکن است در پره

- های هدایت هوا گیر کنند).

- افت فشار کانال کشی را کمتر کنید.

- سعی کنید کانالها مستقیم کشیده شوند.
- از کانالهای قابل انحناء (flex) کمتر استفاده کنید و سعی کنید که طول آنها از ۷ فوت بیشتر نشود.
- نسبت طول به عرض مقطع کانال حداکثر ۳ به ۱ باشد.

- در زانوهای کانال رفت و برگشت پره های هدایت کننده نصب کنید.
- وسایل هدایت و تقسیم هوا (extractor, spliter) را از کانال بردارید.
- دمپرهای نزدیک به دریچه های هوای دیواری و سقفی را بردارید.
- در دهانه تمام انشعابات دمپرهای تک تیغه ای متعادل کننده بگذارید.
- سیستم را به حجم متغیر تبدیل کنید.

سیستمهای دو کاناله (dual duct systems)

سیستم دو کاناله یک دستگاه مرکزی هوارسانی با کویل سرمایی و کویل گرمایی دارد. همانند سیستمهای چند منطقه ای کویل سرمایی این سیستم نیز یا آبی است یا با مبرد و اواپراتور است. کویل گرمایی نیز میتواند بخاری، با آب گرم کننده یا برقی باشد. مقدار جریان هوای سیستم دو کاناله ثابت است و این سیستم برای تامین دمای ترموستات اتاق هوای گرم و سرد را مخلوط میکند. این سیستم نیز هدر دهنده انرژی است زیرا در بیشتر اوقات هوا را همزمان گرم و سرد میکند.

شکل ۱۴-۱۶ یک سیستم دو کاناله را با کویل آب سرد کننده و کویل آب گرم کننده نشان میدهد. یک شیر سه راه مخلوط کننده جریان آب سرد کننده را به کویل کنترل میکند. این شیر مخلوط کننده کاربرد کنار گذری هم دارد. جریان آب کویل گرمایی بوسیله شیر دو راه کنترل میشود. شیر کویل سرمایی بوسیله دمای کانال رفت هوای سرد که روی ۵۵ درجه فارنهایت تنظیم شده کنترل میشود. شیر کویل گرمایی بوسیله دمای کانال رفت هوای گرم کنترل میشود و با دمای بیرون ری ست (reset) میگردد.

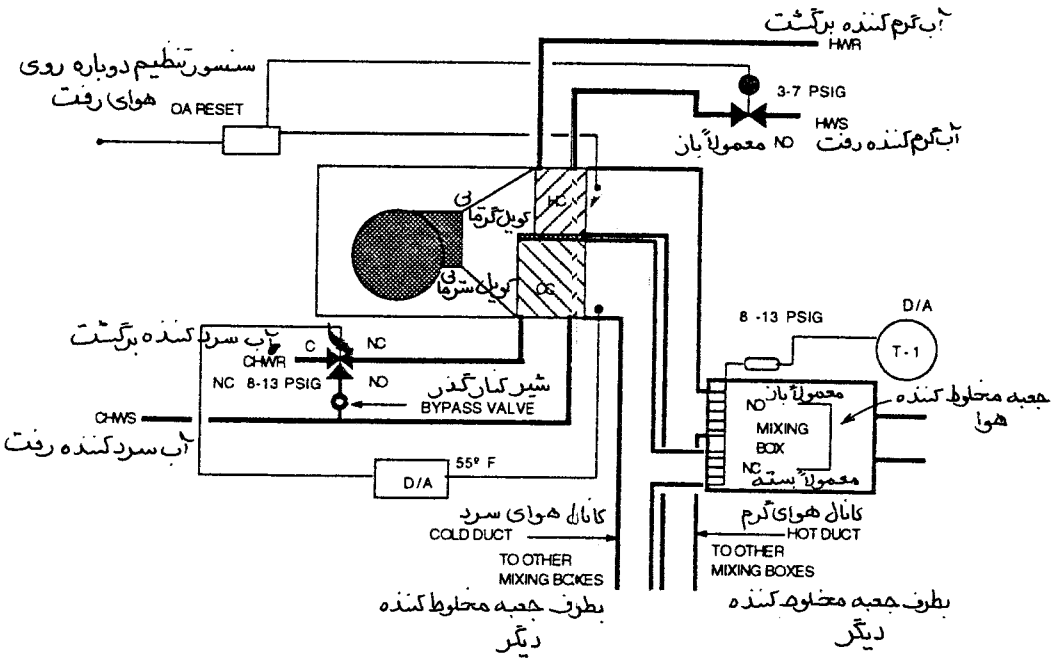
دمپرهای کانال سرد و کانال گرم در جعبه اختلاط بوسیله ترموستات اتاق کنترل میشوند. ترموستات کانال رفت هوای سرد دمپر را از حالت کاملاً باز به سمت بسته شدن فرمان میدهد و در این مدت دمپر کانال گرم از حالت کاملاً بسته به حالت کاملاً باز حرکت میکنند. جعبه اختلاط هوا، مقداری هوای ثابت به اتاق میدهد و دمای آن را با مخلوط کردن هوای سرد و هوای گرم ، برحسب نیاز ترموستات، کنترل مینماید.

راه حلهای بهینه سازی

- شیر کنارگذر کویل سرمایی را ببندید. این باعث میشود که شیر سه راهه به شیر دو راهه تبدیل شود. شیر دو راهه سیستم با جریان متغیر است.
- دمای هوای خروجی کانال سرد را با دمای برگشت کنترل کنید.
- ترمومتر نصب کنید تا سردترین دمای زمستانی و گرمترین دمای تابستانی را که در حدود شرایط آسایش است بدست آورید.
- کانال گرم مناطقی را که فقط نیاز به سرما دارند مسدود کنید.
- برای کنترل جعبه های اختلاط هوا از ترموستات با دامنه مرده (dead band) استفاده کنید که تا دمپرهای هوای

گرم کاملاً بسته نشده اند، دمپرهای کانال هوای سرد باز نشود. این سیستم یک سیستم با حجم متغیر اصلاح شده است.

- سیستم را به سیستم با حجم متغیر (VAV) تبدیل کنید.
- برای کانال گرم یک بادزن نصب کنید که فقط هوای برگشت به آن میرسد. هوای بیرون فقط به کانال هوای سرد متصل شود. بادزن کانال سرد هم هوای تازه و هم هوای برگشت دریافت میکند.



شکل ۱۶-۱۴

فصل هفدهم - آزمایش سیستمهای هوارسانی با حجم هوای ثابت (Testing the air side of constant volume systems)

این فصل بازرسی و آزمایش سیستمهای هوارسانی با حجم هوای ثابت را، در محل نصب شده مورد بحث قرار میدهد. بازرسی در کارگاه شامل بازرسی از ساختمان ، دستگاههای هوارسان و سیستم توزیع هوا است. آزمایش سیستم شامل جمع آوری اطلاعات مربوط به بادزنها، محرکها، موتورها، اندازه گیریهای مختلف و تنظیم کنترلها میباشد.
پیش از آغاز کار در کارگاه، مدارک مختلف مربوط به سیستم را در دفتر کار خود مطالعه کنید.

کارهای دفتری بمنظور آماده شدن برای بازرسی و آزمایش در کارگاه

ابتدا تمام مدارک پیمان، مشخصات، کاتالوگها و گزارشهای قبلی را جمع آوری کنید. این مدارک شامل موارد زیر میباشد:

- نقشه های کارگاهی
- نقشه های اجراء شده (As Built)
- طرحواره ها (Schematics)
- دیاگرام های کنترل خودکار
- کاتالوگها و منحنی های عملکرد که توسط سازنده داده شده
  - شرح و ظرفیت بادزنها
  - منحنی عملکرد بادزن
  - مشخصات و ظرفیت جعبه تقسیمها
- اطلاعات و توصیه های سازنده ها
  - آزمایش بادزنها، پلنومها، ورودی و خروجی ها
- دستورالعمل بهره برداری و نگهداری دستگاهها
- گزارش متعادل کردن جریان هوا (air balance)

پس از جمع آوری مدارک فوق تمام آنها را مطالعه کنید. عوامل یا شرایطی که ممکن است سیستم را از کار بیندازد یا در متعادل کردن سیستم نقش عمده ای داشته باشد، علامت بزنید.
برای بازرسی دستگاهها و ارزیابی شرایط کار آنها در زمینه های زیر برنامه ریزی کنید:

- لوازم، کنترلها یا عواملی از سیستم که ممکن است سیستم را از کار بیندازد یا به نامتعادل کردن آن کمک کند.

- دسترسی

- دستگاههایی که دسترسی به آنها با اشکال انجام میشود.
- فضاهایی که ورود به آنها محدودیت دارد مانند اتاقهای حفاظت شده، اتاقهای تمیز(clean rooms) و هتلها.
- اتاقها، اتاقهای کنفرانس و غیره

- نقاطی که بازرسی آنها موجب تاخیر زمانی است

- سقفهای بلند
- سقفهای شکسته

- روند کار متعادل کردن سیستم و روشهای پاسخگویی به «بار خارج از فصل (out of season)» تاسیسات گرمایی و سرمایی

- علامت زدن به وضعیت نهایی دمپرهای تعادل (balancing dampers)

- ترتیب کار برای حضور شاهد (witnessing) در جریان عملیات متعادل کردن

سپس ابزاری را که برای متعادل کردن مورد نیاز است بازرسی کنید:

- مطمئن شوید که ابزاری که در عملیات متعادل کردن استفاده میشود طبق مشخصات کالیبره شده باشد.

- مطمئن شوید که ابزار اندازه گیری در شش ماه گذشته یا در زمان توصیه شده توسط سازنده کالیبره شده باشد.

- ابزاری را که مورد نیاز است معین کنید.

- معین کنید که «در کدام نقطه و چه چیزی » باید اندازه گیری شود.

- مشخص کنید که آیا بعلت ارتفاع از سطح دریا یا دما نیاز به تصحیح چگالی هوا میباشد یا خیر.

سرانجام برگهای آزمایش را آماده کنید:

- برگهای آزمایش و اطلاعات سیستمهایی را که میخواهید تست کنید آماده کنید. گزارش آزمایش و تعادل (balance) ممکن است شامل همه یا بعضی از فرمهای زیر باشد:
  - برگ آزمایش و اطلاعات مربوط به دستگاه هوارسان (شکل ۱-۱۷)
  - برگ آزمایش و اطلاعات مربوط به محرک (شکل ۲-۱۷)
  - برگ آزمایش و اطلاعات مربوط به موتور (شکل ۳-۱۷)
  - برگ اطلاعات مربوط به مقطع کانال (duct traverse)،(شکلهای ۴-۱۷ و ۵-۱۷)
  - برگ خلاصه اندازه گیریها در مقطع کانال (شکل ۶-۱۷)
  - برگ خلاصه شرایط منطقه هوارسانی (شکل ۷-۱۷)
  - برگ آزمایش و اطلاعات جعبه تقسیمها(terminal box) (شکل ۸-۱۷)
  - برگ توزیع هوا (شکل ۹-۱۷)

- اطلاعات مربوط به شرایط طراحی را روی برگهای آزمایش بنویسید. اطلاعات طراحی عبارتند از مقدار هوا، مشخصات بادزن، مشخصات موتور و اطلاعات راجع به سیستم توزیع هوا. گزارش آزمایش و تعادل (test & balance)، یک گزارش کامل اطلاعات طراحی، آزمایشهای اولیه و نهایی سیستم است و شرایط کار واقعی کلیه اجزای تشکیل دهنده سیستم را منعکس میکند. این گزارش اختلافات مقادیر طراحی و مقادیر آزمایش شده را نشان داده و دلایل احتمالی این ناهماهنگی را نشان میدهد.
- برای هر سیستم یک طرحواره (schematic) بکشید. سیستمهای مرکزی را با اختلاف دما و فشاری که در دو طرف فیلترها، کویلها و بادزنها وجود دارد نشان بدهید. طرحواره باید همچنین محل استقرار جعبه های پایانه (terminal boxes)، دریچه ها، دمپرهای حجمی و غیره را نشان بدهد.

شکل ۱-۱۷ برگ آزمایش و اطلاعات دستگاه هوارسان

پروژه: **مسئول/مهندس**

	مشخص شده	واقعی	مشخص شده	واقعی
شماره بادزن				
محل نصب				
نام فضای مورد استفاده				

	مشخص شده	واقعی	مشخص شده	واقعی
اطلاعات مربوط به بادزن				
سازنده				
شماره سری				
شماره مدل				
سرعت چرخش بادزن				
جهت چرخش				
مقدار هوادهی CFM				
بازدهی				
نوع				
قطر چرخ پروانه				
سرعت نوک پره				

فشار بادزن : فشار استاتیک بادزن، فشار کل، فشار استاتیک کل یا فشار استاتیک خارجی

	مشخص شده	واقعی	مشخص شده	واقعی
فشار کل ورودی				
فشاراستاتیک خروجی				
فشاراستاتیک بادزن				
فشار کل ورودی				
فشار کل خروجی				
فشار کل بادزن				
فشاراستاتیک ورودی				
فشاراستاتیک خروجی				
فشار استاتیک کل				
فشاراستاتیک خارجی ورودی				
فشاراستاتیک خارجی خروجی				
فشاراستاتیک خارجی				

اختلاف فشار: فیلتر، کویل گرمایی، کویل سرمایی

	مشخص شده	واقعی	مشخص شده	واقعی
فشاراستاتیک ورودی فیلتر				
فشاراستاتیک خروجی فیلتر				
اختلاف فشاردو طرف فیلتر				
فشاراستاتیک ورودی کویل گرمایی				
فشاراستاتیک خروجی کویل گرمایی				
اختلاف فشاردوطرف کویل گرمایی				
کویل سرمایی خشک یا مرطوب				
فشاراستاتیک ورودی کویل سرمایی				
فشاراستاتیک خروجی کویل سرمایی				
اختلاف فشاردوطرف کویل سرمایی				

حجم هوا : فوت مکعب در دقیقه

	مشخص شده	واقعی	مشخص شده	واقعی
مقدار کل هوای بادزن				
مقدار کل هوا در خروج				
مقدار کل هوای تازه				
مقدار کل هوای برگشت				

ادامه شکل ۱-۱۷ برگ آزمایش و اطلاعات دستگاه هوارسان

پروژه : **مسئول/مهندس**

شماره بادزن

دمای هوا : دمای خشک، دمای مرطوب، رطوبت نسبی

	مشخص شده	واقعی	مشخص شده	واقعی
دمای خشک هوای رفت				
دمای مرطوب هوای رفت				
رطوبت نسبی هوای رفت				
دمای خشک هوای برگشت				
دمای مرطوب هوای برگشت				
رطوبت نسبی هوای برگشت				
دمای خشک هوای تازه				
دمای مرطوب هوای تازه				
رطوبت نسبی هوای تازه				
دمای خشک هوای مخلوط				
دمای مرطوب هوای مخلوط				
رطوبت نسبی هوای مخلوط				
دمای خشک هوای ورودی به کویل سرمایی				
دمای خشک هوای خروجی از کویل سرمایی				
دمای مرطوب هوای ورودی به کویل سرمایی				
دمای مرطوب هوای خروجی از کویل سرمایی				
رطوبت نسبی هوای فضای تهویه شده				

شرایط سیستم

بادزن				
کانال				

یادداشت :

شکل ۲-۱۷ برگ اطلاعات محرک

پروژه : ——— **مسئول / مهندس** ———

	مشخص شده	واقعی	مشخص شده	واقعی
شماره بادزن				
اطلاعات محرک				
قطر محور بادزن				
قطر محور موتور				
فاصله مرکز محور				
اندازه پولی بادزن				
سازنده پولی				
پولی ثابت یا قابل تنظیم				
اندازه پولی موتور				
سازنده پولی				
پولی ثابت یا قابل تنظیم				
سازنده تسمه				
تعداد تسمه				
اندازه تسمه				
مقدار تنظیم موتور				
هم محور کردن				
مقدار کشش تسمه				

یادداشت :

شکل ۳-۱۷ برگ آزمایش و اطلاعات موتور

پروژه: ——— **مسئول/مهندس** ———

	مشخص شده	واقعی	مشخص شده	واقعی
شماره بادزن				
اطلاعات موتور				
سازنده				
قاب				
قدرت HP				
تعداد فاز				
هرتز				
دور موتورrpm				
ضریب کار				
ولتاژ				
آمپر				
ضریب قدرت				
بازده				
قدرت روی محور				
اندازه استارتر				
حفاظت گرمایی (OLP)				

یادداشت :

شکل ۴-۱۷ مقطع اندازه گیری در کانال مستطیل

پروژه : _____ **مسئول / مهندس** _____

اطلاعات سیستم

شماره سیستم _____

شماره مقطع _____

	مشخص شده	واقعی
اندازه کانال (اینچ)		
سطح مقطع (فوت مربع)		
حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)		
سرعت متوسط (فوت در دقیقه)		
فشار استاتیک مرکز		
چگالی هوا (پوند بر فوت مکعب)		
تصحیح ابزار برای چگالی هوا		

$$V = 4.005 \sqrt{VP}$$

شماره	فشار سرعتی	سرعت	شماره	فشار سرعتی	سرعت	شماره	فشار سرعتی	سرعت	شماره	فشار سرعتی	سرعت
۱			۱۸			۳۵			۵۲		
۲			۱۹			۳۶			۵۳		
۳			۲۰			۳۷			۵۴		
۴			۲۱			۳۸			۵۵		
۵			۲۲			۳۹			۵۶		
۶			۲۳			۴۰			۵۷		
۷			۲۴			۴۱			۵۸		
۸			۲۵			۴۲			۵۹		
۹			۲۶			۴۳			۶۰		
۱۰			۲۷			۴۴			۶۱		
۱۱			۲۸			۴۵			۶۲		
۱۲			۲۹			۴۶			۶۳		
۱۳			۳۰			۴۷			۶۴		
۱۴			۳۱			۴۸					
۱۵			۳۲			۴۹					
۱۶			۳۳			۵۰					
۱۷			۳۴			۵۱					
جمع			جمع			جمع			جمع		
									جمع کل		

سرعت کل÷ تعداد قرائت = سرعت متوسط

سرعت متوسط x سطح = مقدار کل هوا (تقریبی)

یادداشت :

شکل A ۵-۱۷ برگ اندازه گیریهای مقطع کانال گرد تا ۱۲ اینچ یا بزرگتر

پروژه : _____ **مسئول / مهندس** _____

اطلاعات سیستم

شماره سیستم _____

شماره مقطع _____

	مشخص شده	واقعی
اندازه کانال (اینچ)		
سطح مقطع (فوت مربع)		
حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)		
سرعت متوسط (فوت در دقیقه)		
فشار استاتیک مرکز		
چگالی هوا (پوند بر فوت مکعب)		
تصحیح ابزار برای چگالی هوا		

$$V = 4.005 \sqrt{VP}$$

شماره	ضریب	اینچ	فشار سرعتی	سرعت
۱	۰/۰۵۲			
۲	۰/۱۶۵			
۳	۰/۲۹۳			
۴	۰/۴۵۴			
۵	۰/۶۴۸			
۶	۱/۳۱۶			
۷	۱/۵۴۷			
۸	۱/۷۰۷			
۹	۱/۸۳۵			
۱۰	۱/۹۴۸			
جمع				

شماره	ضریب	اینچ	فشار سرعتی	سرعت
۱۱	۰/۰۵۲			
۱۲	۰/۱۶۵			
۱۳	۰/۲۹۳			
۱۴	۰/۴۵۴			
۱۵	۰/۶۴۸			
۱۶	۱/۳۱۶			
۱۷	۱/۵۴۷			
۱۸	۱/۷۰۷			
۱۹	۱/۸۳۵			
۲۰	۱/۹۴۸			
جمع				
جمع کل				

سرعت کل ÷ ۲۰ قرائت = سرعت متوسط

سرعت متوسط x سطح = مقدار کل هوا

یادداشت :

شکل B ۱۷-۵ برگ اندازه گیریهای مقطع کانال گرد تا ۱۰ اینچ یا کوچکتر

پروژه: _____ **مسئول/مهندس** _____

اطلاعات سیستم

شماره سیستم _____

شماره مقطع _____

	مشخص شده	واقعی
اندازه کانال (اینچ)		
سطح مقطع (فوت مربع)		
سرعت متوسط (فوت در دقیقه)		
حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)		
فشار استاتیک مرکز		
چگالی هوا (پوند بر فوت مکعب)		
تصحیح ابزار برای چگالی هوا		

شماره	ضریب	اینچ	فشار سرعتی	سرعت
۱	۰/۸۸۰			
۲	۰/۳۹۲			
۳	۰/۲۹۵			
۴	۱/۸۰۴			
۵	۱/۷۰۷			
۶	۱/۳۱۹			
۷	۰/۸۸۰			
۸	۰/۳۹۲			
۹	۰/۲۵۹			
۱۰	۱/۸۴۰			
۱۱	۱/۷۷۰			
۱۲	۱/۳۹۱			
جمع				

سرعت کل÷۱۲ قرائت = سرعت متوسط

سرعت متوسط x سطح = مقدار کل هوا

یادداشت :

شکل ۶-۱۷ برگ خلاصه مقطع اندازه گیری

پروژه : مسئول / مهندس

سیستم

شماره	تعیین اندازه کانال	فوت مربع	فشار استاتیک	فوت مکعب در دقیقه			یادداشت
				طرح	واقعی	درصد اختلاف	

یادداشت :

شکل ۱۷-۷ برگ خلاصه اطلاعات منطقه

پروژه : مسئول / مهندس

سیستم

منطقه	اندازه کانال	فوت مربع	فوت مکعب در دقیقه (cfm_d)	فوت.مکعب دردقیقه (cfm_m)	درصد اختلاف %D	فشار استاتیک (SP1)	فشار استاتیک (SP2)	فوت مکعب دردقیقه (cfm_f)

یادداشت :

نشانه ها :

cfm_d = فوت مکعب در دقیقه طراحی

cfm = فوت مکعب در دقیقه اندازه گیری شده

cfm_f = فوت مکعب در دقیقه نهایی

%D = درصد نسبت به طراحی

(SP1) = فشار استاتیک اولیه

(SP2) = فشار استاتیک نهایی

شکل ۸-۱۷ برگ آزمایش و اطلاعات جعبه انتهایی (Terminal Box)

پروژه : _____ **مسئول / مهندس** _____

نوع جعبه انتهایی : (ثابت) (متغیر) (یگانه) (دوگانه) (اندوکسیون)

شماره	محل	شماره مدل	اندازه	حداقل فشار استاتیک	حداقل		حداکثر	
					(cfm_m)	(cfm_d)	(cfm_m)	(cfm_d)

یادداشت :

نشانه ها :

Mod.No = شماره مدل

Min.SP = حداقل فشار استاتیک مورد نیاز

cfm_d = فوت مکعب در دقیقه طراحی

cfm_m = فوت مکعب در دقیقه اندازه گیری شده

شکل ۹-۱۷ برگ آزمایش توزیع هوا

پروژه : _____ مسئول / مهندس _____

فضای استفاده کننده	دهانه انتهایی: شماره	دهانه انتهایی: نوع	دهانه انتهایی: اندازه	AK	طراحی cfm	اولیه cfm	درصد اولیه (%D)	نسبت: (cfm)	نسبت: (%D) درصد اختلاف	نهایی: cfm	نهایی: ٪D درصد اختلاف

بازرسی محلی

بازرسی ساختمان

تمام اجزای ساختمان از جمله دیوارها، پنجره ها و سقفها قبل از شروع عملیات تعادل (balance) باید نصب شده باشند. اگر فضای تهویه شده محصور نباشد، دما و فشار غیرمتعارف ایجاد میشود و تعادل سیستم را بهم میزند. شرایطی که کار متعادل کردن را بهم میزند یادداشت کنید.

بازرسی از هوارسانها

تمام دستگاهها را بازرسی کنید تا مطمئن شوید که:

- همه موتورها، بادزنها، محرکها و سایر تجهیزات از نظر مکانیکی و برقی آماده کار باشند، ایرادات را بنویسید.
- فیلترها تمیز باشند و درست نصب شده باشند.
- قاب فیلتر درست نصب شده باشد و کاملاً هوابند (seal) باشد.
- کویلها تمیز باشند و درست نصب شده باشند.
- اجزای محرک نصب شده باشند.
- پولی ها بدرستی میزان و روی محورها محکم شده باشند.
- کشش تسمه ها درست باشد.
- حفاظ تسمه ها در محل خود قرار گرفته باشد.
- دمپرهای گردابی (vortex) بادزن ها درست عمل کنند. (اگر وجود دارند).
- محفظه بادزن نصب شده و کاملاً هوابند باشد.
- چرخ بادزن میزان باشد و با بدنه محفظه فاصله معین داشته باشد.
- یاتاقانهای بادزن روغنکاری شده باشد.
- فاصله کافی بین بدنه بادزن و دهانه ورودی آن وجود داشته باشد.
- فاصله بادزنهای موازی کافی باشد.
- اتصالات انعطاف پذیر درست نصب شده باشد.

بازرسی سیستم توزیع هوا

مطمئن شوید که :

- کانالهای هوا تمیز و محکم و طبق مشخصات آزمایش نشت شده باشند.

- دریچه های دسترسی نصب شده و در جای خود محکم شده باشند.
- دمپرهای مختلف سیستم از جمله تنظیم حجم هوا، کنترل خودکار آتش و دود نصب شده اند، عمل می کنند و دسترسی به آنها میسر است. در صورت لزوم بازرسی کنید که دمپرها با حداقل نشتی کار کنند. برحسب شرایط سیستم، این کار ممکن است چشمی یا با اندازه گیری فشار استاتیک انجام شود.
- جعبه های انتهایی (terminal boxes) نصب شده و بدرستی عمل کنند و دسترسی به آنها آسان باشد.
- سایر اجزای سیستم مانند جعبه های انتهایی و دریچه های هوا درست نصب شده اند، عمل میکنند و دسترسی به آنها آسان است.

تغییرات عمده ای را که در جریان نصب پیش آمده یادداشت کنید و روی طرحواره ها اصلاح کنید. تغییر ظرفیتها را روی برگ آزمایش و اطلاعات وارد کنید. با مطالعه مجدد مدارک پیمان، مشخصات ، کاتالوگها و گزارشهای قبلی، اشکالات احتمالی و نقاطی را که این اشکالات ممکن است در آنها باشد، جستجو کنید.

آزمایش در محل

گزارش اطلاعات اجزای تشکیل دهنده سیستم

قبل از عملیات متعادل سازی، سیستمهای تازه را برای ۴۸ ساعت روشن کنید سپس اطلاعات و آماری را که در زیر می آید یادداشت کنید.

اطلاعات بادزن

اطلاعات مربوط به هر یک از بادزنها را یادداشت کنید.

- شماره فن
- شماره مدل
- محل نصب
- سرعت (دور در دقیقه)
- فضای مورد استفاده
- جهت چرخش (در جهت یا خلاف عقربه های ساعت)
- سازنده
- ظرفیت (فوت مکعب در دقیقه)
- شماره سریال
- راندمان (درصد)
- مدل
- اندازه چرخ بادزن
- سرعت نوک پره (فوت در دقیقه)

جهت چرخش پروانه

جهت چرخش بادزن را بازرسی کنید و در گزارش قید کنید که در جهت عقربه های ساعت بوده است یا خلاف آن، برای معین کردن جهت چرخش در بادزنهای سانتریفوژ، آن را از سمت محرک نگاه کنید نه از طرف دهانه ورودی هوا. منظور از سمت محرک طرفی است که موتور قرار گرفته است ولی در عمل بستگی به پیکربندی بادزن دارد. در بادزن تک ورودی تک چرخ (SISW) ، سمت محرک طرف مخالف دهانه ورودی است. در بادزن دو ورودی دو چرخ (DIDW)، سمت محرک طرفی است که محرک استقرار یافته است. در بادزن هایی که دو محرک دارند، طرفی که توان (اسب بخار) بیشتری دارد سمت محرک محسوب میشود. بادزنهای آکسیال معمولاً روی بدنه خود پیکانی دارند که جهت چرخش را مشخص میکند. چرخش بادزن را زیر نظر بگیرید. اگر صدا یا ارتعاش غیرعادی شنیدید، آن را خاموش کنید و علت را بیابید. قبل از ادامه عملیات متعادل سازی مطمئن شوید که بادزن قابل بهره برداری است یا اینکه نیاز به تعمیر دارد. اگر جهت چرخش غلط است، تصحیح کنید. اگر بادزن گریز از مرکز برعکس بچرخد، مقدار هوادهی

آن ۵۰ درصد کاهش می یابد. بادزن محوری (axial) اگر در جهت عکس بچرخد هوا را در جهت مخالف میدمد.

عوض کردن جهت چرخش

اگر جهت چرخش بادزن با موتور سه فاز غلط باشد ، جای دو تا از سه سیم آن را در تابلو برق یا جعبه تقسیم عوض کنید. در بعضی موارد، جهت چرخش موتورهای تک فاز با تغییر سر سیمها در جعبه تقسیم عوض میشود. دیاگرام سیم کشی موتورهای تک فاز معمولاً روی آنها یا داخل جعبه تقسیم آنها قرار دارد. بعد از عوض کردن سر سیمها، جهت چرخش را نگاه کنید و مطمئن شوید که جهت چرخش درست باشد.

اطلاعات مربوط به فشار بادزن

مقادیر فشار بادزن را برحسب مورد (فشار کل یا فشار استاتیک) یادداشت کنید.

سایر اطلاعات دستگاه هوارسان

ارقام زیر را بنویسید:

- هوادهی کل به فوت مکعب در دقیقه
- دماهای مرطوب
- مقدار هوای تازه (فوت مکعب در دقیقه)
- درصد رطوبت نسبی
- مقدار هوای برگشت (فوت مکعب دردقیقه)
- وضعیت عمومی دستگاه هوارسان
- دماهای خشک

اطلاعات مربوط به محرک

برحسب مورد اطلاعات محرک را بنویسید:

- اندازه محور
- اندازه تسمه
- فاصله محورها
- تعداد تسمه ها
- اندازه پولیها (sheave)
- استقرار درست موتور
- نام سازنده پولی
- میزان بودن محرک (هم محور بودن)
- پولی از نوع ثابت یا متحرک است
- مقدار کشش تسمه
- سازنده تسمه

برای برداشت اطلاعات محرک، بادزن را خاموش کنید و کلید موتور را قطع کرده و قفل کنید که فقط شما قادر به روشن کردن آن باشید. حفاظ تسمه ها را بردارید و اطلاعات پولی و تسمه ها را یادداشت کنید. روی بدنه پولی مشخصات و اندازه آن حک شده است. اگر پولی شماره قطعه (part number) ندارد، قطر آن را بگیرید و به کاتالوگ سازنده مراجعه کنید.اکثر سازندگان قطر خارجی و قطرگام پولی را درکاتالوگ خود نوشته اند. تعداد و اندازه تسمه ها را نیز یادداشت کنید. محور های بادزن و موتور را اندازه بگیرید و یادداشت کنید. فاصله بین مرکز دو محور را اندازه بگیرید و استقرار موتور را روی پایه تنظیم کنید. اگر لازم باشد پولی تعویض شود و جای کافی برای حرکت موتور روی پایه وجود داشته باشد، ممکن است بتوانید بدون خرید تسمه جدید، اندازه پولی را عوض کنید.

اطلاعات مربوط به موتور

آمار و اطلاعات موتور را برحسب مورد به شرح زیر یادداشت کنید:

- سازنده
- ولتاژ
- اندازه قاب
- مقدار آمپر
- قدرت (اسب بخار)
- ضریب توان
- تعداد فاز
- راندمان

- فرکانس (hertz) - توان حقیقی
- سرعت دورانی - اندازه استارتر
- ضریب سرویس - حفاظت حرارتی در مقابل بار بیش از حد (overload)

اگر پلاک مشحصات جایی قرار دارد که خواندن آن مشکل است، از آینه تلسکوپی استفاده کنید. اکثر موتورهایی که در تاسیسات ساختمان استفاده میشوند از نوع جریان متناوب تک فاز یا سه فاز و از نوع القایی (induction) یک یا دو ولتاژی هستند. موتور دو ولتاژی دو رقم آمپر روی پلاک مشخصات دارد، برای مثال یک موتور سه فاز، ۵۰ اسب بخار دو ولتاژی چنین رده بندی میشود: ولتاژ ۲۳۰/۴۶۰ ، آمپر ۱۲۰/۶۰. اگر موتور با ولتاژ ۲۳۰ کار کند، آمپر در حداکثر بار ۱۲۰ خواهد بود. اگر برای ۴۶۰ ولت سیم پیچی شده باشد، مقدار آمپر در حداکثر بار ۶۰ خواهد بود. ولتاژ و آمپر با هم نسبت معکوس دارند. بعبارت دیگر اگر ولتاژ دو برابر شود، آمپر نصف میشود.

ولتاژ موتور، مقدار جریان و ضریب توان

ولتاژ، آمپر و ضریب توان موتور را اندازه بگیرید و یادداشت کنید. مقدار ولت و آمپر بوسیله ولت - آمپرمتر دستی اندازه گرفته میشود. ولتاژ را از طرف برق شهر اندازه بگیرید (L_1-L_2 ، L_1-L_3 و L_2-L_3). اندازه گیری ولتاژ در جعبه ترمینال (terminal box) موتور بسیاز دقیق است ولی از نظر ایمنی بهتر است که در تابلو کنترل یا جعبه کلید قطع و وصل (disconnect box) اندازه گیری شود. اختلاف ولتاژ دو فاز معمولاً ناچیز است. ولتاژ اندازه گیری شده باید در حدود ۱۰± درصد ولتاژ پلاک مشخصات باشد. اگر چنین نیست، پیمانکار برق یا برق منطقه ای را باخبر سازید. آمپر را در جهت وصل شده به موتور اندازه بگیرید (T_1-T_2 ، T_1-T_3 و T_2-T_3). آمپر اندازه گیری شده هر فاز نباید از آمپر نوشته شده روی پلاک مشخصات بیشتر باشد. اگر بیشتر باشد یکی از کارهای زیر را برای اصلاح آن انجام دهید: سرعت بادزن را کاهش دهید یا دمپر خروجی را ببندید تا آمپر کاهش یابد. اگر بادزن مخصوص یک اتاق حساس نباشد آن را خاموش کنید و پرسنل ذیربط را با خبر سازید. اگر لازم است ضریب توان را بوسیله ضریب توان سنج اندازه بگیرید (L_1-L_2 ، L_1-L_3 و L_2-L_3).

سرعت موتور

عدد دور در دقیقه که روی پلاک مشخصات موتور حک شده است، سرعت موتور در توان نامی آن است. اگر توان نامی متفاوت باشد ممکن است سرعت موتور نیز به مقدار کمی با مشخصات داده شده تفاوت داشته باشد. بهرصورت ، عدد دور در دقیقه روی فرمهای گزارش نوشته شده و برای محاسبات استفاده میگردد.

ضریب سرویس

ضریب سرویس عددی است که توان و آمپر نامی را در آن ضرب میکنند تا به بار ایمن (safe load) موتور که میتواند بطور دایم در ولتاژ و فرکانس نامی تحمل کند دست یابند. ضریب سرویس ۱/۱۰ برای یک موتور ۵۰ اسب اجازه میدهد که موتور با بار ۵۵ اسب (۱/۱۰ x ۵۰) و حدود ۱۳۲ آمپر (۱/۱۰ x ۱۲۰) در ولتاژ ۲۳۰ ولت بطور ایمن کار کند.

اجازه ندهید که موتور در محدوده ضریب سرویس کار کند زیرا در شرایط خاصی ممکن است سیم پیچی آسیب ببیند و عمر موتور کاهش یابد. برای مثال اگر موتور یاد شده با ۱۳۲ آمپر در ولتاژ نامی کار کند و به دلایلی ولتاژ خط از ۲۳۰ افت کند و به ۲۲۰ برسد، مقدار آمپر به ۱۳۸ میرسد ($۱۳۲ \times {}^{۲۳۰}/_{۲۲۰}$) و باعث گرم شدن بیش از حد سیم پیچی میگردد.

حفاظت بار بیش از حد موتور

حفاظت بار بیش از حد (overload) عموماً برای افزایش آمپر (۱۲۵ درصد بیش از مقدار نامی) نصب

میشود. در انتخاب حفاظت حرارتی بار بیش از حد، باید به دمای محیط استارتر و موتور توجه نمود زیرا در بعضی مواقع این دو تفاوت زیادی دارند. در این موارد یک حفاظت حرارتی جبران کننده دما یا یک وسیله حفاظت مغناطیسی ممکن است مورد نیاز باشد. در موارد خاص با سازنده موتور یا مسئول شبکه برق مشورت کنید. روی ابزار حفاظت بار بیش از حد یک حرف یا یک عدد نوشته میشود که برای انتخاب اندازه صحیح از آن استفاده میشود. معمولاً داخل درپوش جعبه تقسیم موتورها یک جدول حرارتی و آمپر این حفاظتها دیده میشود. حفاظتهای حرارتی باید با مشخصات استارتر موتور هماهنگ شده باشد. اگر حفاظت یادشده خیلی بزرگ باشد ممکن است موتور بدرستی حفاظت نشده و بیش از حد گرم شود و اگر اندازه آن کوچک باشد ممکن است موتور دائماً قطع و وصل کند. اگر میخواهید حفاظت نو برای موتور سفارش دهید اطلاعات زیر مورد نیاز است :

اندازه استارتر موتور، آمپر بار نامی ، ضریب سرویس، نوع عایق ، مشخصات موتور و افزایش دمای مجاز آن. به نمودار ارائه شده از طرف سازنده برای انتخاب صحیح حفاظت مراجعه کنید.

تنظیم کنترل خودکار دما برای شرایط سرمایی نامی
(Set the Automatic Temperature Controls on the Full Cooling)

سیستم باید برای حداکثر مقدار هوای لازم تنظیم و متعادل شود. سعی کنید که سیستم را برای شرایط سرمایی متعادل کنید مگر اینکه شرایط دیگر حکم کند که این کار برای شرایط گرمایی صورت گیرد. در اکثر تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع، مقدار هوای مورد نیاز بار سرمایی بیش از گرمایی است. حتی اگر بار سرمایی و گرمایی مساوی باشند، بعلت اینکه اختلاف دمای سرمایی کمتر از گرمایی است ، مقدار هوای مورد نیاز بار سرمایی بیشتر میشود.

مثال ۱-۱۷ :

- شرایط گرمایی

$$Btuh = cfm \times ۱/۰۸ \times TD$$

$$CFM = \frac{Btuh}{۱/۰۸ \times TD}$$

$$CFM = \frac{۵۰۰۰۰}{۱/۰۸ \times (۱۰۵-۷۵)}$$

$$CFM = ۱۵۴۳$$

(دمای اتاق ۷۵ و دمای خروجی کویل گرمایی ۱۰۵ است)

- شرایط سرمایی

$$CFM = \frac{۵۰۰۰۰}{۱/۰۸ \times (۷۵-۵۵)} = ۲۳۱۵$$

(دمای اتاق ۷۵ و دمای خروجی کویل سرمایی ۵۵ درجه فارنهایت است)

کویل سرمایی خیس و خشک

کنترلها را برای شرایط سرمایی تنظیم کنید و بررسی کنید که کویل سرمایی عمل رطوبت گیری را بخوبی انجام داده و در حالت «خیس» است. افت فشار هوا روی کویل خیس بیش از کویل خشک است. اگر لازم است که با کویل خشک سیستم را بالانس کنید:

- سیستم را با روش نسبی (proportional) متعادل کنید.
- اگر سرعت بادزن با کویل خشک افزایش می یابد (که به شرایط کویل خیس برسد) ، مقدار آمپر موتور را اندازه

بگیرید که بیش از حد گرم نشود.

- سیستم را بعد از اینکه کویل خیس شد دوباره ارزیابی کنید.
- ممکن است نیاز باشد سرعت بادزن، زمانیکه کویل خیس است، افزایش یابد.
- مقدار جریان موتور را اندازه بگیرید.

تمام دمپرها و منحرف کننده ها (diverters) را تنظیم کنید

دمپرهای خودکار کنترل دما- نگاه کنید که تمام کنترلهای خودکار دما بدرستی کار میکنند و دمپرها را در وضعیت مناسب نگه میدارند. در صورتیکه دمپرها بدرستی انجام وظیفه نمیکنند، اهرم بندی آن را باز کرده و طبق روش زیر دمپرها را مسدود کنید:

- در سیستمهایی که دمپر روبرو - کنارگذر (face and bypass) دارند، مطمئن شوید که دمپر روبرو زن کاملاً باز و دمپر کنار گذر بطور کامل بسته باشد.
- در سیستمهایی که دمپرهای کانال سرد و کانال گرم دارند، مطمئن شوید که دمپر کانال سرد کاملاً باز و دمپر کانال گرم کاملاً بسته باشد. بعضی از سیستمها ممکن است کویل سرمایی با ضریب همزمانی (diversity factor) داشته باشند. ضریب همزمانی بدین معنی است که مقدار هوای عبوری از روی کویل کمتر از میزان هوادهی بادزن است. اگر چنین است، مقدار کل هوادهی بادزن تقسیم میشود. مقدار معینی از روی کویل سرمایی و بقیه از روی کویل گرمایی عبور خواهد کرد.
- بازدید کنید که دمپر برگشت هوا کاملاً باز باشد.
- دمپر هوای تازه را بازبینی کنید که روی حداقل هوای تازه مورد نیاز قرار گرفته باشد. بعد از متعادل کردن هوای رفت، دمپر هوای تازه باید در نقطه حداقل از پیش تعیین شده قرار گیرد.

دمپرهای کنترل آتش و دود - مطمئن شوید که دمپرهای آتش و دود در وضعیت مناسب طبق مشخصات قرار دارند.
دمپرهای دستی - مستقیم کننده ها، منحرف کننده ها. موارد زیر را مورد ارزیابی قرار دهید :

- تمام تقسیم کننده ها (extractors) و شبکه های توزیع هوا در حالت حداکثر مقدار جریان قرار گرفته باشند.
- تمام دمپرهای هوای رفت و برگشت، از جمله دمپرهای دریچه های هوای سقفی و دیواری در وضعیت کاملاً باز قرار داشته باشند.
- تمام ابزار جهت دهنده (air pattern devices) در دریچه های سقفی و دیواری بدرستی تنظیم شده باشند.
- تمام جداکننده ها (splitters) در حالت عادی (nondiverting) قرار گرفته باشند.

تمام بادزنها را با سرعت نامی روشن کنید.
سرعت بادزن را با سرعت سنج تماسی یا غیر تماسی اندازه بگیرید. سرعت بادزن را اگر لازم باشد طبق آنچه گفته شد تنظیم کنید.

فشار استاتیک را اندازه بگیرید

اندازه گیری را بوسیله لوله پیتوت با مانومتر متمایل مایعی یا مانومتر الکترونیکی اندازه گیری بکنید. سوراخها معمولاً به قطر $^{3}/_{8}$ اینچ است تا لوله استاندارد پیتوت ازآن عبور کند. برای نحوه اندازه گیری به فصل اول مراجعه کنید.

در دستگاه بادزن - برای اندازه گیری فشار استاتیک بدنه بادزن را سوراخ کنید. سوراخهای آزمایش را در محلهای زیر ایجاد کنید:

- قبل و بعد از فیلتر ، برای اندازه گیری افت فشار دو طرف فیلتر
- قبل و بعد از کویلها، برای اندازه گیری افت فشار دو طرف کویل
- قبل و بعد از بادزن ، برای اندازه گیری افت فشار استاتیک در دو طرف بادزن

در سیستم کانال کشی - کانال را برای اندازه گیری فشار استاتیک در نقاط مقطع عرضی (traverse) یا دو طرف کویل باز گرمکن ، دمپرها و غیره سوراخ کنید.

در جعبه های انتهایی (terminal boxes) - برای جعبه های اختلاط هوا با حجم ثابت، فشار را در انتهای کانال کشی و قبل از جعبه اندازه بگیرید. معین کنید که فشار ورودی به اندازه حداقل فشار مورد نیاز کارکرد جعبه است یا خیر. سرعت بادزن را طبق نیاز کم یا زیاد کنید. افت فشار دو طرف جعبه را ببینید. مقدار افت فشار را از سازنده بگیرید. بطور کلی ، برای کار رگولاتورهای مکانیکی حدود ۷۵% اینچ ستون آب فشار مورد نیاز است. فشار اضافی برای توزیع هوا بعد از جعبه مورد نیاز است. حدوداً، ۰/۱ اینچ در ۱۰۰ فوت طول کانال (با طول معادل) و ۰/۰۵ تا ۰/۱ اینچ ستون آب افت فشار برای دریچه مورد نیاز است.

در مورد جعبه های اندکسیون با حجم ثابت (فصل چهارم) بدنه جعبه را نگاه کنید که نمودار «هوا- فشار» روی آن نصب شده باشد. اگر نمودار وجود ندارد با سازنده جعبه ها تماس بگیرید. با کمک مانومتر مایعی یا الکترونیکی یا بوسیله اختلاف فشار سنج، فشار هوای اولیه را در نازلهای جعبه اندکسیون اولین و آخرین دستگاه هر رایزر اندازه بگیرید.

مقدارکل هوا را اندازه گیری کنید

اندازه گیری کل هوا در دستگاه هوارسان

مقدار هوا در هوارسان میتواند بعنوان حدود مقدار کل هوارسانی اندازه گیری شود. اندازه گیری بدین علت تقریبی محسوب میشود که ممکن است شرایط نامساعدی در کارگاه و در محل اندازه گیری وجود داشته باشد، ولی بهر صورت نتایج بدست آمده برای معین کردن عملکرد کل سیستم مفید است، زیرا با کم و زیاد کردن و تنظیم سرعت بادزن، سیستم در حدود تعیین شده برای کار متعادل قرار خواهد گرفت .

اگر بادزنی آزمایش شود و معلوم گردد که مقدار هوا بیش از مقدار لازم است، باید سرعت بادزن کم شده و مقدار هوا به حدود ۱۱۰ درصد مقدار طراحی کاهش یابد.. اگر مقدار هوادهی بادزن کم باشد، سرعت آن را باید زیاد کرد تا مقدار هوا به ۱۱۰ درصد مقدار طراحی شده افزایش یابد. اگر مقدار هوادهی کمتر از ۸۰ درصد مقدار طراحی باشد، سرعت مورد نیاز و توان لازم را محاسبه نموده و ظرفیت بادزن را به صد در صد مقدار طراحی افزایش دهید. اگر موتوری که در اختیار دارید میتواند توان اضافی را پاسخ دهد، سرعت را بوسیله محرکها افزایش دهید. چنانچه محرز گردید که برای رسیدن به پارامترهای جدید موتور باید عوض شود، با مسئولین امر برای تصمیم گیری در موارد زیر تماس بگیرید :

- موتور جدید را قبل از ادامه کار متعادل کردن نصب کنید.

بادزن را با حداکثر سرعت و بدون اضافه بار (overload) موتور روشن کرده و سیستم را متعادل کنید، سپس:
- موتور جدید را با یک فاصله زمانی نصب کنید تا به صد در صد ظرفیت برسد.

- میتوانید موتور جدید را نصب نکنید و از سیستم با ظرفیت کمتر از صد در صد استفاده کنید.

اندازه گیری مقدار هوا در دو طرف کویلها و فیلترها

برای معین کردن مقدار کل هوا در هوارسان، از یک capture hood, anemometer یا velocity grid استفاده کنید و در دو طرف فیلترها و کویلها نقاط اندازه گیری را در مقاطع عرضی مشخص کنید. وسیله متداول استفاده از anemometer پره ای ۴ اینچی است ولی برای اندازه گیری مقدار هوا از ابزارهای دیگر نیز استفاده میشود. آنمومترها وسایل حساسی هستند و برحسب محلی که قرار میگیرند اندازه گیریهای متفاوتی انجام میدهند، بنابراین در استفاده از آنها باید دقت کافی بعمل آید. مانند سایر لوازم، از دستورالعمل سازنده برای بهترین نتیجه گیری استفاده کنید. اندازه گیری مقدار هوا باید در طرف پایین دست (خروجی) فیلتر یا کویل انجام شود. هر اندازه گیری فقط یک تقریب از مقدار کل هوا است . تنها تجربه است که در این موارد به شما میگوید که اندازه گیری دقیق است یا خیر.
اندازه گیری مقدار هوا بعد از کویل و فیلتر معمولاً نتیجه خوبی بدست نمیدهد، مشکلات کار بشرح زیر است :

- نزدیک بودن فیلترها به جعبه هوای تازه یا هوای برگشت و گردابی که در هوای مخلوط بوجود می آید.

- اثر مساحت موثر (Vena Contracta - Jet Velocities) که در اثر عبور سرعت جریان هوا از کویل بوجود می آید.

برای اندازه گیری مقدار هوای عبوری از کویل و فیلتر بشرح زیر اقدام کنید:

- سطح تماس مفید کویل و فیلتر را به فوت مربع اندازه گیری کنید. اگر کویل و یا فیلتر خیلی بزرگ هستند آنها را به قسمتهای کوچکتر تقسیم کنید.

- سرعت را در هر قسمت تعیین کرده و سرعت میانگین را به فوت در دقیقه بدست آورید. بطور کلی سرعتهایی که در فیلتر یا کویل اندازه گیری میشود بعلت سرعت جتی هوا (jet velocities) حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد بالاتر از سرعت نامی هستند.

- برای فیلترها، سطح مفید را در سرعت میانگین ضرب کنید تا به مقدار هوا برسید ($cfm = fpm \times ft^2$).
اندازه گیرهای نوع هود (capture hood) مستقیماً مقدار هوا را اندازه گیری میکنند.

- برای کویلها، سطح مفید را در سرعت میانگین و ضریب تصحیح ضرب کنید تا به مقدار هوا برسید ($cfm = fpm \times ft^2 \times ۰/۷$). مقدار هوای هر قسمت را جمع کنید تا به مقدار کل برسید. اندازه گیر از نوع (capture hood) مستقیماً مقدار هوا را اندازه گیری میکند. همیشه از دستورالعمل سازنده برای اندازه گیری و دستیابی به ضرب تصحیح استفاده کنید.

مثال ۲-۱۷ : یک ردیف فیلتر ۷۲x۷۲ اینچ است (۹ فیلتر به اندازه ۲۴x۲۴ اینچ).
سرعت میانگین هر فیلتر بشرح زیر است :

۴۹۶ فوت در دقیقه	۵۸۵ فوت در دقیقه	۵۰۰ فوت در دقیقه
۳۷۵ فوت در دقیقه	۶۳۵ فوت در دقیقه	۵۳۴ فوت در دقیقه

۴۵۰ فوت در دقیقه ۳۵۰ فوت در دقیقه ۵۷۶ فوت در دقیقه

سرعت میانگین ۵۰۰ فوت در دقیقه است (۴۵۰۱:۹). سطح تماس ردیف فیلترها ۳۶ فوت مربع است (۷۲x۷۲ اینچ تقسیم بر ۱۴۴). مقدار هوا ۱۸۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه است (۵۰۰x۳۶).

مثال ۳-۱۷ : یک کویل سرمایی ۷۸x۷۸ اینچ است. سرعت کویل در چهار ربع (۱/۴ سطح) اندازه گیری شده است. سرعت در هر ربع به مقدار زیر است :

۶۵۱ ۶۲۴

۶۶۲ ۶۲۵

سرعت میانگین ۶۴۱ فوت در دقیقه است (۲۵۶۲:۴).

سطح تماس کویل ۴۲/۲۵ فوت مربع است (۷۸x۷۸ اینچ تقسیم بر ۱۴۴).

مقدار هوا ۱۸۹۵۸ فوت مکعب در دقیقه است (۶۴۱ x ۴۲/۲۵ x ۰/۷).

اندازه گیری افت فشار کویل

روش دیگر اندازه گیری مقدار کل هوا استفاده از کویل بعنوان یک اوریفیس (orifice) است.

- افت فشار استاتیک دو طرف کویل را اندازه بگیرید.
- منحنی «هوا - افت فشار» کویل را از سازنده بگیرید و از روی آن مقدار هوا را بدست بیاورید.

البته این روش توصیه شده اندازه گیری مقدار هوا نیست زیرا افت فشار بطور مطمئن اندازه گیری نمیشود.

اندازه گیری مقدار کل هوا در کانال

نقاط عرضی اندازه گیری مقدار هوا با پیتوت را طبق فصل سوم بوجود آورید.

برای سیستمهای چند منطقه ای با حجم ثابت :

نگاه کنید که آیا سیستم ضریب همزمانی (diversity) دارد یا خیر (همزمانی یعنی اینکه مقدار هوای عبوری از کویل کمتر از مقدار هوادهی بادزن میباشد). نسبت همزمانی را معین کنید. نسبت مقدار هوای سرد به کل هوا را در زمان متعادل سازی ثابت نگه دارید. این کار را با وسایل زیر انجام دهید:

- دمپرهای مخلوط کن را طوری تنظیم کنید که مثلاً در زمان بار سرمایی کامل دمپر گرم کمی باز باشد یا
- چند منطقه را هوای سرد بدهید تا مقدار هوای طراحی شده از روی کویل عبور کند و به بقیه مناطق هوای گرم بدهید.

برای سیستمهای دو کانالی با حجم ثابت و فشار متوسط یا زیاد:

اگر تمام جعبه ها از نوع حجم ثابت هستند، ترموستات را طوری تنظیم کنید که مقدار هوای کامل از روی کویل سرمایی عبور کند. در کانالهای سرد و گرم نقاط عرضی (traverse) تشکیل دهید. اگر مقدار هوای کانال گرم بیش از ۱۰% مقدار نامی باشد، دمپرهای کانال گرم و جعبه هاتی اختلاط را بازرسی کنید که نشتی نداشته باشند. (اتصال کانال سرد و گرم در جعبه های مخلوط کننده برعکس یکدیگر نباشند). اگرسیستم همزمانی دارد، نسبت آن را تعیین کرده و سعی کنید که درطول متعادل سازی مقدار هوای سرد به نسبت مقدار کل هوا ثابت باقی بماند. آن مقدار از جعبه ها را تحت بار قرار دهید که هوای سرد کافی از روی کویل سرمایی عبور کند و بقیه جعبه ها در حالت گرمایی تنظیم کنید.

فصل هیجدهم- متعادل سازی نسبی قسمتهای کم فشارسیستمهای مختلف
(Proportional Balance of the Low Pressure Side of Any System)

در این فصل نحوه متعادل کردن نسبی قسمتهای کم فشار سیستمهای با حجم ثابت ، حجم متغیر ، یک منطقه ای، چند منطقه ای و دو کانالی مورد بررسی قرار میگیرد.

اندازه گیری مقدار جریان

استفاده از سرعت سنج (Anemometer)

سه نوع سرعت سنج وجود دارد : پره ای ، پره ای انحرافی و حرارتی. این وسایل نیاز به ضریب تصحیح (AK یا ضریب جریان) برای هر قسمت از سیستم توزیع هوا دارند که باید توسط سازنده دریچه اعلام شود تابتوان سرعت اندازه گیری شده (فوت بردقیقه) را به مقدار جریان هوا (فوت مکعب در دقیقه) تبدیل نمود.

علاوه بر ضریب تصحیح دریچه های هوا ممکن است خود سرعت سنج نیز ضریب تصحیح داشته باشد .
ضریب تصحیح (ضریب جریان ، ضریب K یا ضریب AK) در واقع سطح موثر دریچه هوا میباشد که با روشهای معینی بوسیله سازنده آزمایش شده و به دست آمده است. ضریب جریان موقعی کاربرد دارد که از وسایل اندازه گیری مشخص شده بوسیله سازنده استفاده شود. از کاتالوگ و مشخصات سازنده دریچه ها برای بدست آوردن ضرایب تصحیح استفاده کنید. از این ضرایب جریان برای یافتن مقدار جریان هوا استفاده میشود. مقدار هوا مساوی است با سرعت متوسط هوا روی دریچه ضرب در سطح مفید دریچه ضرب در ضریب تصحیح یا به عبارت دیگر CFM = V×AK.
به فصل سوم مراجعه کنید .

اگر ضریب تصحیح در دسترس نباشد و یا اینکه نتایج غیر قابل قبولی بدست دهد ،میتوان با روش قرار دادن پیتوت در مقطع عرضی کانال ، ضریب تصحیح دریچه مورد نظر را تعیین کرد. در این صورت مسیر کانال از نقطه مقطع عرضی اندازه گیری تا شبکه توزیع باید فاقد نشت بوده و مانعی سر راه جریان هوا نباشد .
اعداد را در نقاط مقطع عرضی و در مجاورت دریچه اندازه بگیرید. ضریب جریان جدید را محاسبه نمائید.

مثال ۱-۱۸: سازنده یک دریچه دیواری ۲۰ در ۸ اینچ ناشناس است . یک دریچه تیپ قابل تنظیم رفت هوا با استفاده از سرعت سنج پره ای دارای ضریب تصحیح ۰/۷۵ است.
دریچه را آزمایش نموده و سرعت میانگین ۶۴۵ فوت در دقیقه بدست آمده است . در این صورت مقدار هوا ۰/۷۵ × ۶۴۵ یا ۴۸۳/۷۵ فوت مکعب در دقیقه است .

در مقطع عرضی (Traverse) لوله پیتوت (Pitot tube) در کانال منتهی به دریچه قرارداده میشود.
مقدار هوا ۶۰۰ فوت مکعب در دقیقه بدست می آید . بنا بر این ضریب تصحیح واقعی ۰/۹۳است از این ضریب AK برای دریچه یاد شده و با سرعت سنج پره ای استفاده میشود.

ضریب AK اولیه

$$AK = \frac{cfm}{V}$$

$$AK = \frac{۴۸۴}{۶۴۵}$$

$$AK = ۰/۷۵$$

ضریب AK جدید

$$AK = \frac{cfm}{V}$$

$$AK = \frac{۶۰۰}{۶۴۵}$$

$$AK = ۰/۹۳$$

کاربرد هودهای هواگیر(Capture Hoods) برای اندازه گیری مقدار هوا

استفاده از هودهای هواگیر برای اندازه گیری مقدار جریان هوا یکی از آسانترین و دقیق ترین روشهای متداول میباشد. با هود های هواگیر، مقدار هوا بطور مستقیم به فوت مکعب در دقیقه خوانده میشود. با هودهای هواگیر مقیاسی (Analog) مقدار جریان هوا تا ۵ فوت مکعب در دقیقه قابل اندازه گیری است. این عدد برای هودهای هواگیر الکترونیکی ۱ فوت مکعب در دقیقه است .

با استفاده از هود هواگیر دیگر به ضریب تصحیح دریچه نیازی نیست . اما اگر اعداد اندازه گیری بوسیله هود هواگیر خیلی کم یا خیلی زیاد باشد (بواسطه سرعتهای غیرمعمول) میتوانید با استفاده از لوله پیتوت در نقاط عرضی کانال (Traverse) ضریب تصحیح هود هواگیر را پیدا کنید. با سازنده هود هواگیر راجع به ضریب تصحیح مشورت کنید. از هود هواگیر میتوان برای یافتن ضریب AK نیز استفاده نمود .

مثال ۲ - ۱۸ : مقدار هوای چند دریچه خطی به طول ۶ فوت که در سقف کاذب قرار دارند بوسیله هود هواگیر با دهانه ۲۴ × ۲۴ اینچ اندازه گیری میشود اندازه گیری در سه نوبت هریک به طول ۲ فوت انجام میشود و سپس مقادیر برای یافتن کل هوا جمع میشود. برای اینکه از اندازه گیری و لزوم ضریب تصحیح مطمئن باشیم ، اندازه گیری را با نقاط عرضی و لوله پیتوت تکرار می کنیم و با مقادیرهوا از طریق هواگیر مقایسه می کنیم مقدار هوای بدست آمده روی دریچه ها تقسیم بر هوای بدست آمده در نقاط عرضی بوسیله پیتوت ضریب تصحیح مورد نظر میباشد. آزمایش های محلی نشان داده است که بعضی از هودهای هواگیر مقدار هوای دریچه های خطی را کمتر از مقدار واقعی اندازه میگیرند.

مثال ۳ - ۱۸ :سه عدد دریچه دیواری قابل تنظیم وجود دارد که می توان مقدار هوای سه دریچه اولی را بوسیله هود هواگیر اندازه گیری نمود ولی بعلت عدم دسترسی ، مقدار هوای دو دریچه دیگر بوسیله سرعت سنج پره ای اندازه گیری میشود. ضریب AK دریچه ها نامشخص است. اندازه تمام دریچه ها ۶ × ۱۸ اینچ است. دریچه ها کاملاً باز هستند. انشعاب (Take off) هریک از دریچه ها ۶ × ۱۸ اینچ است.

مقدار هوای اولین دریچه بوسیله هود هواگیر اندازه گرفته میشود. یک قطعه مقوا روی دهانه هود گذاشته شده و یک سوراخ باندازه ۶× ۱۸ اینچ در آن ایجاد می کنیم و روی دریچه نگه میداریم . مقدار هوا ۳۵۰ فوت مکعب در دقیقه است . سپس از سرعت سنج استفاده میشود و سرعت ۳۹۰ فوت در دقیقه اندازه گرفته میشود.
ضریب AK محاسبه شده ۰/۹ است از این ضریب برای دو دریچه دیگر استفاده میشود .

$$AK = \frac{cfm}{V}$$

$$AK = \frac{۳۵۰}{۳۹۰}$$

$$KA = ۰/۹$$

متعادل سازی تناسبی (Proportional Balancing)

در متعادل کردن سیستم با روش تناسبی لازم است نکات زیر رعایت شود:

- تمام دمپرهای حجمی سیستم کاملاً باز باشند و وضعیت دمپرهای دیگر طبق آنچه در فصل ۱۷ گفته شد باشد.
- دریچه ای که کمترین مقدار هوادهی دارد در حالت باز باقی بماند.
- دمپر حجمی روی انشعابی که کمترین مقدار هوا از آن عبور می کند کاملاً باز باشد.

مراحل مختلف متعادل کردن تناسبی به شرح زیر است :

- نخست مشخص کنید که کدام دریچه در تمام کل سیستم پائین ترین درصد جریان نامی را دارد.

درصد جریان نامی یا طراحی برابراست با جریان اندازه گیری شده تقسیم بر مقدار جریان طراحی. جریان نامی یا طراحی میتواند مقداری باشد که در نقشه ها آمده یا اینکه در محل و با شرایط اتاق محاسبه شده باشد. اگر از سرعت سنج استفاده شود، مقدار جریان اندازه گیری شده و مقدار جریان طراحی به فوت در دقیقه ذکر میشود. چنانچه از هود هواگیر استفاده شود این مقادیر به فوت مکعب در دقیقه نوشته میشود . تمام مثالهای تعادل سازی در این کتاب به فوت مکعب در دقیقه است. معمولاً دریچه ای که از بادزن دورتر است کمترین درصد جریان را دارد . به این دریچه ، دریچه «کلیدی » می گوئیم.

- بطور تناسبی هر دریچه را تاحد ۱۰% مقدار نامی خود بالانس کنید . نسبت درصد مقدار طراحی بین هر دریچه باید حدود ۱۰% باشد (۱ الی ۱/۱). نسبت جریان طراحی برابر است با درصد جریان هردریچه تقسیم بر درصد جریان دریچه کلیدی

$$\text{نسبت} = \frac{\text{درصد جریان دریچه تنظیم شده}}{\text{درصدجریان دریچه کلیدی}}$$

مثال ۴ - ۱۸ : درصد جریان یک دریچه تنظیم شده صد در صد است - درصد جریان دریچه کلیدی ۸۰% است. نسبت ۱/۲۵ است ($^{۱۰۰}/_{۸۰}$) مقدار هوای این دریچه در حد نصاب داده شده نیست. برای اینکه درحد نصاب قرارگیرند این نسبت باید حدود ۱ و ۱/۱ باشد.

مثال ۵ - ۱۸ : درصد جریان یک دریچه تنظیم شده ۸۸% است. درصد جریان دریچه کلیدی ۷۸ % است. این دریچه ها درحد نصاب قرار ندارند زیر نسبت آنها ۱/۱۳ است ($^{۸۸}/_{۷۸}$).

مثال ۶ - ۱۸ : درصد جریان یک دریچه تنظیم شده ۱۰۸ درصد است. درصد جریان دریچه کلیدی ۹۹ % است. این دریچه ها درحد نصاب قرارمی گیرند زیرا نسبت آنها ۱/۰۹ است ($^{۱۰۸}/_{۹۹}$).

- هریک از دریچه ها را از پائین ترین حد درصد جریان (دریچه کلیدی) تا بالاترین حد درصد جریان که در انشعاب وجود دارد تنظیم کنید. از دریچه کلیدی شروع کنید. دریچه ها را از کمترین درصد جریان به بیشترین درصد جریان تنظیم نماید. برای کم کردن جریان هوا از دمپرهای کنترل نصب شده روی انشعابات استفاده کنید نه از دمپر دریچه. استفاده از دمپر دریچه سر و صدا ایجاد میکند و توزیع هوا ناقص صورت می گیرد ۰ بطور تناسبی تمام دریچه های این انشعاب راتنظیم کنید.

- با استفاده از اندازه گیریهای اولیه به سراغ انشعابی که درصد جریان آن بعد از انشعاب اول کمترین درصد را دارد بروید. این دریچه «کلیدی » معمولاً برای انشعابی است که دومین فاصله طولانی از بادزن را دارد. تمام دریچه های این انشعاب رانسبت به دریچه کلیدی درحد ۱۰% ± تنظیم کنید .

- کار تعادل سازی را ادامه دهید تا تمام دریچه های انشعابات در حد ۱۰% ± یکدیگر بالانس شده باشند.

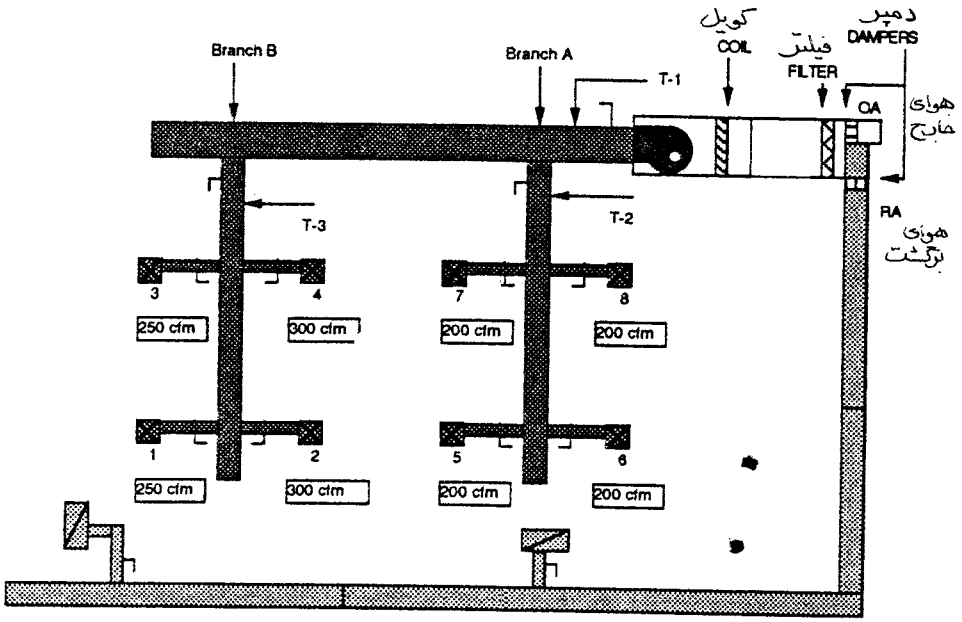
- مشخص کنید که کدام انشعاب دارای پائین ترین درصد جریان است (انشعاب کلیدی). بطور تناسبی تمام انشعابات را از پائین ترین درصد جریان تا بیشترین درصد جریان تنظیم کنید بطوریکه تفاوت آنها در حد ۱۰% یکدیگر باشد.

- کار تعادل سازی را ادامه دهید تا اینکه تمام انشعابات بالانس شده باشند.

- اگر لازم است سرعت بادزن را تغییر دهید تا اینکه مقدار جریان در حد ۱۰% مقدار طراحی باشد.
- دوباره مقدار هوای تمام دریچه ها را اندازه بگیرید. و اگر لازم است آنها را تنظیم نهایی کنید.
- گزارش را تکمیل کنید.

تمرین ۱ -۱۸ : متعادل سازی تناسبی توزیع هوا

سیستم با حجم ثابت نشان داده شده در شکل ۱ -۱۸ را متعادل کنید. سیستم مورد بازدید قرارگرفته و تمام دمپرها و دریچه ها در وضعیت مناسب میباشند . سرعت بادزن درست است . کل مقدار هوادهی ۱۹۰۰ فوت مکعب در دقیقه است . مقدار هوای طراحی انشعاب A برابر ۸۰۰، و انشعاب B برابر ۱۱۰۰ فوت مکعب در دقیقه است .



شکل ۱-۱۸

کانال	نقطه درمقطع عرضی	مقدار هوای طراحی فوت مکعب دردقیقه	مقدارهوای اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان
اصلی	T-1	۱۹۰۰	۲۱۰۰	۱۱۱

کانال	نقطه درمقطع عرضی	مقدار هوای طراحی فوت مکعب دردقیقه	مقدارهوای اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان
انشعاب A	T-2	۸۰۰	۹۲۵	۱۱۶
انشعاب B	T-3	۱۱۰۰	۱۱۲۰	۱۰۲
جمع		۱۹۰۰	۲۰۴۵	۱۰۸

اندازه گیری اولیه	شماره دریچه	هوادهی طراحی	هوادهی اندازه گیری شده
	۱	۲۵۰	۲۳۵
	۲	۳۰۰	۲۸۰
	۳	۲۵۰	۲۶۵
	۴	۳۰۰	۳۴۰
	۵	۲۰۰	۲۳۰
	۶	۲۰۰	۲۱۰
	۷	۲۰۰	۲۶۰
	۸	۲۰۰	۲۲۵
	جمع	۱۹۰۰	۲۰۴۵

مشخص کنید که کدام دریچه پائین ترین درصد هوادهی طراحی را دارد.

شماره دریچه	هوادهی طراحی فوت مکعب در دقیقه	هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان
۱	۲۵۰	۲۳۵	۹۴
۲	۳۰۰	۲۸۰	۹۳
۳	۲۵۰	۲۶۵	۱۰۶
۴	۳۰۰	۳۴۰	۱۱۳
۵	۲۰۰	۲۳۰	۱۱۵
۶	۲۰۰	۲۱۰	۱۰۵
۷	۲۰۰	۲۶۰	۱۳۰
۸	۲۰۰	۲۲۵	۱۱۳
جمع	۱۹۰۰	۲۰۴۵	۱۰۸

- دریچه شماره ۲ روی انشعاب B دریچه کلیدی سیستم می باشد. دمپر تعادل روی انشعاب دریچه شماره ۲ باز باقی می ماند.
- دریچه شماره ۱ بیشترین درصد بعدی را با ۹۴ % داراست .
- معین کنید آیا دریچه شماره ۱ و۲ درحد ۱۰ % یکدیگر میباشند یا خیر .
- نسبت دریچه شماره ۱ به ۲ ، ۱/۰۱ است ($\frac{\%۹۴}{\%۹۳}$).
- نسبت دریچه شماره ۱ و۲ درحد ۱۰ % میباشد . این نسبت تاحرکت کردن دوباره دمپرها باقی می ماند .

مثال ۷-۱۸: بعلت ازدیاد سرعت بادزن ، مقدار جریان دریچه شماره ۲ به حد ۹۵ % رسیده است . مقدار جریان دریچه شماره ۱ به ۹۶ % می رسد (۱/۰۱ × ۹۵).

شماره دریچه	مقدار هوادهی طراحی فوت مکعب در دقیقه	مقدارهوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان	نسبت
۱	۲۵۰	۲۳۵	۹۴	۱:۲ = ۱/۰۱
۲	۳۰۰	۲۸۰	۹۳	دریچه کلیدی

توزیع هوا شماره ۳

- به سراغ دریچه شماره ۳ بروید (دریچه ای که بیشترین درصد جریان بعدی رادارد).
- دریچه شماره ۳ را با دریچه شماره ۲ (دریچه کلیدی) مقایسه کنید .
- نسبت دریچه شماره ۳ به دریچه شماره ۲برابر ۱/۱۴ است ($\frac{\%۱۰۶}{\%۹۳}$).
- نسبت بین دریچه شماره ۲ و۳ بیشتر از حد ده درصد است (بزرگتراز ۱/۱).
- دریچه شماره ۳ را نسبت به شماره ۲ بالانس کنید .
- دمپر حجمی دریچه شماره ۳ را ببندید.
- مقادیر درصد جریان را باهم جمع کرده تقسیم بر ۲ کنید تامقدار فرضی فوت مکعب دردقیقه را بدست آورید.
- مقدار انتخابی ۱۰۰% است $\frac{(۹۳ + ۱۰۶)}{۲}$.
- دمپر را مقداری ببندید تا دریچه شماره ۳ برابر ۲۵۰ فوت مکعب در دقیقه را (۱۰۰%) نشان دهد.

- حجم هوادهی دریچه شماره ۲ را اندازه بگیرید.
- مقدار هوادهی دریچه شماره ۲ برابر ۲۸۵ فوت مکعب دردقیقه است .
- درصد جریان دریچه شماره ۳ و ۲ و نسبت بین آنها را مشخص کنید .
- دریچه شماره ۳ ، صددرصد طراحی است ($^{۲۵۰}/_{۲۵۰}$) این مقداری است که بوسیله دمپر تنظیم شده است.
- دریچه شماره ۲ در حد ۹۵ % است ($^{۲۸۵}/_{۳۰۰}$).
- نسبت بین دریچه شماره ۲ و ۳ برابر ۱/۰۵ است ($^{۱۰۰}/_{۹۵}$).
- نسبت ۱۰ درصد است .
- دمپر دریچه شماره ۳ قفل میشود. هرگاه نسبت بین دو دریچه درحد ۱۰ % باشد دمپر آن دریچه ها قفل میشود.

شماره دریچه	مقدار هوادهی طراحی فوت مکعب در دقیقه	مقدار هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در درقیقه	درصد جریان	نسبت
۱	۲۵۰	۲۴۰*	۹۶*	۱: ۲= ۱/۰۱
۲	۳۰۰	۲۸۵	۹۵	کلیدی
۳	۲۵۰	۲۵۰	۱۰۰	۳: ۲= ۱/۰۵

* مقدار هوادهی محاسبه شده و درصد طراحی فقط مربوط به این مثال میباشد تا نشان داده شود که چه اتفاقی برای دریچه ای که قبلاً تنظیم شده می افتد .

توزیع هوای شماره ۴

- به سراغ دریچه شماره ۴ بروید (دریچه ای که بالاترین درصد جریان بعدی را دارد).
- مقدار هوای دریچه شماره ۴ را اندازه بگیرید.
- مقدار هوا در دریچه شماره ۴ برابر ۳۵۰ فوت مکعب در دقیقه است .
- مقدار درصد جریان دریچه شماره ۴ و دریچه شماره ۲ را تعیین کرده و نسبت آنها را بیاید.
- دریچه شماره ۴ برابر ۱۱۷ درصد است .
- دریچه شماره ۲ برابر ۹۵ درصد است .

- نسبت بین این دو ۱/۱۹ است ($^{۱۱۷}/_{۹۵}$).
- نسبت بین در دریچه یاد شده بیش از ۱۰% است (بزرگتراز ۱/۱).
- دریچه شماره ۴ را نسبت به دریچه شماره ۲ بالانس کنید .
- دمپر حجمی دریچه شماره ۴ را ببندید.
- درصد جریان ها را با هم جمع کرده تقسیم بر ۲ کنید تا عدد فرضی فوت مکعب بر دقیقه بدست آید ۰
- مقدار انتخاب شده ۱۰۶% است ($\frac{۹۵+۱۱۷}{۲}$).
- دمپر حجمی دریچه را کمی ببندید تا مقدار هوادهی دریچه شماره۴ برابر ۳۱۸ فوت مکعب در دقیقه (۱۰۶%) بشود.
- مقدار هوادهی دریچه شماره ۲ را بخوانید.
- مقدار هوادهی دریچه شماره ۲ برابر ۲۹۰ فوت مکعب در دقیقه است.
- در صد جریان دریچه شماره ۴ و دریچه شماره ۲ را تعیین کرده و نسبت بین آنها را بیابید.
- دریچه شماره ۴ برابر ۱۰۶ درصد است ($^{۳۱۸}/_{۳۰۰}$) این مقداری است که بوسیله دمپر تنظیم شده است .
- دریچه شماره ۲برابر ۹۷ % طراحی است ($^{۲۹۰}/_{۳۰۰}$).
- نسبت بین در دریچه ۴ و ۲ برابر ۱/۰۹ است ($^{۱۰۶}/_{۹۷}$).
- نسبت در حد ده درصد است.
- دمپر دریچه شماره ۴ را قفل نمائید۰
- تمام دریچه های روی انشعاب B در حد ۱۰% یکدیگر متعاد ل شده اند

شماره دریچه	مقدار هوادهی طراحی فوت مکعب در دقیقه	مقدار هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان	نسبت
۱	۲۵۰	۲۴۵*	۹۸*	۱: ۲= ۱/۰۱
۲	۳۰۰	۲۹۰	۹۷	کلیدی
۳	۲۵۰	۲۵۵*	۱۰۲*	۳: ۲= ۱/۰۵
۴	۳۰۰	۳۱۸	۱۰۶	۴:۲= ۱/۰۹

* محاسبه شده

شاخه A

دریچه کلیدی شاخه A را بیابید. این دریچه شماره ۶ با ۱۰۵% مقدار هوادهی طراحی خواهد بود. سایر دریچه ها را نسبت به دریچه شماره ۶ بالانس کنید.

شماره دریچه	مقدار هوادهی طراحی فوت مکعب دردقیقه	مقدار هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان
۵	۲۰۰	۲۳۰	۱۱۵
۶	۲۰۰	۲۱۰	۱۰۵
۷	۲۰۰	۲۶۰	۱۳۰
۸	۲۰۰	۲۲۵	۱۱۳

توزیع شماره ۸

- به سراغ دریچه شماره ۸ که بیشترین درصد هوادهی پس از دریچه شماره ۶ را دارد بروید.
- دریچه شماره ۸ را با دریچه شماره ۶ (دریچه کلیدی) مقایسه کنید.
- نسبت دریچه شماره ۸ به دریچه شماره ۶ برابر ۱/۰۸ است ($^{۱۱۳}/_{۱۰۵}$).
- نسبت بین دریچه شماره ۸ و دریچه شماره ۶ کمتر از ۱۰٪ است (کمتر از ۱/۱۰).

شماره دریچه	مقدار هوادهی طراحی فوت مکعب دردقیقه	مقدار هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان	نسبت
۶	۲۰۰	۲۱۰	۱۰۵	کلیدی
۸	۲۰۰	۲۲۵	۱۱۳	۸:۶=۱/۰۸

توزیع هوای شماره ۵

- به سراغ دریچه شماره ۵ بروید که درصد هوادهی آن بعد از شماره ۸ بیشترین است ۰
- مقدار هوادهی دریچه شماره ۵ را بادریچه شماره ۶ (دریچه کلیدی) مقایسه کنید۰
- نسبت شماره ۵ به شماره ۶ ، ۱/۱۰ است ($^{۱۱۵}/_{۱۰۵}$).
- این نسبت در حد ۱۰% است .

شماره دریچه	مقدار هوادهی طراحی شده فوت مکعب دردقیقه	مقدار هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان	نسبت
۵	۲۰۰	۲۳۰	۱۱۵	۵: ۶ = ۱/۱۰
۶	۲۰۰	۲۱۰	۱۰۵	کلیدی
۸	۲۰۰	۲۲۵	۱۱۳	۸:۶=۱/۰۸

توزیع هوای شماره ۷

- به سراغ دریچه شماره ۷ بروید (دریچه ای که بیشترین درصد هوادهی بعدی را دارد).
- دریچه شماره ۷ را با دریچه شماره ۶ (کلیدی) ،مقایسه کنید.
- نسبت هوادهی دریچه شماره ۷ به دریچه شماره ۶ برابر ۱/۲۴ است ($^{۱۳۰}/_{۱۰۵}$).
- نسبت بین دو دریچه شماره ۷ و ۶ بیش از ۱۰ % است (بزرگتر از ۱/۱ است).
- دریچه شماره ۷ را نسبت به شماره ۶ بالانس کنید. .
- دمپر حجمی دریچه شماره ۷ را ببندید.
- برای بدست آوردن مقدار هوادهی دلخواه دو عدد درصد را باهم جمع کرده و تقسیم به ۲ نمائید.
- مقدار انتخاب شده ۱۱۸ % است $\frac{(۱۰۵+۱۳۰)}{۲}$.
- دمپردریچه شماره ۷ را بطور دلخواه ببندید تامقدار هوادهی آن ۲۳۶ فوت مکعب در دقیقه بشود (۱۱۸%).
- بابستن دمپر مقدار هوادهی به ۲۳۰ فوت مکعب در دقیقه میرسد. (۱۱۵%)
- مقدار هوادهی دریچه شماره ۶ را اندازه بگیرید.
- مقدار هوادهی ۲۱۸ فوت مکعب در دقیقه است .
- درصد دریچه شماره ۷ و ۶ را بدست آورید، نسبت بین آن دو را بیابید .
- دریچه شماره ۷ برابر ۱۱۵% است ($^{۲۳۰}/_{۲۰۰}$) این مقدار بوسیله دمپر تعیین شده است .
- دریچه شماره ۶ برابر ۱۰۹ % است ($^{۲۱۸}/_{۲۰۰}$).
- نسبت بین دو دریچه ۱/۰۶ است ($^{۱۱۵}/_{۱۰۹}$).

- نسبت در حد ۱۰ درصد است. دمپر دریچه شماره ۷ را قفل کنید.
- تمام دریچه های انشعاب A در حد ۱۰% یکدیگر بالانس شده اند.

شماره دریچه	مقدار هوادهی طراحی فوت مکعب در دقیقه	مقدار هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان	نسبت
۵	۲۰۰	۲۴۰*	۱۲۰*	۵:۶ =۱/۱۰
۶	۲۰۰	۲۱۸	۱۰۹	کلیدی
۷	۲۰۰	۲۳۰	۱۱۵	۷:۶ =۱/۰۶
۸	۲۰۰	۲۳۶*	۱۱۸*	۸:۶=۱/۰۸

* محاسبه شده

وضعیت سیستم بعد از متعادل سازی دریچه ها

شماره دریچه	مقدار هوادهی طراحی فوت مکعب در دقیقه	مقدار هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان	نسبت
۱	۲۵۰	۲۴۵*	۹۸*	۱:۲=۱/۰۱
۲	۳۰۰	۲۹۰	۹۷	کلیدی
۳	۲۵۰	۲۵۵*	۱۰۲*	۳:۲=۱/۰۵
۴	۳۰۰	۳۱۸	۱۰۶	۴:۲=۱/۰۹
جمع	۱۱۰۰	۱۱۰۸*		
۵	۲۰۰	۲۴۰*	۱۲۰*	۵:۶=۱/۱۰
۶	۲۰۰	۲۱۸	۱۰۹	کلیدی
۷	۲۰۰	۲۳۰	۱۱۵	۷:۶=۱/۰۶
۸	۲۰۰	۲۳۶*	۱۱۸*	۸:۶=۱/۰۸
جمع	۸۰۰	۹۲۴*		
جمع کل	۱۹۰۰	۲۰۳۲		

* محاسبه شده

تمرین شماره ۲ - ۱۸ : بالانس کردن تناسبی انشعاب ها
با استفاده از فشار استاتیک انشعاب ها را متعادل سازید :

- فشار استاتیک انشعابات را بعد از دمپر حجمی و قبل از انشعاب هردریچه اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک انشعابات را در نقاط مقطع عرضی (Traverse Point) کانال اندازه بگیرید.

- با استفاده از نقاط عرضی کانال یا جمع جبری دریچه ها مقدار هوادهی هر انشعاب راحساب کنید.
- مقدار هوای اندازه گیری شده به **cfm1** نام گذاری میشود.
- فشار استاتیک اندازه گیری شده به **SP1** نشان داده میشود.
- با استفاده از قانون شماره ۲ بادزنها، مقدار فشاراستاتیک لازم (SP2) که بتواند مقدار هوادهی طراحی (cfm2) را بدهد حساب کنید.
- قبل از متعادل سازی مطمئن شوید که تمام دمپرها باز باشند. مطمئن شوید که در مراحل متعادل سازی وضعیت دمپرهای انشعاب تغییر نکرده باشد.

مثال ۷-۱۸: بعد از یافتن نقاط عرضی انشعاب و فشار استاتیک ، دیده می شود که یکی از دمپرهای دریچه های هوا بسته بوده است. اگر دمپر باز شود، مقدار هوادهی افزایش یافته و فشاراستاتیک کاهش می یابد. تا اندازه گیری مجدد مقدار هوادهی و فشار استاتیک نمی توان از قوانین بادزنها استفاده نمود.

مثال ۸-۱۸ : بعداز اندازه گیری مقدار هوا و فشار استاتیک ، دمپریکی از دریچه ها را می بندیم. بستن دمپر باعث کم شدن هوادهی در نقاط عرضی و بالا رفتن فشار استاتیک خواهد شد. تا مقدار هوادهی و فشار استاتیک جدید اندازه گیری نشوند نمیتوان از قوانین بادزنها استفاده نمود. انشعابات را درحد تولرانس ۱۰% بطور تناسبی متعادل سازید.

- نسبت درصد هوادهی بین هر دو انشعاب باید درحد ۱۰ % باشد (۱ الی ۱/۱۰)

نسبت در صد طراحی برابراست با درصد طراحی انشعابی که تنظیم میشود تقسیم بردرصد طراحی انشعاب کلیدی

$$\text{نسبت} = \frac{\text{درصد انشعاب تنظیم شده}}{\text{درصد انشعاب کلیدی}}$$

هر کدام از انشعاب ها را از پائین ترین درصد (انشعاب کلیدی) تا انشعابی که بالاترین درصد را دارد تنظیم کنید. کار متعادل سازی انشعاب ها بعداز تکمیل بالانس دریچه هاانجام میشود.

- از انشعاب کلیدی شروع کنید .
- هر انشعاب را از پائین ترین درصد به سمت بالاترین درصد تنظیم کنید. برای کم کردن حجم هوا از دمپرهای انشعابات استفاده کنید.
- بظور تناسبی همه انشعاب ها را بالانس کنید .

بعد از بالانس دریچه ها به سراغ انشعابی که کمترین درصد هوادهی را بعد از انشعاب کلیدی دارد بروید.

- این انشعاب کلیدی معمولاً دومین انشعاب از نظر فاصله تا بادزن خواهد بود.
- این انشعاب را نسبت به انشعاب کلیدی در حد ۱۰ % تنظیم کنید.

عمل متعادل سازی را ادامه دهید تا آنجائیکه تمام انشعاب ها نسبت به یکدیگر درحد۱۰ % بالانس شده باشند. اول مشخص کنید که کدام انشعاب دارای پائین ترین درصد هوادهی است .

انشعاب	نقطه فشار استاتیک	مقدار هوادهی طراحی (cfm2)	مقدار هوادهی اندازه - گیری شده (cfm1)	درصد جریان	فشاراستاتیک sp1	نسبت
A	T-2	۸۰۰	۹۲۴	۱۱۶	۱	
B	T-3	۱۱۰۰	۱۱۰۸	۱۰۱	۰/۸۵	A:B=۱/۱۸
جمع		۱۹۰۰	۲۰۳۲	۱۰۷		

- انشعاب B با ۱۰۱% انشعاب کلیدی است. دمپر این انشعاب در حالت باز باقی می ماند.
- انشعاب A دارای بالاترین درصد بعداز B است (۱۱۶%).
- معین کنید که آیا این دو انشعاب در حد ۱۰ % یکدیگر میباشند یاخیر.
- نسبت بین این دو ۱/۱۵ است $\frac{\text{۱۱۶ درصد}}{\text{۱۰۱ درصد}}$
- نسبت بین این دو انشعاب درحد ۱۰% نیست.

انشعاب A

- انشعاب A را نسبت به انشعاب B متعادل سازید.
- دمپر انشعاب A را ببندید.
- برای پیدا کردن مقدار هوادهی انتخابی، درصدهای داده شده را با هم جمع کرده تقسیم بر دو نمائید.
- مقدار انتخاب شده ۱۰۹ % است $\frac{(\text{۱۰۱} + \text{۱۱۶})}{\text{۲}}$. مقدار هوادهی ۸۷۲ فوت مکعب دردقیقه است.
- بااستفاده از قانون دوم بادزنها، فشار استاتیک جدید در نقطه T-2 (انشعاب A) را که مربوط به مقدار هوادهی ۸۷۲ فوت مکعب در دقیقه (۱۰۹%) است بیابید.
- بطور دلخواه دمپر انشعاب A را ببندید تا SP2 به مقدار ۰/۸۹ اینچ ستون آب بشود.

$$\frac{CFM_2}{CFM_1} = \frac{SP_2}{SP_1}^{2}$$

$$SP_2 = SP_1 \frac{CFM_2}{CFM_1}^{2}$$

$$SP_2 = ۱/۰۰ \frac{۸۷۲^{2}}{۹۲۴}$$

SP_2 =۰/۸۹ اینچ ستون آب

- فشار استاتیک T-3 را اندازه بگیرید.
- فشاراستاتیک ۰/۹ است.
- مقدار هوادهی جدید را در انشعاب B اندازه بگیرید.

$$\frac{CFM_{۲}}{CFM_{۱}}^{۲} = \frac{SP_{۲}}{SP_{۱}}$$

$$CFM_{۲} = CFM_{۱} \sqrt{\frac{SP_{۲}}{SP_{۱}}}$$

$$CFM_{۲} = ۱۱۰۸ \sqrt{\frac{۰/۹}{۰/۸۵}}$$

$$CFM_{۲} = ۱۱۴۰$$

- مقدار هوادهی جدید در انشعاب B برابر ۱۱۴۰ فوت مکعب در دقیقه است.
- درصد هوادهی انشعاب A,B را معین کنید. نسبت بین این دو را بیابید.
- انشعاب B برابر ۱۰۴% است ($^{۱۱۴۰}/_{۱۱۰۸}$).
- انشعاب A برابر ۱۰۹% است ($^{۸۷۲}/_{۸۰۰}$).
- نسبت بین این دو انشعاب ۱/۰۵ است $\frac{\text{۱۰۹ درصد}}{\text{۱۰۴ درصد}}$
- نسبت در حد ۱۰% است.
- دمپر انشعاب را قفل کنید.

انشعاب	مقدار هوادهی طراحی فوت مکعب در دقیقه	مقدار هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان	فشاراستاتیک sp1	نسبت
A	۸۰۰	۸۷۲	۱۰۹	۰/۸۹	
B	۱۱۰۰	۱۱۴۰	۱۰۴	۰/۹	A:B=۱/۰۵
جمع	۱۹۰۰	۲۰۱۲	۱۰۶		

انشعابات هم اکنون نسبت به هم در حد ۱۰% بالانس شده اند. از آنجا که تمام دریچه ها بطور تناسبی نسبت به هم بالانس شده اند ، تغییر وضعیت دمپر انشعاب بطور تناسبی مقدار هوادهی هر دریچه را کم یا زیاد خواهد کرد. چون دمپرهای حجمی دریچه ها تغییر نیافته اند. نسبت هوادهی دریچه ها بهمان ترتیب که بالانس شده است باقی خواهد ماند.

برای یافتن مقدار هوادهی هر دریچه، اول دریچه های شماره ۲ و ۶ رااندازه بگیرید و مقدار هوادهی دریچه های دیگر

وضعیت سیستم بعد از بالانس کردن انشعاب ها طبق جدول زیر است :

شماره دریچه	مقدار هوادهی طراحی فوت مکعب در دقیقه	مقدار هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد جریان	نسبت
۱	۲۵۰	۲۵۳*	۱۰۱*	۱:۲=۱/۰۱
۲	۳۰۰	۳۰۰	۱۰۰	کلیدی
۳	۲۵۰	۲۶۳*	۱۰۵*	۳:۲= ۱/۰۵
۴	۳۰۰	۳۲۷*	۱۰۹*	۴:۲=۱/۰۹
جمع	۱۱۰۰	۱۱۴۳*		
۵	۲۰۰	۲۲۴*	۱/۱۲*	۵:۶=۱/۱
۶	۲۰۰	۲۰۴	۱/۰۲	کلیدی
۷	۲۰۰	۲۱۶*	۱/۰۸*	۷:۶=۱/۰۶
۸	۲۰۰	۲۲۰*	۱/۱۰*	۸:۶=۱/۰۸
جمع	۸۰۰	۸۶۴*		
جمع کل	۱۹۰۰	۲۰۰۷*		* محاسبه شده

* محاسبه شده

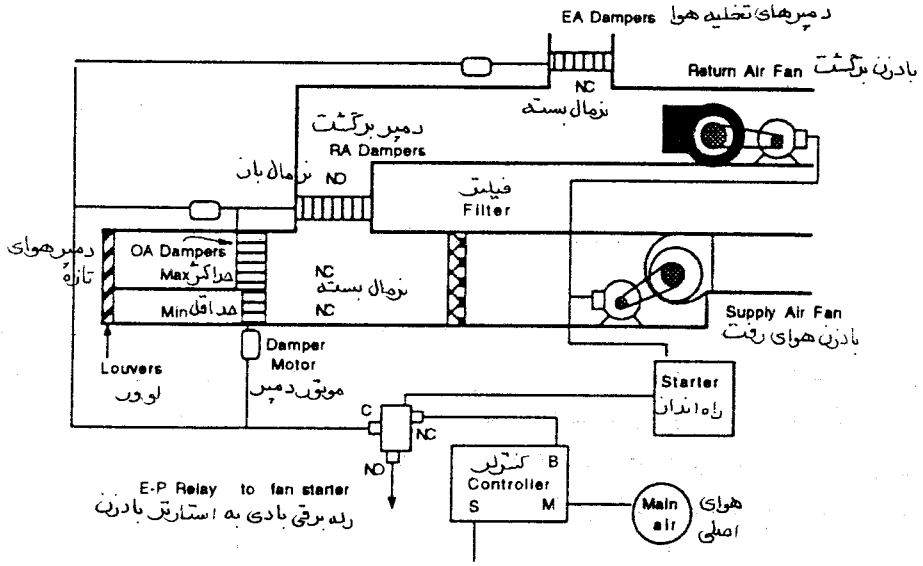
- اگر لازم باشد سرعت بادزن را تغییردهید تا مقدار هوادهی به حد ۱۰% مقدار طراحی برسد. سیستم درحد ۱۰% مقدار طراحی است و نیازی به تنظیم سرعت نمیباشد.
- دوباره مقدار هوادهی همه دریچه ها را بخوانید و اگر لازم است متعادل سازی نهایی را انجام دهد. دریچه شماره ۵ به کمی تنظیم نیاز دارد و باید به ۱۱۰% برسد.
- گزارش را کامل کنید.

فصل نوزدهم - آزمایش ، تنظیم و متعادل کردن - شرایط نهایی
(Testing, Adjusting and Balancing - Final Conditions)

بعد از اینکه سیستم توزیع هوا بطور نسبی متعادل شد، دمپر هوای تازه را روی حداقل تنظیم کنید. (شکل ۱۹-۱).

مقدار هوای تازه (فوت مکعب در دقیقه) با روشهای زیر تعیین میگردد:

- با آزمایش نقاط مقطع عرضی (Traversing) کانال هوای تازه.
- با اندازه گیری در مقطع عرضی کانال هوای رفت و برگشت و تفریق این دو از هم.
- بدست آوردن جمع مقدار هوای دریچه های رفت وبرگشت و تفاوت این دو.
- اندازه گیری دمای هوای بیرون ، برگشت و مخلوط آنها و محاسبه مقدار هوادهی از روی فرمولها.



شکل ۱۹-۱

روش اول ترجیح دارد. بطور کلی اندازه گیری دما زیاد بدقت صورت نمی گیرد و وقت گیر است . اگر روشهای دیگر رضایت بخش نباشد، دما را اندازه گرفته و میانگین آن را بدست آورید . سپس با استفاده از فرمولهای هوای مخلوط مقدار حداقل دمپر هوای تازه را پیدا کنید.

معادلات

روابط هوای مخلوط (MAT) ،هوای برگشت (RAT) وهوای تازه (OAT)

رابطه۱-۱۹:

$$MAT = (\%RA \times RAT) + (\%OA \times OAT)$$

رابطه ۲-۱۹:

$$\%OA = \frac{(MAT\text{-}RAT) \times ۱۰۰}{(RAT - OAT)}$$

روابط دمای هوای رفت (SAT)، دمای هوای برگشت (RAT) و دمای هوای تازه (OAT)

رابطه ۳-۱۹:

$$SAT = (\%RA \times RAT) + (\%OA \times OAT) + ۰/۵ \ ^*(TSP)$$

رابطه ۴-۱۹:

$$\%OA = \frac{RAT - \left[SAT - 0.5^* (TSP)\right]}{RAT - OAT} \times ۱۰۰$$

MAT = دمای هوای مخلوط

SAT = دمای هوای رفت

%OA = درصدهوای تازه ، فوت مکعب در دقیقه

OAT = دمای هوای تازه

%RA = درصد هوای برگشت ، فوت مکعب در دقیقه

RAT = دمای هوای برگشت

TSP = فشار استاتیک کل دو طرف بادزن، اینچ ستون آب

*0.5 = ضریب تصحیح گرمای بادزن ناشی از موتور، ۰/۵ درجه فارنهایت بر هر اینچ فشار استاتیک اگر موتور الکتریکی بادزن خارج از مسیر هوا باشد و ۰/۶ زمانیکه موتور در مسیر هوا قرار داشته باشد.

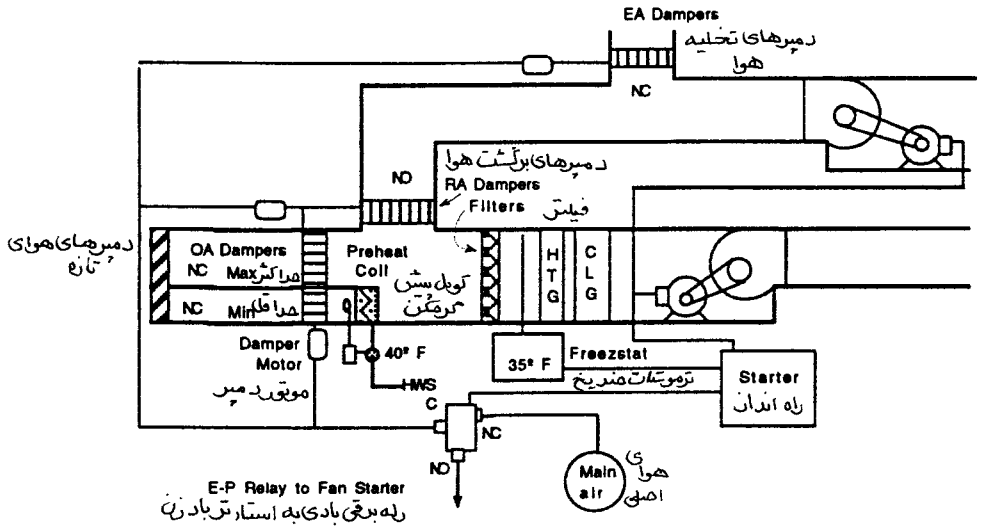
از ترمومتر دیجیتالی برای اندازه گیری دما در مقطع پلنوم هوای مخلوط استفاده کنید.دمارا درمرکز هر فیلتر اندازه بگیرید (فصل اول). اندازه گیری را زمانی انجام دهید که اختلاف دمای هوای بیرون و برگشت حداکثر باشد.

موقع اندازه گیری دما ممکن است با لایه بندی دما (Stratification) مواجه شوید (فصل اول).

چند لایه ای شدن هوا و دما سبب انتقال حرارت غیریکنواخت روی کویل شده و باعث یخ زدگی قسمتی از آن میگردد و اگر حفاظت ضدیخ زدگی وجود داشته باشد فرمان خاموش شدن هوارسان را صادر خواهد کرد (شکل ۱۹-۲).

برای اصلاح لایه بندی هوا و دما از صفحات یکنواخت کننده (Baffles) برای خوب مخلوط شدن استفاده کنید.

اگر اندازه گیری دمای هوای مخلوط رضایت بخش نباشد، میتوان دمای هوای خروجی وهوای بیرون و هوای برگشت را برای محاسبه مقدار هوای تازه اندازه گرفت . بادزن باعث افزایش ۰/۵درجه فارنهایت بر هر اینچ ستون آب فشار استاتیک اندازه گیری شده خواهد شد. بنا براین به اندازه دمای گفته شده باید از دمای هوای خروجی کم شود. اگر موتورالکتریکی در مسیر جریان هوا قراردارد، ۰/۱ درجه (جمعاً ۰/۶) برای گرمای موتور اضافه کنید.



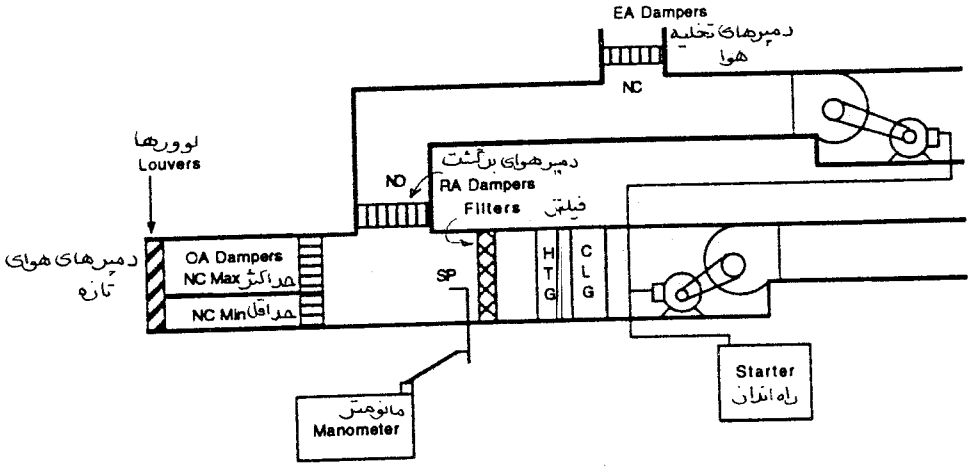
شکل ۲-۱۹

ارزیابی عملکرد اکونومایزر

عملکرد اکونومایزر را با حرکت دادن دمپرهای هوای تازه و هوای برگشت ارزیابی کنید:

- دمپر هوای برگشت راکاملاً بازکنید.
- دمپر هوای تازه را روی حداقل میزان کنید.
- دمپر اکونومایزر (حداکثر هوای تازه) را کاملاً ببندید.
- فشار استاتیک جعبه اختلاط هوا (Mixing Box) را ببینید.
- از کنترلر اکونومایزراستفاده کرده و دمپر برگشت را ۱۰% ببندید. کنترلراکونومایزر ممکن است شامل هوای مخلوط ، هوای تازه و هوای گرم شده صبحگاهی باشد.
- نگاه کنید که دمپرهای اکونومایزر شروع به بازشدن می کنند.
- دمپر هوای برگشت راباافزوده (Increment) ده درصد ببندید.
- به فشار استاتیک پلنوم هوای مخلوط نگاه کنید (شکل ۳-۱۹) ، هر تغییر فشار استاتیک نمایانگر تغییر مقدار جریان هوا میباشد.
- فشاراستاتیک هوای مخلوط را در وضعیتهای مختلف دمپر اندازه بگیرید . این اندازه گیری منحنی نمودار تغییرات و فشاراستاتیک هوای مخلوط رابدست خواهد داد. مطمئن شوید که دمپرهابطور خودکار وهمزمان عمل

می کنند بصورتی که بابسته شدن هوای برگشت دمپر هوای تازه باز میشود. جلو یاعقب افتادن یک دمپر، علت اصلی کم شدن جریان هوا است زیرا یک دمپر قبل از بازشدن دیگری می ببندد. اگر اشکالی مشاهده شد آن را برطرف کنید.



شکل ۳-۱۹

نحوه تغییر سرعت بادزن

اگرتغییر سرعت بادزن برای رساندن مقدار هوا به حدود ۱۰ درصد (۱۰٪ ±) مقدار طراحی باشد از قانون شماره ۱ بادزنها استفاده کنید.

رابطه ۵-۱۹: قانون بادزن شماره ۱

$$rpm_2 = rpm_1 \times \frac{cfm_2}{cfm_1}$$

cfm_1 = مقدار هوادهی اولیه برحسب فوت مکعب در دقیقه .

cfm_2 = مقدار هوادهی ثانویه برحسب فوت مکعب در دقیقه .

rpm_1 = سرعت اولیه بادزن به دوردردقیقه .

rpm_2 = سرعت ثانویه بادزن به دوردر دقیقه .

اگر سرعت بادزن زیاد میشود از فرمول سرعت خطی (Tip Speed)برای محاسبه سرعت خطی جدید استفاده کنید.

بادزنها طوری ساخته شده اند که تا اندازه ای ازدیاد نیروی گریز از مرکز ناشی از ازدیاد سرعت را تحمل نمایند که به کلاس ساخت آن بستگی دارد. قبل از ازدیاد سرعت بادزن ، سرعت خطی رامحاسبه نموده و از روی جدولهای سازنده با حداکثر مجاز آن مقایسه نمائید.

رابطه ۶-۱۹: معادله سرعت خطی

$$TS = \frac{۳/۱۴ \times D \times rpm}{۱۲}$$

TS = سرعت خطی فوت دردقیقه .
۳/۱۴= عددثابت .
D = قطر چرخ بادزن به اینچ .
rpm = سرعت فن ، دور در دقیقه .

- از قانون شماره ۳ برای یافتن توان جدید استفاده کنید:

رابطه ۱۹-۷: قانون شماره ۳ بادزن

$$bhp_2 = bhp_1 \times \left(\frac{rpm_2}{rpm_1}\right)^3$$

bhp_1 = توان حقیق اولیه ، اسب بخار.
bhp_2 = توان حقیق ثانویه ، اسب بخار.

- از فرمولهای مخصوص محرک استفاده کنید تا اندازه پولی (Sheave) بدست آید:

- بزرگ کردن اندازه پولی ثابت موتور، یاتنظیم تسمه پولی قابل تنظیم روی شیاربالاترباعث ازدیادسرعت بادزن میشود.
- کوچک کردن اندازه پولی ثابت موتور، یاتنظیم تسمه پولی قابل تنظیم روی شیارپائین ترباعث کم شدن سرعت بادزن میگردد.
- بزرگ کردن قطر پولی بادزن سرعت آن را می کاهد و بالعکس .

رابطه ۱۹-۸: معادله محرک

$$rpm_m \times D_m = rpm_f \times D_f$$

rpm_m = سرعت محور موتور
rpm_f = سرعت محور بادزن
D_m = قطرگام پولی موتور
D_f = قطرگام پولی بادزن

توجه کنید که در فرمولها از قطر گام (Pitch Diameter) استفاده شده است. برای محاسبات کارگاهی از قطر پولی بعنوان قطر گام استفاده کنید. در مورد پولی های قابل تنظیم و هنگامی که تسمه روی شیار پائین قرار می گیرد، در محاسبات از قطر گام تقریبی استفاده خواهد شد.

- قطر محور موتور و بادزن را بگیرید.
- فاصله بین مراکز و محور را اندازه بگیرید.
- اندازه بوش های موتور و بادزن را تائید کنید.
- تعداد شیارهای تسمه را مورد تائید قرار دهید.
- اندازه تسمه را تائید کنید.
- مقدار حرکت مجاز موتور برای تنظیم کشش تسمه را تعیین کنید.

- از معادله طول تسمه برای یافتن طول جدید آن استفاده کنید . در پولی های چند شیاری اگر لازم است که تسمه را عوض کنید، یک سری تسمه مشابه خریداری کنید. زیرا بعلت طول و کشش متفاوت تسمه ها ، بعضی از آنها خیلی سفت و بعضی خیلی شل خواهند بود و به زودی فرسوده خواهند شد.

رابطه ۹-۱۹: معادله طول تسمه

$$L = ۲\,C + ۱/۵۷\,(D+d) + \frac{(D-d)^{۲}}{۴\,C}$$

L = طول تسمه

C = فاصله مرکز تامرکزمحورها

D = قطر گام پولی بزرگتر

d = قطر گام پولی کوچکتر

۱/۵۷ = عدد ثابت

- تسمه ها را درآورید برای این کار موتور را حرکت دهید تا تسمه ها براحتی و بدون زور خارج شوند.
- پولی ها را تنظیم کنید یا پولی جدید نصب کنید.
- پولی های موتور و بادزن را میزان کنید.
- تسمه های اصلی یا تسمه های جدید نصب کنید.
- کشش تسمه ها را تنظیم کنید.
- موتور را سر جای خود محکم کنید.

مثال ۱-۱۹: یک بادزن برای ۲۵۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه متعادل شده است . دماهای اندازه گیری شده عبارتنداز :

دمای هوای مخلوط ۸۲ درجه فارنهایت (MAT)

دمای هوای برگشت ۷۵ درجه فارنهایت(RAT)

دمای هوای بیرون ۹۸ درجه فارنهایت (OAT)

- درصد هوای تازه را در شرایط داده شده تعیین کنید.
- دمای هوای مخلوط را برای اینکه ۱۵% هوای تازه داشته باشیم تعیین کنید.
- دمپرهوای تازه را برای حداقل تنظیم کنید.

$$\text{درصد هوای تازه} = \%OA = \frac{(MAT-RAT) \times ۱۰۰}{(RAT - OAT)}$$

$$\text{درصد هوای تازه} = \%OA = \frac{(۸۲-۷۵) \times ۱۰۰}{(۷۵-۹۸)}$$

درصد هوای تازه = ۳۰/۴ درصد

$$MAT = (\%RA \times RAT) + (\%OA \times OAT)$$

درجه فارنهایت ۷۸/۵ = (۹۸× ۰/۱۵)+(۷۵×۰/۸۵)= دمای هوای مخلوط
دمپر هوای تازه را طوری حرکت دهید که دمای هوای مخلوط تقریباً ۷۸/۵ درجه فارنهایت بشود.
اینک دمپر هوای تازه برای ۱۵% یا ۳۷۵۰ فوت مکعب در دقیقه تنظیم شده است .

هوادهی بادزدن را به ۲۳۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه تقلیل دهید . سرعت بادزن ۹۰۰دردقیقه است . قطر گام بادزن ۱۵ اینچ است . سرعت دورانی موتور ۱۷۲۵ دور در دقیقه است . پولی موتور از نوع متغیراست (۷/۸ اینچ). توان حقیقی ۱۴/۷ اسب بخار است . فاصله مرکز تامرکز محورها۳۶ اینچ است . طول تسمه ۱۰۸ اینچ است. وضعیت جدید به قرارزیر است .

$$rpm_2 = rpm_1 \times \left(\frac{cfm_2}{cfm_1}\right)$$

$$rpm_2 = ۹۰۰ \times \frac{۲۳۰۰۰}{۲۵۰۰۰}$$

$$rpm_2 = ۸۲۸$$

$$bhp_2 = bhp_1 \times \left(\frac{rpm_2}{rpm_1}\right)^3$$

$$bhp_2 = ۱۴/۷ \times \left(\frac{۸۲۸}{۹۰۰}\right)^3$$

$$bhp_2 = ۱۱/۴۴$$

$$D_m = rpm_f \times \frac{D_f}{rpm_m}$$

$$D_m = ۸۲۸ \times \frac{۱۵}{۱۷۲۵} = ۷/۲ \text{ اینچ}$$

$$L = ۲\,C + ۱/۵۷\,(D+d) + \frac{(D-d)^2}{۴\,C}$$

$$L = ۲ \times ۳۶ + ۱/۵۷\,(۱۵ + ۷/۲) + \frac{(۱۵ - ۷/۲)^2}{۱۴۴} = ۱۰۷ \text{ اینچ}$$

متعادل کردن سیستم هوای برگشت

بعد از متعادل سازی سیستم رفت :

- پلان ها و مشخصات را جمع آوری کرده و گزارش تهیه کنید.
- سیستم برگشت هوا را بازدید کنید.
- تمام دمپرهای برگشت را کاملاً باز کنید.

- دمپرهوای تازه را روی وضعیت حداقل بگذارید.
- تمام بادزن های سیستم برگشت راروشن کنید.
- مقدار کل هوای برگشت را اندازه بگیرید.
- سیستم برگشت هوا را متعادل کنید.

- مقدار هوای دریچه های برگشت را بخوانید.
- مقادیر دریچه ها را جمع کرده و با مقدار کل بادزن مقایسه کنید.
- تفاوت ها را برطرف سازید.
- دریچه های برگشت را بطور تناسبی متعادل کنید. از دریچه ای که کمترین درصد هوای طراحی را دارد شروع کنید.
- انشعابات را بطور تناسبی متعادل کنید .

- مقدار هوای نهایی دریچه ها را اندازه بگیرید.
- دمپر هوای تازه را روی حداکثر بگذارید.
- برحسب مورد دمپرهای برگشت را ببندید.
- سیستم را درحالت اکونومایزرکامل راه بیاندازید.

- اطلاعات نهایی رایادداشت کنید.
- گزارش راتکمیل کنید.

متعادل کردن سیستم هایی که بادزن برگشت دارند

اگر سیستمهای برگشت بادزن دارد، علاوه بر مراحل متعادل سازی استاندارد گفته شده، اعمال زیر نیز انجام دهید:

- بادزن برگشت را آزمایش کنید.

- جهت چرخش صحیح را بازبینی کنید.
- پارامترهای برقی را اندازه بگیرید.
- سرعتها را اندازه بگیرید.

- فشار استاتیک بادزن را اندازه بگیرید.
- اگر لازم است سرعت بادزن را تغییر دهید.

آزمایش و تنظیم سیستم در حالت اکونومایزر کامل

مقاومت کانال هوای تازه معمولاً کمتر از کانال هوای برگشت است . این بدان معنی است که اگر سرعت بادزن

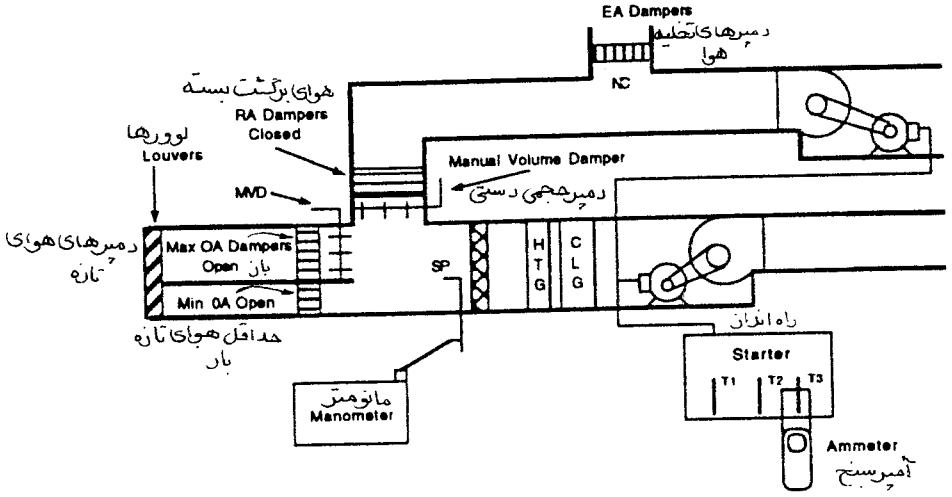
ثابت باشد، هوای بیشتری از کانال هوای تازه نسبت به کانال هوای برگشت کشیده میشود زیرا هوا معمولاً مسیری که کمترین مقاومت رادارداانتخاب می کند.

بنابراین برای اینکه مطمئن شویم که موتور درحالت اکونومایزرکامل (حداکثر وضعیت باز دمپر هوای تازه)بیش از حد آمپر نکشد، سیستم باید درحالت گفته شده آزمایش گردد.

- سیستم راروی وضعیت اکونومایزرکامل (صددرصدهوای تازه) بگذارید.
- فشار استاتیک را در پلنوم هوای برگشت یا در جائیکه مناسب باشد اندازه بگیرید (شکل ۴-۱۹).
- مقدار آمپر موتور را اندازه بگیرید (شکل ۴-۱۹).

اگر فشاراستاتیک زیاد باشد یا اینکه موتور آمپر زیادی بکشد (بدان معنی است که جریان هوا زیاد شده است). دمپرهای دستی را تنظیم کنید تا فشار استاتیک یا آمپر در حد مشخصات داده شده تقلیل یابد.

بادزن هوای رفت بدون در نظر گرفتن وضعیت دمپرهای اکونومایزر (هوای تازه، برگشت و تخلیه) باید فشار استاتیک یکسانی حس کند. به آزمایش ادامه دهید تا فشار استاتیک تقریباً ثابت بماند.



شکل ۴-۱۹

گزارش کردن آمار نهایی

بعد ازاینکه عملیات متعادل سازی وتنظیم کامل شد، عوامل زیر رادوباره آزمایش کنید.

- سرعت دورانی بادزن .
- آمپر موتور.
- فشاراستاتیک بادزن .

وضعیت نهایی سیستم توزیع هوا را بازرسی کرده و ارقام اندازه گیری شده را در اوراق نهایی آزمایش وارد

کنید. مقادیر نهایی دریچه ها را با مقادیر اندازه گیری شده از نقاط مقطع عرضی (Traverse) مقایسه کنید.

اگر اختلافی دیده نشد وضعیت دمپرها را علامت بزنید که اگر اختلالی ایجاد شد براحتی قابل تنظیم مجدد باشد. کل سیستم را بازبینی کنید که کورانی وجود نداشته باشد . اگر کمی کوران وجود داشته باشد معمولاً با تنظیم پره ها ی هدایت کننده هوای دریچه ها برطرف میشود.

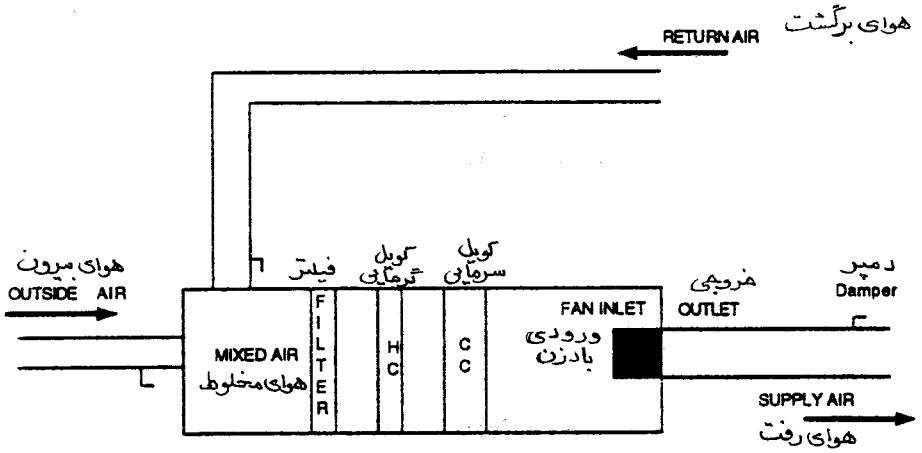
گزارش نهایی را دوباره خوانی کنید و مطمئن شوید که چیزی از قلم نیفتاده باشد. اطمینان حاصل کنید که نکات و کمبودها و سایر وضعیت های غیرمعمول به تفصیل شرح داده شده باشد .

فصل بیستم - آزمایش ، تنظیم و متعادل کردن - سیستم فرضی
(Testing, Adjusting and Balancing - Example System)

این فصل فرمهایی برای آزمایش و متعادل کردن (TAB) یک سیستم نمونه از هوارسانی با حجم ثابت را نشان میدهد (شکل ۱-۲۰).

کارهایی که بایستی در دفتر انجام شود

شکل ۲-۲۰ اطلاعات بادزن
شکل ۳-۲۰ اطلاعات محرک
شکل ۴-۲۰ اطلاعات موتور
شکل ۵-۲۰ اطلاعات توزیع هوا



شکل ۱-۲۰ سیستم هوارسانی با حجم ثابت

شکل ۲-۲۰ برگ آزمایش و اطلاعات دستگاه هوارسان

پروژه:	**مهندس :**	
اطلاعات بادزن	**در طراحی**	**واقعی**
شماره	AHU -02	
محل نصب	اتاق هوارسان	
محلی که توسط هوارسان هوارسانی میشود	طبقه پایین	
سازنده	AFC	
شماره سری	123-456-789	
شماره مدل	AF-30-01	
کلاس کار	II	
سرعت دورانی	۱۵۰۰	
جهت چرخش	در جهت عقربه ساعت	
راندمان	۶۳ درصد	
نوع چرخ / ورودی	تک چرخ تک ورودی (SWSI)	
اندازه چرخ	۳۰ اینچ	
سرعت خطی (TIP SPEED)	۱۲۴۵۰ فوت در دقیقه	
حجم هوا		
مقدار کل هوای رفت	۲۱۰۰۰	
مقدار کل هوای خروجی از دریچه ها	۲۱۰۰۰	
جمع کل مقدار هوای بیرون	۴۲۰۰	
جمع کل هوای برگشت	۱۶۸۰۰	
فشار بادزن		
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	
فشار استاتیک کل	۴/۰	
اختلاف فشار		
فیلتر		
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	
اختلاف فشار استاتیک	(NA) در دسترس نیست	
کویل گرمایی		
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	
اختلاف فشار استاتیک	۰/۳۰	
کویل سرمایی		
تر یا خشک	تر	
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	
اختلاف فشار استاتیک	۰/۵۰	

شکل ۳-۲۰ برگ اطلاعات محرک

پروژه:	**مهندس :**
بادزن	AHU -024
اطلاعات محرک	**در طراحی**
بادزن	
اندازه محور	۲ ۷/۱۶ اینچ
اندازه پولی	4TB 110
سازنده پولی	ASC
ثابت یا قابل تنظیم	ثابت
موتور	
اندازه محور	۱ ۷/۸ اینچ
اندازه پولی	۴TB ۹۴
سازنده پولی	ASC
ثابت یا قابل تنظیم	قابل تنظیم
فاصله مرکز محورها	(NA) در دسترس نیست
تسمه ها	
سازنده	ABC
شماره	۴
اندازه	(NA) در دسترس نیست

محرکها	شرایط	مشکلات
پولیها		
محورها		
یاتاقانها		
کشش تسمه ها		
تنظیم محرک		
تنظیم موتور	اینچ	
بالا		
پایین		
جلو		
عقب		

شکل ۴-۲۰ برگ آزمایش و اطلاعات موتور

پروژه: بادزن

مهندس : AHU -024

اطلاعات موتور	**در طراحی**
سازنده	AMC
اندازه قاب	286T
توان	۳۰
فاز	۳
فرکانس	۶۰
سرعت دورانی	۱۸۰۰ دور در دقیقه
ضریب سرویس	۱/۱۵
ولتاژ	۲۳۰/۶۶۰
آمپر	۳۶/۲ - ۷۲/۴
ضریب توان	۰/۸۳
راندمان	۰/۹۳
توان حقیقی	۲۴/۹۵
اندازه راه انداز	۳
حفاظت حرارتی	۶۵ W

شکل ۵-۲۰ برگ آزمایش سیستم توزیع هوا

پروژه: مهندس :

قرائت شده								
فضائی که هوارسانی میشود	دریچه شماره ونوع	دریچه اندازه	هوادهی طراحی AK	هوادهی طراحی فوت مکعب دردقیقه	اولیه cfm	اولیه درصد اختلاف	تناسبی cfm	تناسبی درصد اختلاف	نهایی cfm	نهایی درصد اختلاف
سرسرای پایین	1CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	2CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	3CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	4CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	5CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	6CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	7CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	8CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	9CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	10CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	11CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	12CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰						
سرسرای پایین	13CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰						
سرسرای پایین	14CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰						
سرسرای پایین	15CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰						
سرسرای پایین	16CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰						
سرسرای پایین	17CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۲۰۰						
انشعاب A ۳۲x۳۰ اینچ				۱۱۰۰۰						
سرسرای پایین	18CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰						
سرسرای پایین	19CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰						
سرسرای پایین	20CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰						
سرسرای پایین	21CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰						
سرسرای پایین	22CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰						
سرسرای پایین	23CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰						
سرسرای پایین	24CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۴۰۰						
سرسرای پایین	25CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰						
سرسرای پایین	26CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۴۰۰						
سرسرای پایین	27CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰						
سرسرای پایین	28CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰						
سرسرای پایین	29CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰						
انشعاب B بقطر ۳۲ اینچ				۱۰۰۰۰						
جمع کل سیستم				۲۱۰۰۰						

آزمایش کارگاهی

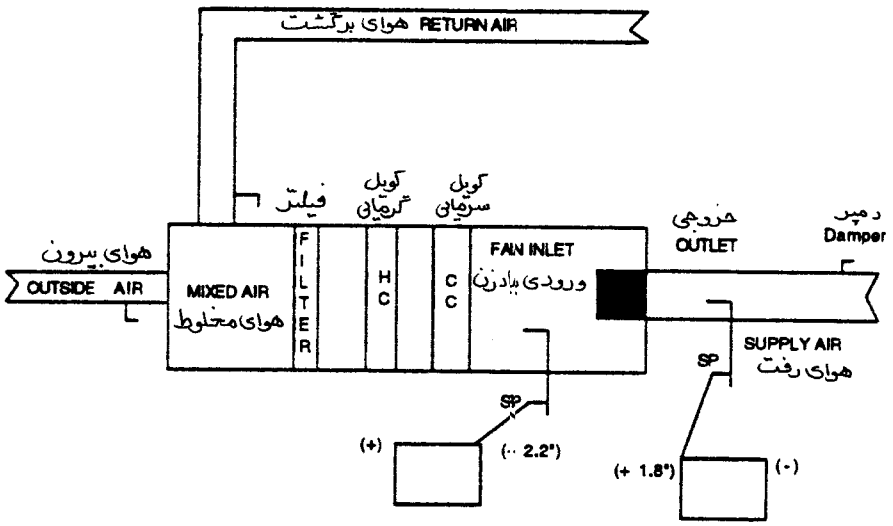
شکل ۲۰-۶ اطلاعات بادزن
شکل ۲۰-۷ فشار استاتیک کل
شکل ۲۰-۸ اختلاف فشار استاتیک دو طرف فیلتر
شکل ۲۰-۹ اختلاف فشار استاتیک دو طرف کویل گرمایی
شکل ۲۰-۱۰ اختلاف فشار استاتیک دو طرف کویل سرمایی
شکل ۲۰-۱۱ اطلاعات محرک
شکل ۲۰-۱۲ اطلاعات موتور
شکل ۲۰-۱۳ اندازه گیریها در مقطع کانال اصلی
شکل ۲۰-۱۴ اندازه گیریها در مقطع کانال انشعاب B
شکل ۲۰-۱۵ جمع بندیهای اندازه گیریها در نقاط عرضی
شکل ۲۰-۱۶ محل نقاط عرضی
شکل ۲۰-۱۷ نمودار اندازه گیری در مقاطع کانال اصلی
شکل ۲۰-۱۸ نمودار اندازه گیری گرد برای انشعاب B

شکل ۶-۲۰ برگ آزمایش و اطلاعات دستگاه هوارسان

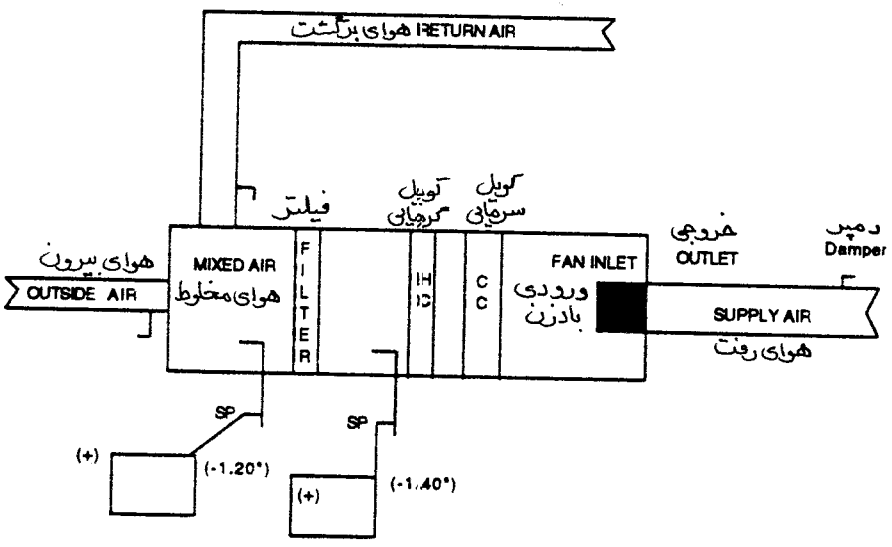
پروژه:

مهندس :

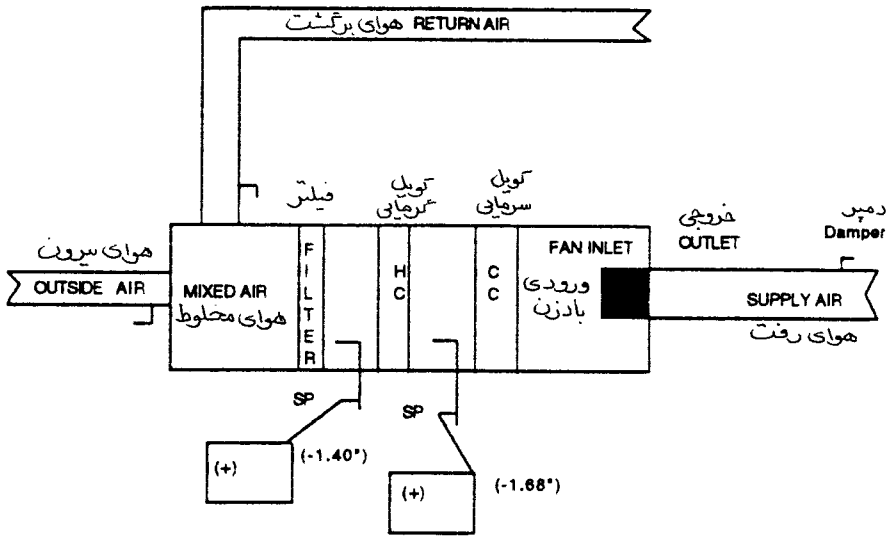
	در طراحی	واقعی
اطلاعات بادزن		
شماره	AHU -024	AHU-024
محل نصب	اتاق هوارسان	اتاق هوارسان
فضاهایی که هوارسانی میشوند	بال غربی	بال غربی
سازنده	AFC	AFC
شماره سری	123-456-789	123-456-789
شماره مدل	AF-30-91	AF-30-91
کلاس کار	II	II
سرعت دورانی	۱۵۸۶	۱۵۴۵
جهت چرخش	در جهت عقربه ساعت	در جهت عقربه ساعت
راندمان	٪۶۳	
نوع چرخ / ورودی	تک چرخ تک ورودی	تک چرخ تک ورودی
اندازه چرخ	۳۰ اینچ	۳۰ اینچ
سرعت خطی	۴۵۰۱۲ فوت در دقیقه	۱۲۱۲۸ فوت در دقیقه
حجم هوا		
مقدار کل هوا	۲۱۰۰۰	
جمع کل هوای بیرون	۴۲۰۰	
جمع کل هوای برگشت	۱۶۸۰۰	
فشار بادزن		
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	۲/۲۰
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	۱/۸۰
فشار استاتیک کل	۴/۰	۴/۰۰
اختلاف فشار		
فیلتر		
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	۱/۲۰
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	۱/۴۰
اختلاف فشار استاتیک	(NA) در دسترس نیست	۰/۲۰
کویل گرمایی		
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	۱/۴۰
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	۱/۶۸
اختلاف فشار استاتیک	۰/۳۰	۰/۲۸
کویل سرمایی		
تر یا خشک	تر	تر
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	۱/۶۸
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	۲/۲۰
اختلاف فشار استاتیک	۰/۵۰	۰/۵۲



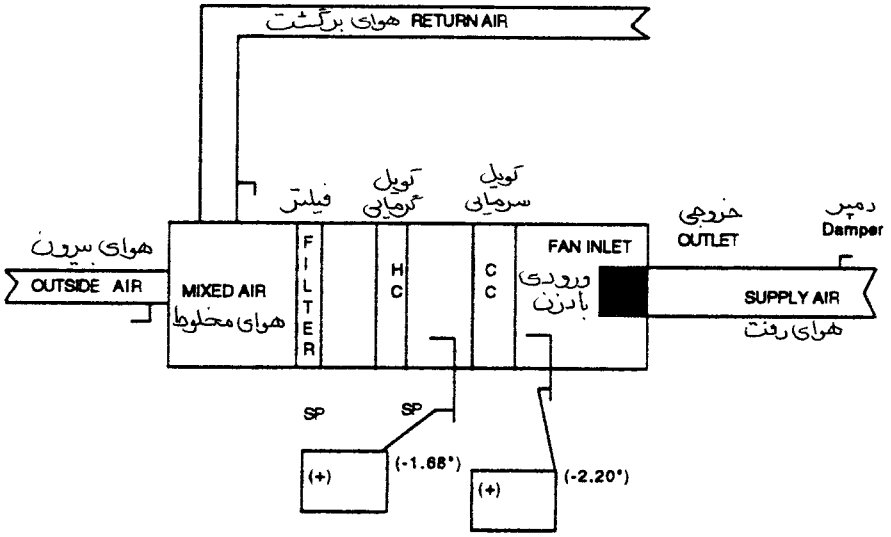
شکل ۲۰-۷ فشار استاتیک کل



شکل ۲۰-۸ افت فشار استاتیک دو طرف فیلترها



شکل ۹-۲۰ افت فشار استاتیک دو طرف کویل گرمایی



شکل ۱۰-۲۰ افت فشار استاتیک دو طرف کویل سرمایی

شکل ۲۰-۱۱ برگ اطلاعات محرک

پروژه: **مهندس :**

	در طراحی	واقعی
بادزن	AHU -024	AHU-024
اطلاعات محرک		
بادزن		
اندازه محور	$2\frac{7}{16}$ اینچ	$2\frac{7}{16}$ اینچ
اندازه پولی	4 TB 110	4 TB 110
سازنده پولی	ASC	ASC
ثابت یا قابل تنظیم	ثابت	ثابت
موتور		
اندازه محور	$1\frac{7}{8}$ اینچ	$1\frac{7}{8}$ اینچ
اندازه پولی	4 TB 94	4 TB 94
سازنده پولی	ASC	ASC
ثابت یا قابل تنظیم	قابل تنظیم	قابل تنظیم
فاصله مرکز محور	(NA) در دسترس نیست	$34\frac{1}{4}$ اینچ
تسمه ها		
سازنده	ABC	ABC
شماره	۴	۴
اندازه	(NA) در دسترس نیست	B 95
محرکها	وضعیت	اشکالات
پولیها	خوب	نه
محورها	خوب	نه
یاتاقانها	خوب	نه
کشش تسمه ها	خوب	نه
تنظیم محرک	خوب	نه
تنظیم موتور	اینچ	
بالا	(NA) در دسترس نیست	
پایین	(NA) در دسترس نیست	
جلو	۳ اینچ	
عقب	۳ اینچ	

شکل ۲۰-۱۲ برگ اطلاعات موتور

پروژه:	**مهندس :**	
	در طراحی	**واقعی**
بادزن	**AHU - 024**	**AHU - 024**
اطلاعات موتور		
سازنده	AMC	AMC
اندازه قاب	286 T	286 T
توان	۳۰	۳۰
فاز	۳	۳
فرکانس	۶۰	۶۰
سرعت دورانی (دور در دقیقه)	۱۸۰۰	۱۸۰۰
ضریب سرویس	۱/۱۵	۱/۱۵
ولتاژ	۲۳۰/۴۶۰	۴۷۸/۴۷۷/۴۸۰
آمپر	۳۶/۲ - ۷۲/۴	۲۴/۶-۲۴/۷-۲۴/۵
ضریب توان	۰/۸۳	۰/۸۳ *
راندمان	٪۹۳	۰/۹۳ *
توان حقیقی	۲۴/۹۵	۲۱/۰۵ *
اندازه راه انداز	۳	۳
حفاظت حرارتی	۶۵ W	۶۵ W

* از ضریب توان و راندمان برای محاسبه توان حقیقی استفاده میشود

شکل ۱۳-۲۰ برگ نقاط مقطع عرضی کانال مستطیلی

پروژه:
بادزن
مقطع عرضی

مهندس :
AHU - 024
کانال اصلی

	در طراحی	واقعی
اندازه کانال (اینچ)	۴۰ x ۴۰اینچ	۴۰ x ۴۰اینچ
مساحت کانال (فوت مربع)	۱۱/۱ فوت مربع	۱۱/۱ فوت مربع
حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)	۲۱۰۰۰	۲۰۸۴۵
سرعت میانگین (فوت در دقیقه)	۱۸۹۲	۱۸۷۸
فشار استاتیک مرکز	مشخص نشده	۱/۷۶ اینچ
چگالی (پوند بر فوت مکعب)	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵
ضریب تصحیح ابزار دقیق برای چگالی	نه	نه

شماره	فشارسرعتی	سرعت	شماره	فشارسرعتی	سرعت	شماره	فشارسرعتی	سرعت	شماره	فشارسرعتی	سرعت
۱	۰/۱۷	۱۶۵۱	۱۸	۰/۲۰	۱۷۹۱	۳۵	۰/۱۹	۱۷۴۶	۵۲	۰/۲۲	۱۸۷۹
۲	۰/۱۹	۱۷۴۶	۱۹	۰/۲۱	۱۸۳۵	۳۶	۰/۲۰	۱۷۹۱	۵۳	۰/۱۹	۱۷۴۶
۳	۰/۲۰	۱۷۹۱	۲۰	۰/۲۲	۱۸۷۹	۳۷	۰/۲۱	۱۸۳۵	۵۴	۰/۱۷	۱۶۵۱
۴	۰/۲۱	۱۸۳۵	۲۱	۰/۲۲	۱۸۷۹	۳۸	۰/۲۱	۱۸۳۵	۵۵	۰/۱۶	۱۶۰۲
۵	۰/۲۲	۱۸۷۹	۲۲	۰/۲۳	۱۹۲۱	۳۹	۰/۲۲	۱۸۷۹	۵۶	۰/۱۷	۱۶۵۱
۶	۰/۱۹	۱۷۴۶	۲۳	۰/۲۴	۱۹۶۲	۴۰	۰/۲۲	۱۸۷۹	۵۷	۰/۱۸	۱۶۹۹
۷	۰/۲۱	۱۸۳۵	۲۴	۰/۲۴	۱۹۶۲	۴۱	۰/۲۰	۱۷۹۱	۵۸	۰/۱۷	۱۶۵۱
۸	۰/۲۳	۱۹۲۱	۲۵	۰/۲۶	۲۰۴۲	۴۲	۰/۲۳	۱۹۲۱	۵۹	۰/۱۸	۱۶۹۹
۹	۰/۲۴	۱۹۶۲	۲۶	۰/۲۶	۲۰۴۲	۴۳	۰/۲۳	۱۹۲۱	۶۰	۰/۱۹	۱۷۴۶
۱۰	۰/۲۲	۱۸۷۹	۲۷	۰/۲۵	۲۰۰۳	۴۴	۰/۲۴	۱۹۶۲	۶۱	۰/۲۰	۱۷۹۱
۱۱	۰/۲۳	۱۹۲۱	۲۸	۰/۲۴	۱۹۶۲	۴۵	۰/۲۶	۲۰۴۲	۶۲	۰/۱۹	۱۷۴۶
۱۲	۰/۲۴	۱۹۶۲	۲۹	۰/۲۳	۱۹۲۱	۴۶	۰/۲۶	۲۰۴۲	۶۳	۰/۱۹	۱۷۴۶
۱۳	۰/۲۱	۱۸۳۵	۳۰	۰/۲۲	۱۸۷۹	۴۷	۰/۲۷	۲۰۸۱	۶۴	۰/۱۹	۱۷۴۶
۱۴	۰/۲۰	۱۷۹۱	۳۱	۰/۲۱	۱۸۳۵	۴۸	۰/۲۵	۲۰۰۳			
۱۵	۰/۱۹	۱۷۴۶	۳۲	۰/۲۲	۱۸۷۹	۴۹	۰/۲۴	۱۹۶۲			
۱۶	۰/۱۸	۱۶۹۹	۳۳	۰/۲۰	۱۷۹۱	۵۰	۰/۲۳	۱۹۲۱			
۱۷	۰/۱۹	۱۷۴۶	۳۴	۰/۲۱	۱۸۳۵	۵۱	۰/۲۳	۱۹۲۱			
جمع		۳۰۹۴۵	جمع		۳۴۳۸۰	جمع		۳۲۵۳۲	جمع		۲۲۳۵۳

جمع کل ۱۲۰۲۱۰

میانگین سرعت = $\frac{\text{۱۲۰۲۱۰ فوت در دقیقه}}{\text{۶۴ محل خواندن}}$ = ۱۸۷۸ فوت، مکعب در دقیقه

فوت مکعب در دقیقه ۲۰۸۴۵ = فوت مربع ۱۱/۱ x ۱۸۷۸ فوت در دقیقه

شکل ۱۴-۲۰ برگ نقاط مقطع عرضی کانال گرد - ۱۲ اینچ یا بزرگتر

پروژه:
بادزن AHU -024
مقطع عرضی شاخهB

مهندس :

	در طراحی	واقعی
اندازه کانال (اینچ)	۳۲ اینچ قطر	۳۲ اینچ قطر
مساحت کانال (فوت مربع)	۵/۵۸ فوت مربع	۵/۵۸ فوت مربع
حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)	۱۰۰۰۰	۱۱۲۱۵
سرعت میانگین (فوت در دقیقه)	۱۷۹۲	۲۰۱۰
فشار استاتیک مرکز	مشخص نشده	۱/۲۰ اینچ
چگالی (پوند بر فوت مکعب)	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵
ضریب تصحیح ابزار دقیق برای چگالی	نه	نه

شماره	ضریب	اینچ	فشار سرعتی	سرعت	شماره	ضریب	اینچ	فشار سرعتی	سرعت
۱	۰/۰۵۲	۳/۴	۰/۲۲	۱۸۷۹	۱۱	۰/۰۵۲	۳/۴	۰/۲۳	۱۹۲۱
۲	۰/۱۶۵	۲-۳/۴	۰/۲۳	۱۹۲۱	۱۲	۰/۱۶۵	۲-۳/۴	۰/۲۴	۱۹۶۲
۳	۰/۲۹۳	۴-۳/۴	۰/۲۴	۱۹۶۲	۱۳	۰/۲۹۳	۴-۳/۴	۰/۲۵	۲۰۰۳
۴	۰/۴۵۴	۷-۱/۴	۰/۲۵	۲۰۰۳	۱۴	۰/۴۵۴	۷-۱/۴	۰/۲۶	۲۰۴۲
۵	۰/۶۸۴	۱۱	۰/۲۵	۲۰۰۳	۱۵	۰/۶۴۸	۱۱	۰/۲۷	۲۰۸۱
۶	۱/۳۱۶	۲۱	۰/۲۶	۲۰۴۲	۱۶	۱/۳۱۶	۲۱	۰/۲۹	۲۱۵۷
۷	۱/۵۴۷	۲۴-۳/۴	۰/۲۷	۲۰۸۱	۱۷	۱/۵۴۷	۲۴-۳/۴	۰/۲۸	۲۱۱۹
۸	۱/۷۰۷	۲۷-۱/۴	۰/۲۵	۲۰۰۳	۱۸	۱/۷۰۷	۲۷-۱/۴	۰/۲۵	۲۰۰۳
۹	۱/۸۳۵	۲۹-۱/۴	۰/۲۵	۲۰۰۳	۱۹	۱/۸۳۵	۲۹-۱/۴	۰/۲۵	۲۰۰۳
۱۰	۱/۹۴۸		۰/۲۵	۲۰۰۳	۲۰	۱/۹۴۸		۰/۲۵	۲۰۰۳
	۳۱-۱/۴					۳۱-۱/۴			
	جمع					جمع			
	۱۹۹۰۰					۲۰۲۹۴			
					جمع کل	۴۰۱۹۴			

$$\text{میانگین سرعت} = \frac{\text{۴۰۱۹۴ فوت در دقیقه}}{\text{۲۰ محل خواندن}} = \text{۲۰۱۰ فوت مکعب در دقیقه}$$

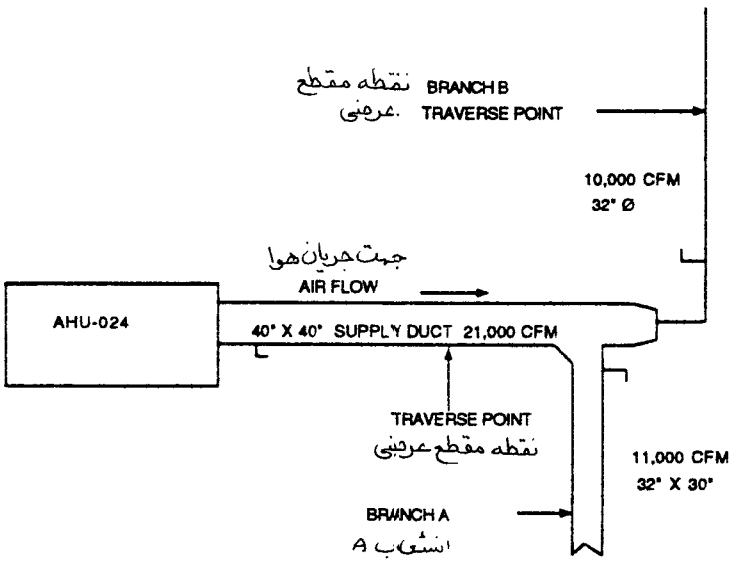
شکل ۱۵-۲۰ برگ خلاصه نقاط مقطع عرضی

پروژه: بادزن

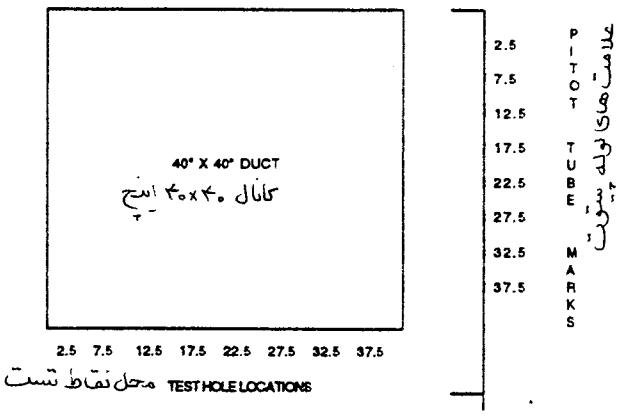
مهندس : AHU- 024

شماره	نام نقطه عرضی	اندازه کانال	فوت مربع	فشار استاتیک	مقدار هوادهی فوت مکعب دردقیقه	مقدار هوادهی اندازه گیری شده فوت مکعب در دقیقه	درصد طراحی
۱	اصلی	۴۰x۴۰	۱۱/۱	۱/۱۷۶	۲۱۰۰۰	۲۰۸۴۵	٪۹۹
۲	شاخه A	۳۲x۳۰	۶/۶۷	***	۱۱۰۰۰	***	***
۳	شاخه B	۳۲"∅	۵/۵۸	۱/۲	۱۰۰۰۰	۱۱۲۱۵	٪۱۱۲

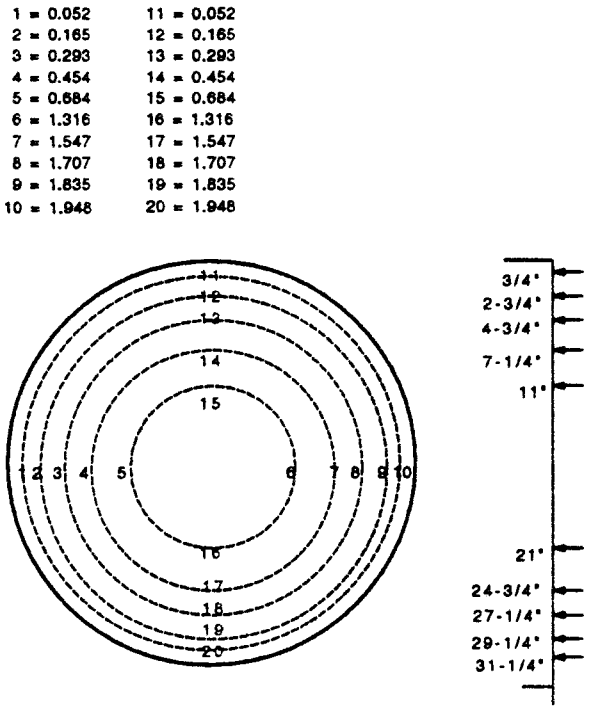
*** در شاخه A اندازه گیری نشده است



شکل ۱۶-۲۰ محل نقطه مقطع عرضی لوله پیتوت



شکل ۱۷-۲۰ محل سوراخهای آزمایش دستگاه هوارسان شماره AHU-024 و علامت گذاری لوله پیتوت (کانال اصلی)



شکل ۲۰-۱۸ نقاط مقطع عرضی دستگاه هوارسان شماره AHU-024 برای کانال گرد ۳۲ اینچ

شکل ۱۹-۲۰ برگ آزمایش سیستم توزیع هوا

پروژه: **مهندس :**

فضائی که هوارسانی میشود	توزیع هوا شماره.نوع	توزیع هوا اندازه	AK	هوادهی طراحی فوت مکعب درهردقیقه	قرائت شده اولیه cfm	اولیه درصد اختلاف	تناسبی cfm	تناسبی درصد اختلاف	نهایی cfm	نهایی درصد اختلاف
سرسرای پایین	1CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۱۵	%۷۴				
سرسرای پایین	2CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۰۰	%۷۱				
سرسرای پایین	3CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۴۰	%۷۷				
سرسرای پایین	4CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۰۰	%۸۶				
سرسرای پایین	5CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۴۹۰	%۷۰	کلید راهنما برای شاخه A			
سرسرای پایین	6CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۷۰۰	%۱۰۰				
سرسرای پایین	7CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۰۰	%۸۶				
سرسرای پایین	8CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۶۰	%۹۴				
سرسرای پایین	9CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۳۰	%۹۰				
سرسرای پایین	10CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۷۰	%۸۱				
سرسرای پایین	11CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۸۰	%۸۳				
سرسرای پایین	12CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۲۵	%۸۹				
سرسرای پایین	13CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۷۰۰	%۱۱۷				
سرسرای پایین	14CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۵۵۰	%۹۲				
سرسرای پایین	15CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۵۸۰	%۹۷				
سرسرای پایین	16CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۴۸۰	%۸۰				
سرسرای پایین	17CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۲۰۰	۲۰۰	%۱۰۰				
انشعاب A ۳۰x۳۲ اینچ				۱۱۰۰۰	۹۲۵۰	%۸۶/۵				
سرسرای پایین	18CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۵۰	%۱۱۵				
سرسرای پایین	19CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۹۶۵	%۹۶				
سرسرای پایین	20CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	%۱۲۰				
سرسرای پایین	21CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۴۵	%۱۱۵				
سرسرای پایین	22CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۰۸۰	%۱۰۸				
سرسرای پایین	23CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۶۷۵	%۱۱۳				
سرسرای پایین	24CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۴۰۰	۴۵۰	%۱۱۳				
سرسرای پایین	25CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۵۸۰	%۹۷				
سرسرای پایین	26CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۴۰۰	۳۵۰	%۸۸	کلید راهنما برای شاخه B			
سرسرای پایین	27CD	۲۴x۲۴	۱/۰	۱۰۰۰	۱۱۲۵	%۱۱۳				
سرسرای پایین	28CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۹۰۰	%۹۰				
سرسرای پایین	29CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۲۰	%۱۱۲				
انشعاب B ۳۲ ϕ اینچ				۱۰۰۰۰	۱۰۷۴۰	%۱۰۷				
جمع کل سیستم				۲۱۰۰۰	۲۰۲۶۰	٪۹۶/۵				

تیپ شماره ۵ کلید راهنما برای سیستم است.

شکل ۲۰-۲۰ برگ آزمایش سیستم توزیع هوا

پروژه: مهندس :

فضائی که هوارسانی میشود	توزیع هوا شماره،نوع	توزیع هوا اندازه	AK	هوادهی طراحی فوت مکعب دردقیقه	قرائت شده اولیه cfm	اولیه درصد اختلاف	تناسبی cfm	تناسبی درصد اختلاف	نهایی cfm	نهایی درصد اختلاف
سرسرای پایین	1CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۱۵	%۷۴	۵۹۵	٪۸۵		
سرسرای پایین	2CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۰۰	%۷۱	۵۶۷	٪۸۱		
سرسرای پایین	3CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۴۰	%۷۷	۶۱۶	٪۸۸		
سرسرای پایین	4CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۰۰	%۸۶	۵۸۸	٪۸۴		
سرسرای پایین	5CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۴۹۰	%۷۰	۵۶۰	٪۸۰		
سرسرای پایین	6CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۷۰۰	%۱۰۰	۶۰۲	٪۸۶		
سرسرای پایین	7CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۰۰	%۸۶	۵۸۸	٪۸۴		
سرسرای پایین	8CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۶۰	%۹۴	۵۷۴	٪۸۲		
سرسرای پایین	9CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۳۰	%۹۰	۵۶۷	٪۸۱		
سرسرای پایین	10CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۷۰	%۸۱	۵۶۰	٪۸۰		
سرسرای پایین	11CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۸۰	%۸۳	۵۶۰	٪۸۰		
سرسرای پایین	12CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۲۵	%۸۹	۵۷۴	٪۸۲		
سرسرای پایین	13CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۷۰۰	%۱۱۷	۴۹۲	٪۸۲		
سرسرای پایین	14CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۵۵۰	%۹۲	۴۹۸	٪۸۳		
سرسرای پایین	15CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۵۸۰	%۹۷	۵۱۶	٪۸۶		
سرسرای پایین	16CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۴۸۰	%۸۰	۴۸۶	٪۸۱		
سرسرای پایین	17CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۲۰۰	۲۰۰	%۱۰۰	۱۶۲	٪۸۱		
انشعاب A ۳۲x۳۰ اینچ				۱۱۰۰۰	۹۲۵۰	%۸۶/۵	۹۱۰۵	٪۸۳		
سرسرای پایین	18CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۵۰	%۱۱۵	۱۰۸۰	٪۱۰۸		
سرسرای پایین	19CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۹۶۵	%۹۶	۱۰۷۰	٪۱۰۷		
سرسرای پایین	20CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	%۱۲۰	۱۰۵۰	٪۱۰۵		
سرسرای پایین	21CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۴۵	%۱۱۵	۱۰۳۰	٪۱۰۳		
سرسرای پایین	22CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۰۸۰	%۱۰۸	۱۰۳۰	٪۱۰۳		
سرسرای پایین	23CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۶۷۵	%۱۱۳	۶۳۵	٪۱۰۶		
سرسرای پایین	24CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۴۰۰	۴۵۰	%۱۱۳	۴۲۵	٪۱۰۶		
سرسرای پایین	25CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۵۸۰	%۹۷	۶۵۰	٪۱۰۸		
سرسرای پایین	26CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۴۰۰	۳۵۰	%۸۸	۳۹۰	٪۹۸		
سرسرای پایین	27CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۲۵	%۱۱۳	۱۰۷۰	٪۱۰۷		
سرسرای پایین	28CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۹۰۰	%۹۰	۱۰۰۰	٪۱۰۰		
سرسرای پایین	29CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۲۰	%۱۱۲	۱۰۵۰	٪۱۰۵		
انشعاب B ۳۲ ϕ اینچ				۱۰۰۰۰	۱۰۷۴۰	%۱۰۷	۱۰۴۸۰	٪۱۰۵		
جمع کل سیستم				۲۱۰۰۰	۲۰۲۶۰	%۹۶/۵	۱۹۵۸۵	٪۹۳		

متعادل کردن توزیع هوا در کارگاه

شکل ۱۹-۲۰ توزیع هوا - ارقام اندازه گیری اولیه
شکل ۲۰-۲۰ توزیع - تعادل نسبی
حالا توزیع هوا در انشعابات به طور نسبی، در حدود ده درصد نسبت به هم، متعادل شده است.

متعادل سازی انشعابها در محل نصب

انشعاب B برابر ۱۰۵ درصد مقدار طراحی، با ۱/۲ اینچ فشار استاتیک در هر نقطه مقطع عرضی، است. انشعاب A برابر ۸۳ درصد مقدار طراحی، با ۰/۹۷ اینچ فشار استاتیک در نقطه تست بعد از دمپر، است. دمپر تنظیم هوای انشعاب B را ببندید تا فشار استاتیک آن به ۱/۰۱ اینچ برسد (برابر ۹۶ درصد مقدار طراحی)، انشعاب A در نقطه تست مقدار ۱/۱۵ اینچ فشار استاتیک را نشان میدهد (۹۰ درصد طراحی) . حالا انشعابها نسبت به هم متعادل شده است. نسبت آنها ۱/۰۷ (۹۰ : ۹۶) است. توزیع هوا هنوز در حدود ده درصد، بین شاخه های انشعاب نسبت به هم، به طور نسبی متعادل شده است.

تنظیم هوای سیستم در محل نصب

سیستم توزیع هوا در شرایط ۹۳ درصد طراحی در حال کار کردن است (۱۹۵۸۵/۲۱۰۰۰) . برای مشخص کردن اثر افزایش مقدار هوای سیستم به ۲۰۵۰۰ فوت مکعب در دقیقه، در توزیع هوا، محاسبات زیر انجام میشود.
(۱/۰۵ = ۲۰۵۰۰/۱۹۵۸۵). توان حقیقی جدید و آمپراژ جدید، اگر amp=۲۴/۷ باشد، به ترتیب زیر بدست می آید.

bhp_2 ۲۴/۳۷ = ۲۱/۰۵ x $(۱/۰۵)^3$

amp_2 ۲۸/۶ = ۲۴/۷ x $(۱/۰۵)^3$

موتور موجود میتواند پاسخگوی افزایش حجم هوای بادزن باشد (موتور ۳۰ اسب، توان حقیقی در طراحی ۲۴/۹۵)

افزایش سرعت دوران بادزن ۱۵۴۵ x ۱/۰۵ = ۱۶۲۲ دور در دقیقه

اندازه پولی مورد نیاز موتور ۹/۴ x ۱/۰۵ = ۹/۸۷ اینچ

پس از مراجعه به کاتالوگ سازنده محرک (ASM)، پولی ثابت جدید موتور و پولی ثابت جدید بادزن انتخاب میشود.
پولی جدید موتور 4TB80 است (قطر گام (pitch diameter) برابر ۸ اینچ با تسمه "B")
پولی جدید موتور 4TB90 است.

$$\frac{۱۸۰۰\ rpm_m \times ۸''}{۹''} = ۱۶۰۰ \text{ دور در دقیقه}$$

طول جدید تسمه (Pitch diameter) :

$$۲ (۳۴/۲۱۵) + ۱/۵۷ (۹+ ۸) + \frac{(۹-۸)^2}{۱۳۷} = ۹۵/۲ \text{ اینچ}$$

اندازه جدید تسمه B94 است.
سرعت خطی انتهای پره های بادزن (Tip Speed) به ترتیب زیر به دست می آید:

$$\frac{۱۶۲۲ \times ۳۰ \times ۳/۱۴}{۱۲} = ۱۲۷۳۳ \text{ فوت در دقیقه}$$

اکنون تغییرات انجام شده و سیستم تست شده است.

تنظیم سیستم هوای برگشت و هوای تازه در محل نصب

مقدار هوای تازه (شکل ۲۱-۲۰) در طراحی ۴۲۰۰ فوت مکعب در دقیقه ، یا ۲۰ درصد کل حجم هوا (۴۲۰۰/۲۱۰۰۰) است. اندازه گیری در یک مقطع عرضی (شکل ۲۲-۲۰) مقدار هوای بیرون را ۵۰۲۰ فوت مکعب در دقیقه، یا ۲۴ درصد (۵۰۲۰/۲۱۰۰۰) نشان میدهد، موقعیت سوراخها در کانال و علامتها روی لوله پیتوت در مقطع عرضی کانال هوای بیرون به ترتیب زیر تعیین میشود:

با مته سوراخهایی در ضلع ۲۴ اینچ کانال در فاصله های ۳ ، ۹ ، ۱۵ و ۲۱ اینچ ایجاد کنید.

روی لوله پیتوت در طرف ضلع ۲۰ و در نقاط ۲/۵ ، ۷/۵، ۱۲/۵ و ۱۷/۵ اینچ علامت بزنید.

دمای هوا به ترتیب زیر اندازه گیری شده است :

هوای بیرون (OA) برابر ۹۸ درجه فارنهایت

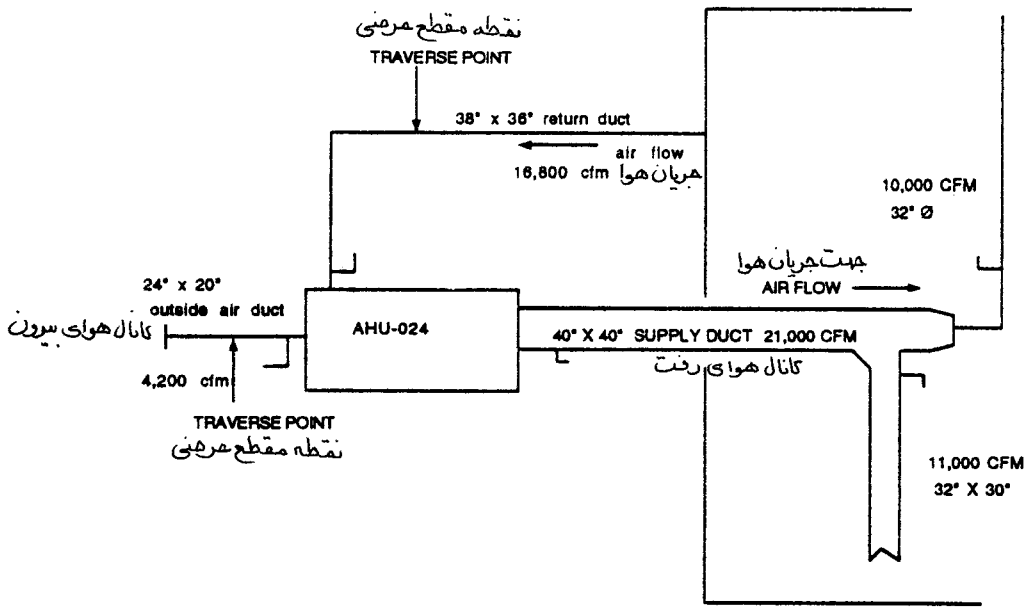
هوای برگشت (RA) برابر ۷۸ درجه فارنهایت

هوای مخلوط (MA) برابر ۸۳ درجه فارنهایت

فشار استاتیک در مقطع عرضی ۰/۸۵ اینچ است.

دمپر تنظیم مقدار هوا را در کانال هوای بیرون ببندید تا فشار استاتیک آن به مقدار ۰/۵۹ اینچ برسد و مقدار هوا کاهش یابد و به ۴۲۰۰ فوت مکعب در دقیقه برسد. حالا دمای هوای مخلوط ۸۲ درجه فارنهایت برای مقدار تصحیح شده هوای بیرون برابر ۲۰ درصد میباشد.

پس از تنظیم مقدار هوای بیرون، نقاط مقطع عرضی روی کانال برگشت (شکل ۲۳-۲۰) مقدار هوا را ۱۶۲۹۵ فوت مکعب در دقیقه یا ۹۷ درصد طراحی نشان میدهد (۱۶۲۹۵/۱۶۸۰۰).



شکل ۲۱-۲۰ کانال هوای برگشت و هوای تازه

شکل ۲۲-۲۰ برگ نقطه مقطع عرضی کانال مستطیلی

پروژه:	**مهندس :**	
بادزن	AHU - 024	
مقطع عرضی	کانال هوای بیرون	
	در طراحی	واقعی
اندازه کانال (اینچ)	۲۰ x۲۴اینچ	۲۰ x ۲۴اینچ
مساحت کانال (فوت مربع)	۳/۳۳	۳/۳۳
حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)	۴۲۰۰	۵۰۲۰
سرعت میانگین (فوت در دقیقه)	۱۲۶۱	۱۵۰۷
فشار استاتیک در مرکز	مشخص نشده	۰/۸۵ اینچ
چگالی (پوند بر فوت مکعب)	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵
تصحیح ابزار اندازه گیری برای چگالی	نه	نه

شماره	فشار سرعتی +	سرعت
۱	به یادداشت زیر نگاه کنید	۱۳۸۷
۲		۱۳۹۷
۳		۱۴۰۳
۴		۱۴۵۰
۵		۱۴۷۵
۶		۱۴۸۶
۷		۱۴۰۴
۸		۱۴۹۷
۹		۱۴۵۵
۱۰		۱۵۸۹
۱۱		۱۶۰۷
۱۲		۱۶۵۶
۱۳		۱۵۴۰
۱۴		۱۵۶۷
۱۵		۱۵۹۰
۱۶		۱۶۱۰
جمع		۲۴۱۱۳

$$\text{میانگین سرعت} = \frac{\text{۲۴۱۱۳ فوت در دقیقه}}{\text{۱۶ مورد قرائت شده}} = \text{۱۵۰۷ فوت در دقیقه}$$

مقدار هوا = ۱۵۰۷ فوت در دقیقه x ۳/۳۳ = ۵۰۲۰ فوت مکعب در دقیقه

یادداشت : اندازه های قرائت شده توسط مانومتر الکترونیکی است که مستقیماً سرعت را به فوت در دقیقه نشان میدهد.

شکل ۲۳-۲۰ برگ نقطه مقطع عرضی کانال مستطیلی

پروژه: بادزن
مقطع عرضی

مهندس :
AHU - 024
کانال هوای برگشت

	در طراحی	واقعی
اندازه کانال (اینچ)	۳۶ x ۳۸ اینچ	۳۶ x ۳۸اینچ
مساحت کانال (فوت مربع)	۹/۵	۹/۵
حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)	۱۶۸۰۰	۱۶۲۹۵
سرعت میانگین (فوت در دقیقه)	۱۷۶۸	۱۷۱۵
فشار استاتیک در مرکز	مشخص نشده	۰/۹۵ اینچ
چگالی (پوند بر فوت مکعب)	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵
تصحیح ابزار اندازه گیری برای چگالی	نه	نه

شماره	فشار سرعتی	سرعت	شماره	فشار سرعتی	سرعت	شماره	فشارسرعتی	سرعت
۱	به یادداشت زیر	۱۷۰۰	۱۸	به یادداشت زیر	۱۶۹۰	۳۵	به یادداشت زیر	۱۶۹۰
۲	نگاه کنید	۱۷۱۵	۱۹	نگاه کنید	۱۷۰۰	۳۶	نگاه کنید	۱۶۹۵
۳		۱۷۲۵	۲۰		۱۷۱۰	۳۷		۱۶۹۰
۴		۱۷۵۰	۲۱		۱۷۰۹	۳۸		۱۶۰۰
۵		۱۷۴۸	۲۲		۱۶۷۵	۳۹		۱۶۵۴
۶		۱۷۹۷	۲۳		۱۷۹۸	۴۰		۱۶۶۳
۷		۱۷۰۳	۲۴		۱۷۰۱	۴۱		۱۶۷۴
۸		۱۷۲۴	۲۵		۱۷۷۸	۴۲		۱۶۰۰
۹		۱۷۸۸	۲۶		۱۷۵۶			
۱۰		۱۷۳۰	۲۷		۱۷۶۸			
۱۱		۱۷۲۷	۲۸		۱۷۷۹			
۱۲		۱۷۰۰	۲۹		۱۷۹۰			
۱۳		۱۷۷۷	۳۰		۱۷۸۹			
۱۴		۱۷۵۰	۳۱		۱۶۸۰			
۱۵		۱۷۲۷	۳۲		۱۶۹۰			
۱۶		۱۷۰۰	۳۳		۱۶۵۹			
۱۷		۱۷۲۷	۳۴		۱۶۰۰			
جمع		۲۹۴۸۸	جمع		۲۹۲۷۲	جمع		۱۳۲۶۶
						جمع کل		۷۲۰۲۶

مسانگین سرعت = $\frac{\text{۷۲۰۲۶ فوت در دقیقه}}{\text{۴۲ مورد قرائت شده}}$ = ۱۷۱۵ فوت در دقیقه

مقدار هوا = ۱۷۱۵ فوت در دقیقه x ۹/۵ = ۱۶۲۹۵ فوت مکعب در دقیقه

یادداشت : اندازه های قرائت شده توسط مانومتر الکترونیکی است که مستقیماً سرعت را به فوت در دقیقه نشان میدهد.

اطلاعات نهایی تست در محل

شکل ۲۰-۲۴ اطلاعات نهایی بادزن
شکل ۲۰-۲۵ اطلاعات نهایی محرک
شکل ۲۰-۲۶ اطلاعات نهایی موتور
شکل ۲۰-۲۷ اطلاعات نهایی توزیع هوا

شکل ۲۴-۲۰ برگ نهایی آزمایش دستگاه هوارسان

پروژه: اطلاعات بادزن	مهندس : در طراحی	واقعی
شماره	AHU -024	AHU - 024
محل نصب	اتاق هوارسان	اتاق هوارسان
فضایی که هوارسانی میشود	طبقه پایین	طبقه پایین
سازنده	AFC	AFC
شماره سری#	123-456-789	123-456-789
مدل#	AF-30-91	AF-30-91
کلاس کار	II	II
سرعت دوران	۱۵۸۶	۱۶۰۵
جهت چرخش	در جهت عقربه ساعت	در جهت عقربه ساعت
راندمان	٪۶۳	٪۵۸
نوع چرخ / ورودی	تک چرخ تک ورودی	تک چرخ تک ورودی
اندازه چرخ	۳۰ اینچ	۳۰ اینچ
سرعت خطی (TIP SPEED)	۱۲۴۵۰	۱۲۵۹۹
حجم هوا		
مقدار کل هوا	۲۱۰۰۰	۲۰۴۲۸
مقدار هوای بیرون	۴۲۰۰	۴۲۴۰
مقدار هوای برگشت	۱۶۸۰۰	۱۶۲۹۵
فشار بادزن		
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	۲/۴۳
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	۱/۹۸
فشار استاتیک کل	۴/۰	۴/۴۱
اختلاف فشار		
فیلتر		
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	۱/۳۲
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	۱/۵۴
اختلاف فشار استاتیک	(NA) در دسترس نیست	۰/۲۲
کویل گرمایی		
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	۱/۵۴
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	۱/۸۵
اختلاف فشار استاتیک	۰/۳۰	۰/۳۱
کویل سرمایی		
تر یا خشک	تر	تر
فشار استاتیک ورودی	(NA) در دسترس نیست	۱/۸۵
فشار استاتیک خروجی	(NA) در دسترس نیست	۲/۴۲
اختلاف فشار استاتیک	۰/۵۰	۰/۵۷

شکل ۲۵-۲۰ برگ اطلاعات نهایی محرک

پروژه:	مهندس :	
بادزن		
اطلاعات محرک	در طراحی	واقعی
بادزن	AHU- 024	AHU- 024
اندازه محور	۲ ۷/۱۶ اینچ	۲ ۷/۱۶ اینچ
اندازه پولی	4 TB 110	4 TB 90
سازنده پولی	ASC	ACS
ثابت یا قابل تنظیم	ثابت	ثابت
موتور		
اندازه محور	۱ ۷/۸ اینچ	۱ ۷/۸ اینچ
اندازه پولی	4 TB 94	4 TB 80
سازنده پولی	ASC	ASC
ثابت یا قابل تنظیم	قابل تنظیم	قابل تنظیم
فاصله مرکز محور	(NA) در دسترس نیست	۳۴ ۱/۴ اینچ
تسمه ها		
سازنده	ABC	ABC
شماره	۴	۴
اندازه	(NA) در دسترس نیست	B 94
محرکها	وضعیت	اشکالات
پولی	خوب	نه
محور	خوب	نه
یاتاقان	خوب	نه
کشش تسمه ها	خوب	نه
تنظیم محرک	خوب	نه
تنظیم موتور	اینچ	
بالا	(NA) در دسترس نیست	
پایین	(NA) در دسترس نیست	
جلو	۳ اینچ	
عقب	۳ اینچ	

شکل ۲۶-۲۰ برگ آزمایش نهایی موتور

پروژه: **مهندس :**

	در طراحی	واقعی
بادزن	AHU - 024	AHU - 024
اطلاعات موتور		
سازنده	AMC	AMC
اندازه قاب	۲۸۶ T	۲۸۶ T
توان	۳۰	۳۰
فاز	۳	۳
فرکانس	۶۰	۶۰
سرعت دوران	۱۸۰۰	۱۸۰۰
ضریب سرویس	۱/۱۵	۱/۱۵
ولتاژ	۲۳۰/۴۶۰	۴۷۸/۴۷۷/۴۸۰
آمپر	۳۶/۲ - ۷۲/۴	۲۸/۴ - ۲۸/۶ - ۲۸/۵
ضریب توان	۰/۸۳	۰/۸۳ *
راندمان	۰/۹۳	۰/۹۳ *
توان حقیقی	۲۴/۹۵	۲۴.۳۷
اندازه راه انداز	۳	۳
حفاظت حرارتی	۶۵ W	۶۵ W

* ضریب توان و راندمان که برای محاسبه توان حقیقی بکار رفته است

شکل ۲۷-۲۰ برگ آزمایش سیستم توزیع هوا

پروژه: مهندس :

فضائی که هوارسانی میشود	توزیع هوا شماره،نوع	توزیع هوا اندازه	AK	هوادهی طراحی فوت مکعب دردقیقه	قرائت شده اولیه cfm	اولیه درصد اختلاف	تناسبی cfm	تناسبی درصد اختلاف	نهایی cfm	نهایی درصد اختلاف
سرسرای پایین	1CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۱۵	%۷۴	۵۹۵	٪۸۵	۶۷۹	٪۹۷
سرسرای پایین	2CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۰۰	%۷۱	۵۶۷	٪۸۱	۶۴۴	٪۹۲
سرسرای پایین	3CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۴۰	%۷۷	۶۱۶	٪۸۸	۷۰۰	٪۱۰۰
سرسرای پایین	4CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۰۰	%۸۶	۵۸۸	٪۸۴	۶۷۲	٪۹۶
سرسرای پایین	5CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۴۹۰	%۷۰	۵۶۰	٪۸۰	۶۳۷	٪۹۱
سرسرای پایین	6CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۷۰۰	%۱۰۰	۶۰۲	٪۸۶	۶۷۹	٪۹۷
سرسرای پایین	7CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۰۰	%۸۶	۵۸۸	٪۸۴	۶۷۲	٪۹۶
سرسرای پایین	8CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۶۰	%۹۴	۵۷۴	٪۸۲	۶۵۸	٪۹۴
سرسرای پایین	9CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۳۰	%۹۰	۵۶۷	٪۸۱	۶۴۴	٪۹۲
سرسرای پایین	10CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۷۰	%۸۱	۵۶۰	٪۸۰	۶۳۷	٪۹۱
سرسرای پایین	11CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۵۸۰	%۸۳	۵۶۰	٪۸۰	۶۳۷	٪۹۱
سرسرای پایین	12CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۷۰۰	۶۲۵	%۸۹	۵۷۴	٪۸۲	۶۶۵	٪۹۵
سرسرای پایین	13CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۷۰۰	%۱۱۷	۴۹۲	٪۸۲	۵۷۰	٪۹۵
سرسرای پایین	14CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۵۵۰	%۹۲	۴۹۸	٪۸۳	۵۷۶	٪۹۶
سرسرای پایین	15CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۵۸۰	%۹۷	۵۱۶	٪۸۶	۵۸۸	٪۹۸
سرسرای پایین	16CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۴۸۰	%۸۰	۴۸۶	٪۸۱	۵۵۲	٪۹۲
سرسرای پایین	17CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۲۰۰	۲۰۰	%۱۰۰	۱۶۲	٪۸۱	۱۸۴	٪۹۲
انشعاب A ۳۲x۳۰ اینچ				۱۱۰۰۰	۹۵۲۰	%۸۷	۹۱۰۵	٪۸۳	۱۰۳۹۴	٪۹۵
سرسرای پایین	18CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۵۰	%۱۱۵	۱۰۸۰	٪۱۰۸	۱۰۳۰	٪۱۰۳
سرسرای پایین	19CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۹۶۵	%۹۶	۱۰۷۰	٪۱۰۷	۱۰۲۰	٪۱۰۲
سرسرای پایین	20CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	%۱۲۰	۱۰۵۰	٪۱۰۵	۱۰۰۰	٪۱۰۰
سرسرای پایین	21CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۴۵	%۱۱۵	۱۰۳۰	٪۱۰۳	۹۹۰	٪۹۹
سرسرای پایین	22CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۰۸۰	%۱۰۸	۱۰۳۰	٪۱۰۳	۹۹۰	٪۹۹
سرسرای پایین	23CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۶۷۵	%۱۱۳	۶۳۵	٪۱۰۶	۶۱۲	٪۱۰۲
سرسرای پایین	24CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۴۰۰	۴۵۰	%۱۱۳	۴۲۵	٪۱۰۶	۴۰۸	٪۱۰۲
سرسرای پایین	25CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۶۰۰	۵۸۰	%۹۷	۶۵۰	٪۱۰۸	۶۱۸	٪۱۰۳
سرسرای پایین	26CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۴۰۰	۳۵۰	%۸۸	۳۹۰	٪۹۸	۳۷۶	٪۹۴
سرسرای پایین	27CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۲۵	%۱۱۳	۱۰۷۰	٪۱۰۷	۱۰۲۰	٪۱۰۲
سرسرای پایین	28CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۹۰۰	%۹۰	۱۰۰۰	٪۱۰۰	۹۶۰	٪۹۶
سرسرای پایین	29CD	۲۴x۲۴	۱/۰۰	۱۰۰۰	۱۱۲۰	%۱۱۲	۱۰۵۰	٪۱۰۵	۱۰۱۰	٪۱۰۱
انشعاب B ۳۲ ϕ اینچ				۱۰۰۰۰	۱۰۷۴۰	%۱۰۷	۱۰۴۸۰	٪۱۰۵	۱۰۰۳۴	٪۱۰۰
جمع کل سیستم				۲۱۰۰۰					۲۰۴۲۸	٪۹۷

فصل بیست و یکم - آزمایش ، تنظیم و متعادل کردن سیستمهای با حجم ثابت، چند منطقه ای، دوکانالی و ایندکشن

(Testing, Adjusting and Balancing Constant Air Volume Multizone, Dual Duct and Induction Systems)

در این فصل نحوه متعادل کردن سیستمهای چند منطقه ای، دو کانالی و واحدهای ایندکشن (Induction Units) و همچنین سیستمهای برگشت و تخلیه آنها مورد بررسی قرار میگیرد.

هوارسان با دمپرهای اختلاط هوا و سیستمهای چند منطقه ای

هوارسانهای چند منطقه ای جزو واحدهای دو مسیری (Dual Path) رده بندی میشوند. کویل سرمایی و کویل گرمایی در این نوع هوارسانها به موازات یکدیگر نصب میشوند. کویل گرمایی در کانال گرم (Hot Deck) و کویل سرمایی در کانال سرد (Cold Deck) قرار میگیرد. دمپرهای مخلوط کننده درست پس از کویلها قرار دارند. هوا پس از عبور از روی کویلهای سرمایی و گرمایی و دمپرهای مخلوط کن وارد کانال هر منطقه شده و به اتاق مورد نظر میرسد.

بعضی از سیستمها کویل گرمایی ندارند. زمانیکه در وضعیت گرمایی باشد، هوا پس از مخلوط شدن در جعبه اختلاط هوا از یک مقاومت میگذرد و در واقع کویل سرمایی را کنارگذر (Bypass) میکند.

سیستمهای چند منطقه ای جزو سیستمهای با حجم ثابت است، گرچه مقدار واقعی هوا، بعلت تفاوت مقاومت کویل گرمایی که کوچکتر است و کویل گرمایی که بزرگتر است، ممکن است متغیر باشد. سیستمهای چند منطقه ای معمولاً بین ۵ تا ۱۲ منطقه دارند.

نحوه متعادل کردن

- برگهای گزارش نویسی را آماده کنید.
- از سیستم بازرسی کنید.

- از محل نصب بازدید کنید.
- دستگاه را بازدید کنید.
- سیستم توزیع هوا را بازدید کنید.

- تمام دمپرها را در حالت مخصوص متعادل سازی قرار دهید (فصل ۱۷).
- دمپرهای مخلوط کننده را بازدید کنید که به درستی عمل کنند و مقدار نشت آنها درست باشد.
- از تمام دستگاههایی که در متعادل کردن سیستم نقش دارند آزمایش اولیه بعمل آورید.

- جهت چرخش بادزن و موتور را وارسی کنید.
- عوامل برقی را که عبارتند از ولتاژ، آمپر و ضریب توان ، اندازه بگیرید.
- سرعت دوران را اندازه بگیرید.

فشار استایتک بادزن را اندازه بگیرید.

- مقدار هوادهی کل را اندازه بگیرید.

- سیستمهای معمولی :

. کانال هر منطقه را در نقاط مقطع عرضی تست کنید و هوادهی تمام دریچه را اندازه گرفته و جمع نمائید.

- سیستمهایی که ضریب همزمانی دارند:

. نسبت ضریب همزمانی را بیابید.

. نسبت هوای سرد به کل هوا را ثابت نگهدارید.

. برای اینکه مقدار هوای سرد به مقدار طراحی نزدیک شود، هوای سرد کافی به تعداد کافی از مناطق بفرستید.

. بقیه مناطق را گرم کنید.

. دمپرهای مخلوط کننده را در وضعیتی بگذارید که برخی از دمپرهای هوای گرم، در زمانی که وضعیت سرمایی کامل انجام میشود، مقداری باز بمانند.

- سیستم توزیع هوا را متعادل کنید.

- مناطقی را که تحت آزمایش هستند در معرض بار سرمایی کامل قرار دهید.
- بطور تناسبی سیستم هوا را متعادل کنید.
- بطور تناسبی انشعابات را متعادل کنید.
- بطور تناسبی مناطق را متعادل کنید.

. فشار استاتیک را پس از دمپر حجمی منطقه و در مرکز کانال اندازه بگیرید.

. با استفاده از هوای اندازه گیری شده (بوسیله لوله پیتوت یا جمع جبری دریچه ها)، نسبت درصد هوادهی طراحی هر منطقه را محاسبه کنید.

. از منطقه ای که کمترین درصد هوا را دارد و با استفاده از اندازه گیریهای فشار استاتیک و قانون دوم بادزنها، مناطق را بطور تناسبی متعادل کنید (به نحوه متعادل سازی انشعابات در فصل ۱۸ مراجعه کنید).

- اگر لازم است سرعت بادزن را تغییر دهید.

- در صورت لزوم محرکها را عوض کنید.

- بر حسب مورد، سیستم را با حداکثر هوای بیرون آزمایش نمایید.

- مقدار هوای عبوری از کویل گرمایی یا ابزار مقاومت (Resistance Apparatus) در کانال گرم را اندازه بگیرید.

- سیستم را در وضعیت سرمایی قرار دهید و آمار آزمایش را نهایی کرده و یادداشت کنید.

- گزارش متعادل سازی را تکمیل کنید.

هوارسانهای با جعبه اختلاط هوا و سیستمهای دو کانالی

واحدهای دو کانالی (Dual Duct) جزو سیستمهای دو مسیری رده بندی میشوند. کویل سرمایی و کویل گرمایی آنها معمولاً بطور موازی بسته میشود. کویل گرمایی در کانال گرم و کویل سرمایی در کانال سرد قرار دارد. هوا از روی کویلها عبور کرده و وارد کانالهای گرم و سرد میشود.

اکثر سیستمهای دو کانالی با حجم ثابت برای فشار متوسط و فشار بالا طراحی میشوند. آنها از نوع سیستمهای مستقل از فشار هستند. کانال هوای گرم و سرد به جعبه های اختلاط هوا ختم میشوند. این جعبه ها دارای دمپرهای تنظیم هوا هستند که برحسب نیاز هوای گرم، یا هوای سرد و یا مخلوطی از این دو را وارد اتاق مورد نظر میکنند.

بعضی از سیستمهای دو کانالی با حجم ثابت جزو سیستمهای فشار پایین بوده و به عامل فشار (pressure dependent) متکی هستند. این سیستمها، دمپرهای اختلاط هوا دارند که برحسب نیاز هوای گرم، هوای سرد یا مخلوطی از این دو را وارد کانال ثانویه میکنند و از آن طریق هوا را به اتاق میرساند. در این سیستم از جعبه اختلاط هوا استفاده نمیشود. بعضی از این سیستمها روی کانال گرم و سرد دمپر تعادل دستی دارند که روی هر کانال، قبل از ورود هوا به کانال مشترک، نصب میشود. در بعضی دیگر فقط یک دمپر دستی وجود دارد که جای آن روی کانال مشترک است.

بعضی از این سیستمها کویل گرمایی ندارند. زمانیکه سیستم در وضعیت گرمایی است هوا از روی وسایل مقاومت دار که روی خط کنارگذر کویل سرمایی قرار دارند عبور میکند.

سیستمهای دو کانالی جزو سیستمهای با حجم ثابت رده بندی میشوند. گرچه مقدار هوادهی واقعی ممکن است

بعلت کوچک بودن کویل گرمایی و بزرگ بودن کویل سرمایی متغیر باشد.

مراحل متعادل کردن

- برگهای گزارش نویسی را آماده کنید.
- از سیستم بازدید کنید.

- محل نصب را بازدید کنید.
- دستگاهها را بازدید کنید.
- سیستم توزیع هوا را بازدید کنید.

- تمام دمپرها را در وضعیت متعادل سازی قرار دهید (فصل ۱۷).
- از دمپرهای مخلوط کننده بازدید کنید که درست عمل کنند (مقدار نشتی آنها درست باشد).
- تمام وسایلی را که در کار متعادل سازی نقش دارند مورد آزمایش اولیه قرار دهید.

- وضعیت کار و جهت چرخش بادزن و موتور را تایید کنید.
- ولتاژ، آمپر و ضریب توان را اندازه بگیرید.
- سرعت دوران را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک بادزن را اندازه بگیرید.

- فشار استاتیک انتهایی سیستم را اندازه بگیرید.

- فشار استاتیک باید برابر حداقل فشار مورد نیاز عملکرد جعبه های اختلاط هوا یا بیشتر از آن باشد.
- افت فشار استاتیک دو طرف جعبه را اندازه بگیرید. افت فشار لازم را از سازنده بگیرید.

معمولاً ، ۰/۰۷۵ اینچ ستون آب برای تنظیم کننده های مکانیکی لازم است. مقداری فشار اضافی نیز برای سیستم توزیع هوای فشار پایین، پس از جعبه مورد نیاز میباشد.

- مقدار کل جریان هوا را اندازه بگیرید.

- سیستمهای معمولی :

. درکانال گرم و سرد نقاط مقطع عرضی را تست کنید. اگر هوادهی کانال گرم بیش از ۱۰ درصد طراحی باشد، نگاه کنید که دمپر هوای گرم یا جعبه هایی اختلاط نشتی نداشته باشند.

- سیستمهای با ضریب همزمانی :

. نسبت همزمانی را معین کنید.

. نسبت هوای سرد به کل هوا را ثابت نگهدارید.

. ترموستاتها را طوری تنظیم کنید که تمام هوا در کانال سرد جریان یابد.

. برای اینکه مقدار هوای سرد عبوری از روی کویل سرمایی به مقدار طراحی نزدیک شود، جعبه های به تعداد کافی برای وضعیت سرد در مدار قرار دهید.

- بقیه جعبه ها را برای وضعیت گرمایی تنظیم کنید.

- سیستم توزیع هوا را متعادل کنید.

- سیستمهای مستقل از فشار (pressure independent):

. دمپرهای اختلاط هوا را طبق توصیه سازنده تنظیم نمایید.

. با استفاده از لوله پیتوت در کانال هوای فشار پایین بعد از جعبه ها یا جمع کل مقدار هوای دریچه ها، مقدار هوا را تعیین کنید تا بوسیله آن بتوانید جعبه ها را تنظیم کرده و نشتی احتمالی کانال را برطرف سازید.

. بطور تناسبی دریچه ها را متعادل کنید.

- سیستمهای متکی به فشار (pressure dependent):

. سیستم توزیع هوا را بطور تناسبی متعادل سازید.

. بطور تناسبی کانال مشترک را متعادل کنید.

. دمپرهای حجمی دستی یا دمپرهای خودکار فشار استاتیک را برای مقدار جریان هوای صحیح تنظیم نماید.

- اگر لازم است سرعت بادزن را تغییر دهید.

- اگر لازم است محرکها را عوض کنید.

- اگر لازم است، سیستم را در وضعیت حداکثر هوای بیرون قرار داده و آزمایش کنید.

- اگر موتور بیش از حد گرم شود یا مقدار جریان هوا خیلی زیاد باشد، سیستم را تنظیم نمایید.

- سیستم را در وضعیت گرمایی قرار داده و کارکرد آن را مورد تایید قرار دهید.

- سیستمهای مستقل از فشار :

. مقدار هوای عبوری از کویل گرمایی یا وسایل مقاوم در کانال گرم را اندازه بگیرید.

- سیستمهای متکی به فشار :

- اگر برای کانالهای گرم و سرد، دمپرهای دستی مستقل پیش بینی شده، با کمک دمپر دستی کانال گرم مقدار هوا را تنظیم کنید. اگر فقط یک دمپر آنهم در کانال مشترک پیش بینی شده به آن دست نزنید و در همان حالت تنظیم برای هوای سرد رها کنید.
- سیستم توزیع هوا را اندازه بگیرید. مقدار جریان هوا باید برابر زمانی باشد که سیستم برای حالت سرمایی متعادل شده بود.

- سیستم را در وضعیت سرمایی بگذارید و آمار آزمایش نهایی را بنویسید.
- گزارش متعادل سازی را تکمیل کنید.

هوارسانها و واحدهای ایندکشن

مراحل متعادل کردن

- برگهای گزارش نویسی را آماده کنید.
- بازدید کارگاهی انجام دهید.
  - محل نصب را بازدید کنید.
  - دستگاه را بازدید کنید.
  - سیستم توزیع هوا را بازدید کنید.
- تمام دمپرها را در حالت متعادل سازی قرار دهید (فصل ۱۷).
- تمام دستگاههایی را که در متعادل سازی نقش دارند مورد آزمایش اولیه قرار دهید.
  - کارکرد و جهت چرخش بادزن و موتور را بازدید کنید.
  - ولتاژ، آمپر و ضریب توان را اندازه بگیرید.
  - سرعت دوران را اندازه بگیرید.
  - فشار استاتیک بادزن را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک را در واحدهای ایندکشن که در انتهای سیستم قرار دارند اندازه بگیرید.
  - فشار استاتیک باید برابر یا بیش از فشار مورد نیاز عملکرد واحد ایندکشن باشد.
  - سرعت بادزن را کم یا زیاد کنید تا به فشار مورد نیاز برسید.

- مقدار کل جریان هوا را اندازه بگیرید.

- در کانال اصلی نقاط مقطع عرضی برای تست ایجاد کنید.

- در کانالهای قائم (risers) نقاط مقطع عرضی برای تست ایجاد کنید.

- سیستم توزیع را متعادل کنید.

- بطور تناسبی واحدهای ایندکشن را در حد ۱۰± درصد ارقام طراحی متعادل کنید. با استفاده از نمودار (فشار- مقدارهوا) که از طرف سازنده ارائه میشود، مقدار هوای هر واحد را تعیین کنید.

- تمام کانالهای قائم را در حد ۱۰± درصد متعادل کنید.

- سرعت بادزن را برحسب نیاز تغییر دهید.

- اگر لازم است محرکها را عوض کنید.

- اگر لازم است، سیستم را در وضعیت حداکثر مقدار هوای بیرون قرار داده و آزمایش کنید.

- اگر موتور بیش از حد گرم میشود یا مقدار هوا بیش از حد زیاد باشد، سیستم را تنظیم کنید.

- سیستم را در وضعیت گرمایی قرار داده و عملکرد آن را آزمایش کنید.

- سیستمهای مستقل از فشار

. مقدار هوای عبوری از کویل گرمایی یا وسایل مقاوم را اندازه بگیرید.

- سیستمهای متکی به فشار

. اگر برای کانال گرم و کانال سرد، دمپرهای مستقل پیش بینی شده باشد، با کمک دمپر کانال گرم مقدار هوا را تنظیم کنید.اگر فقط یک دمپر روی کانال مشترک پیش بینی شده به آن دست نزنید و همچنان روی وضعیت سرمایی باشد.

. مقدار هوای سیستم توزیع را اندازه بگیرید. مقدار هوا باید برابر مقداری باشد که برای وضعیت سرمایی متعادل شده است.

- سیستم را در وضعیت سرمایی بگذارید و آمار آزمایش نهایی را بنویسید.

- گزارش متعادل سازی را تکمیل کنید.

سیستمهای تخلیه یا برگشت هوا

مراحل متعادل سازی

- برگهای گزارش نویسی را آماده کنید.
- از کارگاه بازدید بعمل آورید.
  - از محل نصب بازدید بعمل آورید.
  - دستگاه را مورد بازدید قرار دهید.
  - سیستم توزیع هوا را بازدید کنید.
- تمام دمپرها را در حالت متعادل سازی قرار دهید (فصل ۱۷).
- تمام وسایلی که در متعادل کردن نقش دارند مورد آزمایش اولیه قرار دهید.
  - عملکرد و جهت چرخش بادزن و موتور را بازدید کنید.
  - ولتاژ، آمپر و ضریب توان را اندازه بگیرید.
  - سرعت دوران را اندازه بگیرید.
  - فشار استاتیک بادزن را اندازه بگیرید.
- مقدار کل جریان هوا را اندازه بگیرید.
- سیستم توزیع را متعادل کنید.
  - مقدار هوای دریچه های برگشت و یا تخلیه را جمع کرده و با مقدار کـل هوای بادزن مقایسه کنید. اگر اختلافی وجود دارد برطرف نمایید.
  - بطور تناسبی تمام دریچه های تخلیه و برگشت را متعادل کنید. از دریچه ای شروع کنید که حداقل درصد طراحی را دارد.
  - بطور تناسبی انشعابات را متعادل کنید.
- اگر لازم است سرعت دورانی بادزن را تغییر دهید.
  - اگر لازم است محرک را عوض کنید.
- گزارش متعادل سازی را تکمیل کنید.

فصل بیست و دوم - آزمایش ، تنظیم و متعادل کردن سیستمهای با حجم متغیر، مستقل از فشار و متکی به فشار

(Testing, Adjusting and Balancing Pressure Independent and Pressure Dependent Variable Air Volume Systems)

این فصل مراحل متعادل کردن سیستمهای با حجم متغیر را بررسی میکند. مثالهایی نیز به این منظور آورده شده است.

مراحل عمومی متعادل کردن

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید. پلانها و مشخصات را گردآوری کرده و برگهای آزمایش را آماده کنید.
- از کارگاه بازدید اولیه بعمل آورید. محل نصب دستگاهها و سیستم توزیع را بازدید کنید. مشخص کنید که آیا کانال هوا آزمایش نشت شده است یا خیر؟
- تمام دمپرها، باستثنای دمپر هوای بیرون، را روی وضعیت کاملاً باز بگذارید. دمپر هوای تازه را روی حداقل قرار دهید. اگر در ورودی بادزن دمپر گردابی (Vortex) نصب شده آن را در حالت حداقل قرار دهید.
- ترمینالهای حجم متغیر (VAV) را برای کار آماده کنید. دمپر این ترمینالها را بازدید کنید و مطمئن شوید که با فرمان ترموستات بدرستی عمل میکند. از عملکرد ترموستات (ترموستات مستقیم یا معکوس) و وضعیت دمپرهای حجمی (نرمال باز یا نرمال بسته) مطمئن شوید. در صورت نیاز، دامنه کار فنر موتور دمپر را که به کنترلر سرعت ارتباط دارد، مورد بازدید قرار دهید. برای این کار به دستورالعمل سازنده ترمینال مراجعه کنید. اگر ترمینالها بدرستی کار نمیکنند و نیاز به تعمیر دارند، کار متعادل سازی را متوقف نمایید.
- بمنظور اطمینان از همزمان نبودن، ترموستات اتاق را در وضعیت گرمایی یا وضعیت سرمایی تنظیم کنید. ترموستاتها را برای حالتی که سیستم به تغییر حالت بار ساختمان به وضعیت سرمایی پاسخ میدهد، تنظیم نمائید.

- با روشن و خاموش کردن موتور بادزنهای رفت و برگشت جهت چرخش آنها را بازبینی کنید.
- بادزن هوای رفت را روشن کنید. اگر بادزن هوای برگشت وجود دارد باید با کارکرد بادزن رفت مشروط (interlocked) باشد. تمام بادزنها را روشن کنید.
- در حالت حداقل هوادهی پارامترهای برقی را اندازه بگیرید. به آهستگی جریان هوا را به حداکثر برسانید. دوباره مقادیر برقی را اندازه بگیرید و اثرات افزایش فشار را تحت نظر بگیرید.
- ابزار کنترل فشار استاتیک را طوری تنظیم کنید که مقدار کل هوا جریان یابد. بعضی از سیستمها ممکن است کنترلر فشار استاتیک با حد بالا و پایین داشته باشند.
- سرعت دوران را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک را در هوارسان اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک را در نزدیکی سنسور برای چک کردن ابزار کنترل آن اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک را در کانال ورودی به هر یک از جعبه های تنظیم نهایی (Terminal Box) خط اندازه بگیرید. مشخص کنید که آیا فشار استاتیک اندازه گیری شده، در ورودی هر جعبه بیشتر یا مساوی فشار لازم در ورودی آن جعبه میباشد یا خیر. چنانچه نیاز باشد سرعت بادزن را تغییر دهید. از کاتالوگ سازنده برای اندازه افت فشار مناسب جعبه ها استفاده کنید. افت فشار سیستم توزیع کم فشار هوا بعد از جعبه را اندازه بگیرید و اگر لازم است به آن اضافه کنید (بطور تقریبی ۰/۱ اینچ درصد فوت طول کانال کشی (طول معادل) و ۰/۵۰ تا ۰/۱ اینچ ستون آب برای هر دریچه). این در واقع فشار کل مورد نیاز در ورودی به جعبه ها میباشد. اگر سیستم به چند طبقه هوارسانی میکند، فشار استاتیک هر طبقه را در محل انشعاب و پایان کانال کشی اندازه بگیرید.
- با استفاده از لوله پیتوت در مقطع عرضی کانال مقدار کل هوا را اندازه بگیرید. اگر اینکار نشان دهد که مقدار نشتی زیاد است این مسئله را در گزارش قید کنید. هرگاه مقدار کل هوا را نتوانید با مقطع عرضی و لوله پیتوت در کانال اندازه بگیرید، مقدار هوای دریچه ها را جمع کنید. اگر هوادهی بادزن کمتر از ۹۵ درصد مقدار طراحی باشد، شخص مسئول را در جریان قرار دهید.
- ترمینال باکسها را تنظیم کنید. هر ترمینال باکس و کانال فشار ضعیف بعد از آن را بعنوان یک سیستم مجزا و

مستقل در نظر بگیرید. یک اختلاف فشار سنج را به دهانه کنترلر فشار وصل کرده و مقدار اختلاف فشار را بخوانید. با استفاده از نمودار سازنده ترمینال باکس که معمولاً به بدنه آن چسبانده شده، فشار خوانده شده را به فوت مکعب در دقیقه (حجم هوا) تبدیل کنید. با استفاده از توصیه های سازنده، نقطه کار حداکثر و حداقل جعبه ها را تنظیم کنید.

- ترمینالهای تحت آزمایش را در حالت بار سرمایی کامل یا در حالت همزمانی تنظیم کنید. مطمئن شوید که جعبه در حالت حداکثر جریان قرار داشته باشد. افت فشار دو طرف جعبه و فشار ورودی آن را بخوانید. با استفاده از منابع زیر کنترلر جعبه را برای هوادهی درست تنظیم کنید.
  - فشارهای اندازه گیری شده در دهانه جعبه
  - مقادیر اندازه گیری شده لوله پیتوت در مقطع عرضی کانال فشار ضعیف (بعد از جعبه)
  - جمع جبری دریچه ها
  - اندازه گیری تناسبی دریچه ها

تذکر: نحوه اتصال کانال ورودی به جعبه ممکن است روی مقادیر اندازه گیری شده اثر نامطلوب داشته باشد.

برای اینکه از فشارهای خوانده شده در دهانه جعبه مطمئن شوید، در مقطع عرضی کانال فشار ضعیف، به دور از جعبه ها، فشار را اندازه گیری کنید و یا جمع دریچه ها را بدست آورید. این کار مقدار کل هوادهی جعبه را معین کرده و محل احتمالی نشت کانال فشار ضعیف را نشان خواهد داد.

- ترمینال باکس را برای عبور حداکثر جریان هوادهی تنظیم کنید. برای اینکار ترموستات را زیر دمای اتاق بگذارید. بطور تناسبی سیستم توزیع هوا را متعادل سازید.

- ترموستات را بالاتر از نقطه تنظیم اتاق بگذارید تا جریان هوادهی جعبه به حداقل برسد. مقدار هوادهی هر یک از دریچه ها را بخوانید. اکثر دریچه ها هنوز باید در تناسب با یکدیگر باشند، ولی به هر حال امکان دارد که در زمان حداقل هوادهی بعضی از دریچه ها با هم همخوانی نداشته و خارج از تولرانس حداقل باشند. آنها را دوباره متعادل نکنید. بگذارید سیستم برای حالت حداکثر جریان متعادل باشد. مقادیر حداقل و حداکثر جریان را در فرم گزارش قید کنید.

- اگر فشار سیستم پایین است، به تعداد کافی از جعبه های مجاور جعبه تحت آزمایش را در حالت حداقل جریان قرار دهید تا فشار استاتیک ورودی به جعبه به حداقل مورد نیاز برسد. با استفاده از دستورالعمل سازنده، جعبه مورد آزمایش را در حالت حداقل و حداکثر جریان تنظیم کنید. جعبه تحت آزمایش را برای حالت حداکثر

جریان تنظیم کنید و دریچه ها را به طور تناسبی متعادل کنید. جعبه تحت آزمایش را روی حداقل جریان قرار بدهید و خروجی دریچه ها را بخوانید و یادداشت کنید.

- بعد از آنکه تمام جعبه ها متعادل شدند، سرعت بادزن را تغییر دهید تا فشار استاتیک لازم بدست آید.
- اگر ضریب همزمانی مورد دارد، سیستم را برای آن حالت تنظیم کنید.
- حجم هوادهی تمام سیستم را اندازه بگیرید.
- بعد از تکمیل کردن عملیات متعادل سازی تناسبی، سیستم را از حداقل هوای تازه به حداکثر هوای تازه تغییر دهید. آمپر موتور را اندازه بگیرید. فشار استاتیک پلنوم را اندازه بگیرید. اگر موتور در حالت اضافه بار (overload) قرار گرفت یا مقدار جریان هوا زیاد شد، دمپر هوای بیرون یا سرعت بادزن را تنظیم نمایید.
- سیستم را در وضعیت کنترل منطقی غیرتدریجی (non modulating) قرار دهید. از تمام دریچه اندازه گیری نهایی بعمل آورید و نتایج را روی برگهای آمار بنویسید. مقادیر اندازه گیری شده نهایی را با مقادیر اندازه گیری شده در نقاط مقطع عرضی مقایسه کنید.
- دمپرهایی را که تنظیم آنها بطور اتفاقی بهم خورده است علامت بگذارید. در ساختمان قدم بزنید و مراقب نقاطی باشید که کوران دارد. از وسایل کنترل هوای دریچه برای حذف کورانهای احتمالی استفاده کنید.
- برای جعبه های بادزن دار (fan powered) یا پایانه های ایندکشن، دما و مقدار هوای خروجی آن را در هر طرف تمام کانالهای ثانویه (آنجائیکه سه راهی ها نصب شده است) اندازه بگیرید تا مطمئن شوید که لایه بندی دما (stratification) وجود دارد یا خیر. جعبه های پایانه را طوری تنظیم کنید که هوای سرد اولیه و هوای گرم ثانویه بخوبی مخلوط شوند. اگر لایه بندی دما ملاحظه کردید روی برگهای گزارش یادداشت نمایید.
- مطمئن شوید که تمام دمپرهای خودکار بدرستی کار میکنند و نشتی ندارند.
- شرایط نهایی زیر را یادداشت کنید :

  ولتاژ و جریان موتور، سرعت بادزن، فشارهای استاتیک و دماهای هوا.
- فرم گزارش را تکمیل کنید. گزارش را مرور کنید و،مطمئن شوید که چیزی از قلم نیفتاده باشد. مطمئن شویدکه تمام نکات مربوط به مشکلات، کمبودها وسایر شرایط غیرعادی بطور واضح روی فرم توضیح داده شده باشد.

تنظیم پای کار جعبه های با حجم متغیر

مثال ۱-۲۲ : جعبه پایانه تک ورودی. مراحل انجام کار برای یک جعبه با حجم متغیر است. مراحل قدم به قدم گفته شده برای تمام جعبه ها صادق نیست. برای دستورالعملهای مشخص از دستورات سازنده استفاده کنید.

مراحل کار

۱- مطمئن شوید که نوع عملکرد دمپر (معمولاً باز یا معمولاً بسته) که در مقابل کنترلر تنظیم شده است با نقاط تنظیم حک شده روی برچسب کنترلر مطابقت داشته باشد.

۲- مطمئن شوید که مشخصات ترموستات که روی کنترلر نوشته شده است (عمل کننده مستقیم یا معکوس) با مشخصات ترموستات نصب شده مطابقت داشته باشد.

۳- به منحنی کالیبراسیون جعبه پایانه توجه کنید. از روی منحنی اختلاف فشار سنسور مورد نیاز برای برقراری مقدار جریان هوا را بخوانید.

۴- یک اختلاف فشارسنج (صفر تا ۲ اینچ ستون آب) به سنسور جریان کانال هوای سرد ورودی وصل کنید. هوای اصلی باید به کنترلر برسد.

۵- سیستم را برای حداقل جریان هوا تنظیم کنید. فشار سنج را بخوانید. اگر مقدار اختلاف فشار نشان داده شده با منحنی کالیبراسیون همخوانی دارد نیازی به تنظیم نیست ولی اگر با هم مطابقت ندارد وسیله تنظیم حداقل را به سمت بالا یا پایین بچرخانید تا فشار سنج مقدار اختلاف فشار لازم را نشان بدهد.

۶- سیستم را برای حداکثر جریان تنظیم کنید. فشارسنج را بخوانید. اگر مقدار اختلاف فشار نشان داده شده با مقدار منحنی کالیبراسیون هماهنگ باشد نیازی به تنظیم نیست ولی اگر اختلاف دارند وسیله تنظیم را به سمت بالا یا پایین بچرخانید تا اینکه فشار سنج مقدار منحنی را نشان دهد.

مثال ۲-۲۲: این مثال در مورد یک جعبه پایانه با دو دهانه ورودی است و فقط در مورد این پایانه خاص با حجم متغیر صدق میکند و مراحل گفته شده در مورد تمام جعبه ها صادق نیست. برای دستورالعمل خاص به دستورات سازنده مراجعه کنید.

مراحل کار

۱- مطمئن شوید که نوع عملکرد دمپر (معمولاً باز یا معمولاً بسته) که در مقابل کنترلر تنظیم شده است با نقاط تنظیم چاپ شده روی برچسب کنترلر مطابقت داشته باشد.

۲- مطمئن شوید که مشخصات ترموستات (عمل کننده مستقیم یا معکوس) که روی کنترلر نوشته شده با وضعیت واقعی ترموستات نصب شده مطابقت داشته باشد.

۳- به منحنی کالیبراسیون جعبه پایانه توجه کنید. از روی منحنی آن اختلاف فشار لازم برای مقدار جریان هوای مورد نیاز را بخوانید.

۴- مقدار حداقل را روی صفر بگذارید.

۵- یک اختلاف فشارسنج (معمولاً صفر تا ۲ اینچ ستون آب) به دو طرف سنسور جریان هوای کانال سرد ورودی وصل کنید. هوای اصلی باید به کنترلر برسد.

۶- فشارسنج را بخوانید. اگر مقدار اختلاف فشار نشان داده شده با منحنی میخواند نیازی به تنظیم نیست. اما اگر این مقادیر با هم اختلاف دارند با چرخاندن دکمه تنظیم بطرف بالا یا پایین آنها را با یکدیگر مطابقت بدهید.

۷- برای اینکه کانال گرم را برای حداکثر جریان تنظیم کنید، هوای اصلی را از کنترلر جدا کنید (یعنی صفر پوند براینچ مربع هوا به کنترلر کانال گرم برسد) و دستورات بند ۶ را تکرار کنید.

۸- به منظور اینکه کانال هوای گرم را برای حداقل جریان تنظیم کنید یک فشارسنج صفر تا ۳۰ پوند براینچ مربع را روی خط ، بین کنترلر و محرک دمپر کانال سرد، نصب کنید.

۹- اختلاف فشارسنج را روی سنسور جریان کانال هوای گرم وصل کنید.

۱۰ - فشار محرک را کم کنید تا دمپر کانال سرد ببندد. فشارسنج باید حدود ۵ پوند براینچ مربع را نشان دهد.

۱۱- اختلاف فشارسنج را بخوانید. اگر مقدار اختلاف فشار نشان داده شده با مقدار منحنی کالیبراسیون همخوانی دارد نیازی به تنظیم نیست ولی اگر اختلاف دارند دکمه تنظیم حداکثر را به سمت بالا یا پایین بچرخانید تا اختلاف فشار برابر منحنی کالیبراسیون شود.

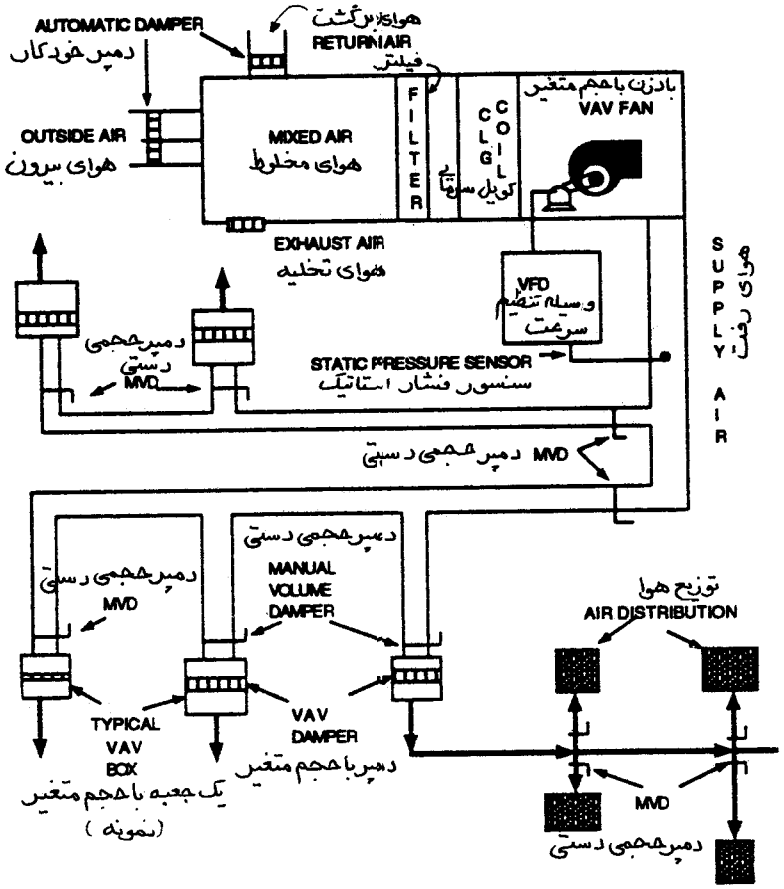
متعادل سازی سیستمهای متکی به فشار و بدون ضریب همزمانی (شکل ۱-۲۲)

(Balancing Procedure for Pressure Dependent Systems without Diversity)

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید.
- بازدید اولیه کارگاهی را انجام دهید.
- تمام دمپرها را در حالت کاملاً باز قرار دهید (باستثنای دمپر هوای تازه که برای حداقل تنظیم میشود).
- جعبه پایانه حجم متغیر را آماده کار کنید. اگر پایانه ها نیاز به تعمیر دارند و یا درست کار نمیکنند کار متعادل

سازی را متوقف کنید.

- سیستم را برای حالت کامل سرمایی تنظیم کنید.
- جهت چرخش بادزنهای رفت و برگشت را با روشن کردن لحظه ای موتور ملاحظه کنید.
- تمام بادزنهای سیستم (رفت، برگشت و تخلیه) را برای سرعت طراحی تنظیم کنید.
- اندازه گیریهای برقی را انجام دهید.
- وسیله کنترل فشار استاتیک بادزن هوای رفت را طوری تنظیم کنید که مقدار هوادهی طراحی را بدهد.
- سرعت را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک دستگاه را اندازه بگیرید.
- مقدار هوادهی کل را بخوانید.
- سیستم توزیع هوا را متعادل و تنظیم کنید. سیستمهای بدون ضریب همزمانی (nondiversity) همانند سیستمهای با حجم ثابت متعادل میشوند. از جعبه ای که حداقل درصد جریان نامی را دارد شروع کنید. روی کانال فشار ضعیف خروجی از جعبه با قرار دادن لوله پیتوت در مقطع عرضی مقدار هوا را اندازه بگیرید و با مقادیر دریچه ها مطابقت دهید تا نشتی احتمالی مشخص شود.
- با روش تناسبی دریچه ها را متعادل کنید. با استفاده از دمپر حجمی ورودی تمام جعبه های حجم متغیر را بطور تناسبی متعادل کنید. با روش تناسبی انشعابات را متعادل سازید.
- اگر لازم است سرعت بادزن را تغییر دهید.
- مقادیر نهایی را بخوانید و سیستم را برای حالت گرمایی - حداقل تنظیم کنید.
- سیستم را در حالت حداکثر هوای تازه کنترل کنید. اگر بار موتور بیش از حد (overload) است یا مقدار هوا خیلی زیاد است، دمپر هوای تازه را تنظیم کنید یا سرعت بادزن را تغییر دهید.
- گزارش را تکمیل کنید. گزارش را دوباره بخوانید تا مطمئن شوید که چیزی از قلم نیفتاده باشد. مطمئن شوید که در مورد کلیه کمبودها، اشکالات و شرایط غیرعادی توضیح کافی داده باشید.



شکل ۱-۲۲ سیستمهای با حجم متغیر متکی به فشار

نحوه متعادل سازی سیستمهای متکی به فشار او با ضریب همزمانی (شکل ۱-۲۲)

(Balancing Procedure for Pressure Dependent Systems with Diversity)

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید.
- بازدید اولیه کارگاهی را انجام دهید.
- تمام دمپرها را در حالت کاملاً باز بگذارید (باستثنای دمپر هوای تازه که برای حداقل تنظیم میشود).
- کار جعبه های پایانه حجم متغیر را بازرسی کنید و چنانچه درست کار نمیکنند و به تعمیر احتیاج دارند، متعاد سازی را متوقف کنید.
- سیستم را برای وضعیت کامل سرمایی و ضریب همزمانی تنظیم کنید.

- جهت چرخش بادزنهای رفت و برگشت را با روشن کردن لحظه ای موتور بازبینی کنید.
- تمام بادزنهای سیستم (رفت، برگشت و تخلیه) را با سرعت نزدیک به طراحی راه اندازی کنید.
- مقادیر برقی را اندازه بگیرید.
- با تنظیم وسیله کنترل فشار استاتیک بادزن حجم هوادهی نامی را برقرار سازید.
- سرعت بادزن را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک دستگاه را اندازه بگیرید.
- هوادهی کل را اندازه بگیرید. با استفاده از لوله پیتوت در مقطع عرضی، حجم هوادهی را اندازه بگیرید. مقادیر بدست آمده از لوله پیتوت را با جمع کل دریچه ها مقایسه کنید تا نشتی احتمالی مشخص شود.
- سیستم توزیع هوا را تنظیم و متعادل کنید. در پایان کار متعادل سازی، دمپر دستی حداقل یکی از جعبه های حجم متغیر در حالت باز خواهد بود. حداقل یک دمپر انشعاب و یکی از دریچه ها در حالت کاملاً باز خواهد بود. نقاط مقطع عرضی کانال فشار ضعیف را با لوله پیتوت اندازه گیری کنید و با جمع کل دریچه ها مقایسه کنید تا نشتی احتمالی مشخص شود. دریچه ها و دمپرهای حجمی ورودی پایانه ها را با روش تناسبی متعادل کنید. انشعابات را نیز با روش تناسبی متعادل کنید.
- سرعت بادزن را بر حسب نیاز عوض کنید.
- مقادیر نهایی را بخوانید و سیستم را برای حالت گرمایی و حداقل مقدار هوا تنظیم کنید.
- سیستم را در حالت دمپر هوای کاملاً باز وارسی کنید. اگر بار موتور بیش از حد (overload) است یا مقدار هوا خیلی زیاد است، دمپر هوای تازه یا سرعت بادزن را تنظیم کنید.
- گزارش را کامل کنید و آن را دوباره بخوانید که چیزی از قلم نیافتاده باشد. مطمئن شوید که نکات مربوط به کمبودها و اشکالات و شرایط غیرعادی را بطور وضوح شرح داده باشید.

نحوه متعادل سازی سیستمهای متکی به فشارجعبه بادزن دار باضریب همزمانی(شکل ۲-۲۲)

(Balancing Procedure for Pressure Dependent Fan Powered Systems with Diversity)

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید.
- از کارگاه بازدید کنید.
- تمام دمپرها را در حالت کاملاً باز بگذارید (باستثنای دمپر هوای تازه که برای حداقل باید باشد).
- کار جعبه های حجم متغیر را بازرسی کنید و اگر درست کار نمیکنند و نیاز به تعمیر دارند، کار متعادل سازی را متوقف کنید.
- سیستم را برای حالت حداکثر سرمایی و ضریب همزمانی برقرار کنید.
- جهت چرخش بادزن رفت و برگشت را با روشن کردن لحظه ای موتور بازبینی کنید.
- تمام بادزنهای سیستم (رفت، برگشت و تخلیه) را با سرعت نزدیک به طراحی راه اندازی کنید. بادزنهای ثانویه را با حداکثر سرعت روشن کنید و جعبه ها را برای برگشت کامل تنظیم نمائید. با سازنده جعبه ها برای تنظیم و بهره برداری صحیح از بادزنهای ثانویه مشورت کنید.
- پارامترهای برقی را اندازه بگیرید.
- با تنظیم وسیله کنترل فشار استاتیک بادزن رفت را برای حداکثر هوادهی طراحی شده تنظیم نمائید.
- سرعت بادزن را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک دستگاه هوارسان را اندازه بگیرید.
- با استفاده از لوله پیتوت در مقطع عرضی، مقدار کل هوا را اندازه بگیرید و با مجموع دریچه ها مقایسه کنید تا نشتی احتمالی مشخص شود.
- کانال فشار ضعیف را نیز با استفاده از مقطع عرضی و لوله پیتوت و با جمع کل دریچه ها مقایسه کنید تا نشتی احتمالی مشخص شود.

- دریچه ها را با روش تناسبی متعادل کنید.

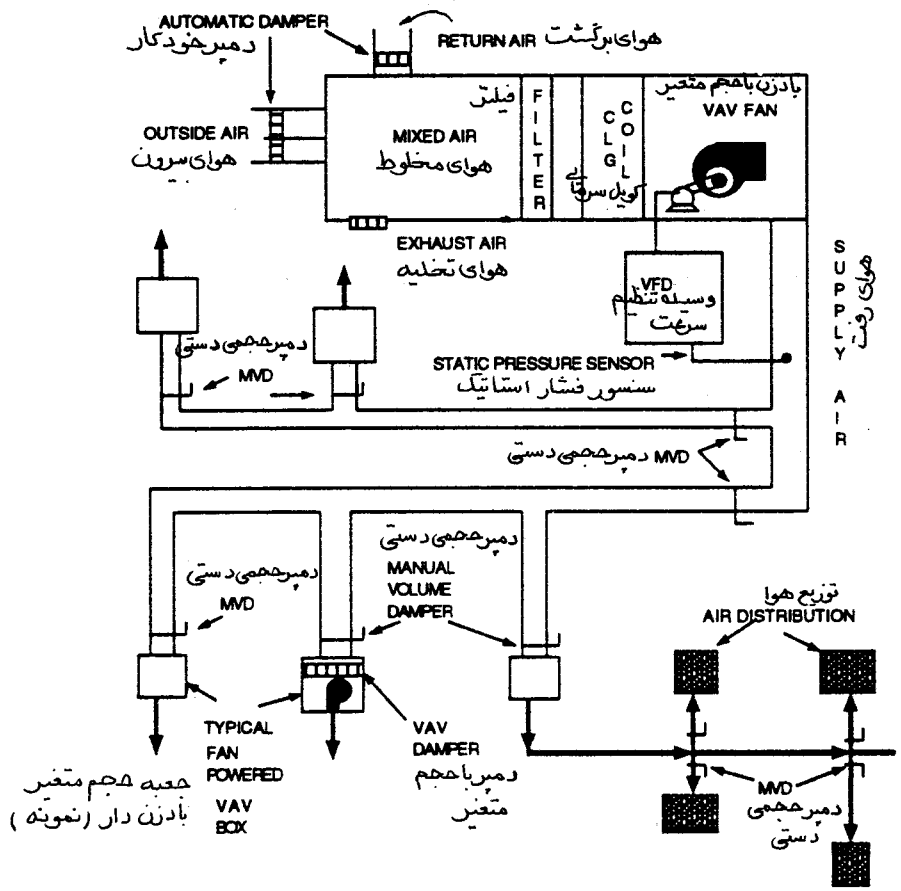
- با استفاده از دمپر ورودی، پایانه ها را متعادل کنید. از پایانه ای که کمترین درصد جریان را دارد شروع کنید. جعبه پایانه ها را باروش تناسبی متعادل کنید بطوریکه همگی یک نسبت ازهوای اولیه را دریافت کنند.پایانه ها را با برای وضعیت کامل سرمایی (حداکثر هوادهی) تنظیم کنید و دمپرهای حجمی دستی ورودی پایانه ها را تنظیم نمایید. در تمام این مدت در کانال هوای اولیه باید فشار استاتیک کافی وجود داشته باشد.

- اگر لازم است سرعت بادزن را عوض کنید.

- مقادیر نهایی را بخوانید و سیستم را برای حالت گرمایی وحداقل مقدار هوا تنظیم کنید.

- سیستم را در حالت دمپر هوای کاملاً باز بازرسی کنید. اگر بار موتور بیش از حد (overload) است یا مقدار هوا خیلی زیاد است، دمپر هوای تازه یا سرعت بادزن را تنظیم کنید.

- گزارش را کامل کنید و دوباره آن را بخوانید که چیزی از قلم نیفتاده باشد. مطمئن شوید که درباره کمبودها و اشکالات و شرایط غیرعادی توضیح روشن و مشروح داده شده باشد.



شکل ۲-۲۲ سیستمهای متکی به فشار با جعبه های بادزن دار حجم متغیر

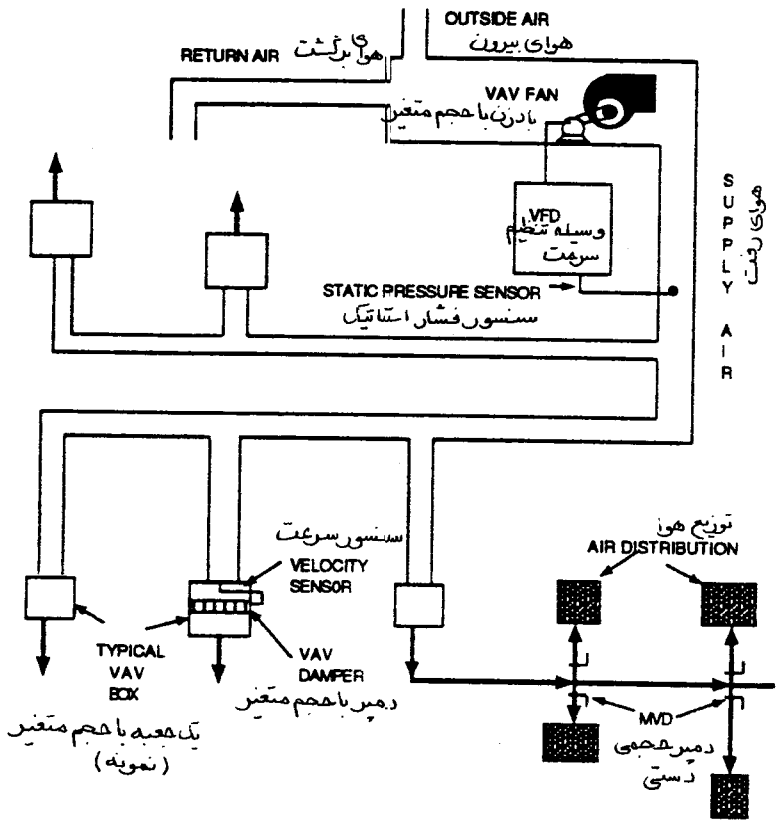
نحوه متعادل سازی سیستمهای مستقل از فشار یک کاناله (شکل ۳-۲۲)

(Balancing Procedure for Pressure Independent Single Duct)

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید.
- از کارگاه بازدید بعمل آورید.
- تمام دمپرها را در حالت کاملاً باز بگذارید (باستثنای دمپر هوای تازه که آن را روی حداقل بگذارید). اگر بادزن دمپر ورودی حالت گردابی (vortex) دارد، آن را برای حداقل تنظیم نمایید.
- طرز کار جعبه های پایانه حجم متغیر را بازرسی کنید و اگر درست کار نمیکنند و نیاز به تعمیر دارند، کار متعادل سازی را متوقف کرده و آنها را تعمیر کنید.
- ترموستات اتاق را روی وضعیت سرمایی یا گرمایی طوری تنظیم کنید که با شرایط همزمانی همخوانی داشته باشد. نقطه تنظیم ترموستاتها را طوری انتخاب کنید که تا حد امکان بتواند به تغییرات بار سرمایی ساختمان بخوبی پاسخگویی کند.
- جهت چرخش بادزن را با روشن کردن لحظه ای موتور بازبینی کنید.
- تمام بادزنهای سیستم را روشن کنید.
- با تنظیم کنترل حجم هوای بادزن روی حداقل، پارامترهای برقی بادزنهای رفت و برگشت را اندازه بگیرید و بتدریج مقدار جریان را به حداکثر برسانید و دوباره مقادیر برقی یادشده را اندازه بگیرید و اثرات نامطلوب احتمالی در اثر افزایش فشار وارسی کنید.
- وسیله کنترل فشار استاتیک دستگاه را طوری تنظیم کنید که حجم هوای طراحی شده را بدهد.
- سرعت بادزن را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک دستگاه را بخوانید.
- فشار استاتیک سنسور را بگیرید تا بتوانید وسیله کنترل فشار استاتیک را وارسی کنید.
- فشار استاتیک کانال ورودی به جعبه پایانه (terminal box) انتهایی را بگیرید و سرعت بادزن را برحسب

نیاز افزایش یا کاهش دهید. فشار استاتیک انشعاب هر طبقه و در انتهای خط مربوطه را اندازه بگیرید.

- با استفاده از مقطع عرضی و لوله پیتوت هوادهی کل را اندازه بگیرید.
- جعبه پایانه ها را تنظیم نمایید.
- جعبه پایانه تحت آزمایش را برای وضعیت کامل سرمایی یا ضریب همزمانی (برحسب مورد) تنظیم نمایید.
- جعبه پایانه را برای حداکثر جریان تنظیم نمایید. دریچه ها را با روش تناسبی متعادل سازید.
- جعبه پایانه را برای حداقل جریان تنظیم نمایید. مقدار هوادهی هر یک از دریچه ها را اندازه بگیرید.
- مقدار جریان هوای تازه را از حداقل به حداکثر برسانید. آمپر موتور را اندازه بگیرید. فشار استاتیک پلنوم را اندازه گیری کنید. اگر بار موتور یا مقدار هوادهی بیش از حد است، دمپر هوای تازه یا سرعت بادزن را تنظیم کنید.
- سیستم را روی حالت منطقی غیرتدریجی (nonmodulating) بگذارید. مقادیر نهایی دریچه ها را اندازه بگیرید و روی برگهای آمار مربوطه بنویسید.
- دمپرها را علامت گذاری کنید.
- وسیله کنترل جهت پرتاب هوای دریچه را تنظیم کنید تا کوران برطرف شود.
- مطمئن شوید که تمام دمپرهای کنترل خودکار بدرستی کار میکنند و نشت ندارند.
- مقادیر نهایی جریان الکتریکی، ولتاژ، سرعت بادزن، فشار استاتیک و دما را بنویسید.
- گزارش را کامل کنید.



شکل ۳-۲۲ جعبه های حجم متغیر مستقل از فشار

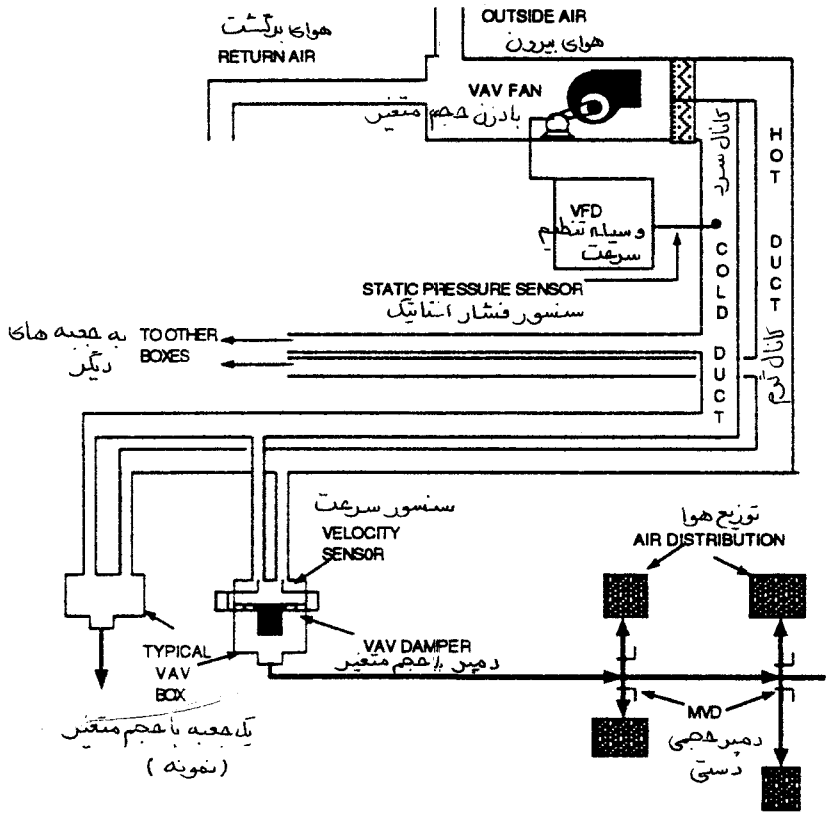
نحوه متعادل سازی سیستمهای دو کانالی مستقل از فشار (شکل ۴-۲۲)

(Balancing Procedure for Pressure Independent Dual Duct)

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید.
- از کارگاه بازدید کنید.
- تمام دمپرها را در حالت کاملاً باز بگذارید. (باستثنای دمپر هوای تازه که روی حداقل قرار میگیرد).
- طرز کار پایانه های حجم متغیر (VAV Terminals) را بازرسی کنید و اگر درست کار نمیکنند، کار متعادل - سازی را متوقف نمایید.
- ترموستات اتاق را برای حالت خنثی (حالت deadband بدون گرمایی و سرمایی) یا حالت سرمایی کامل

بمنظور پاسخگویی به ضریب همزمانی طراحی تنظیم کنید. نقطه تنظیم ترموستات را طوری انتخاب کنید که تا حد امکان ، سیستم حالت پاسخگویی به تغییرات بار سرمایی ساختمان را مدل سازی کند.

- جهت چرخش بادزن را با روشن کردن لحظه ای موتور بازرسی کنید.
- تمام بادزنهای سیستم را روشن کنید.
- پارامترهای برقی بادزنهای رفت و برگشت را در حالتی که کنترل حجم روی حداقل با شد اندازه بگیرید و بتدریج مقدار جریان را به حداکثر برسانید و دوباره مقادیر برقی را اندازه بگیرید و چنانچه با افزایش فشار اثرات نامطلوبی مشاهده شد آن را برطرف سازید.
- با تنظیم وسیله کنترل فشار استاتیک مقدار کل جریان هوا را به مقدار طراحی برسانید.
- سرعت را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک دستگاه را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک سنسور را برای چک کردن وسیله کنترل فشار استاتیک اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک کانال ورودی به هر یک از جعبه های پایانه انتهایی را اندازه بگیرید و سرعت بادزن را برحسب نیاز افزایش یا کاهش دهید. فشار استاتیک انشعاب هر طبقه و هر یک از کانالهای انتهایی را بگیرید.
- با نقطه عرضی در مقطع کانال و لوله پیتوت مقدار کل هوادهی را اندازه بگیرید.
- جعبه پایانه ها را آماده کار نمایید.
- جعبه پایانه تحت آزمایش را برحسب نیاز روی سرمایی کامل یا ضریب همزمانی بگذارید.
- جعبه پایانه را روی حداکثر جریان بگذارید. دریچه ها را با روش تناسبی متعادل سازید.
- جعبه پایانه را روی حداقل جریان بگذارید و مقدار هوادهی هر یک از دریچه ها را بخوانید.
- سیستم را ازحداقل مقدارهوای تازه به حداکثر مقدار هوای تازه تغییر دهید.آمپر موتور و فشاراستاتیک پلنوم را اندازه بگیرید. اگر بار موتور یا مقدار هوادهی بیش از حد باشد، دمپر هوای تازه یا سرعت بادزن را تنظیم کنید.



شکل ۴-۲۲ جعبه های پایانه دو کانالی مستقل از فشار

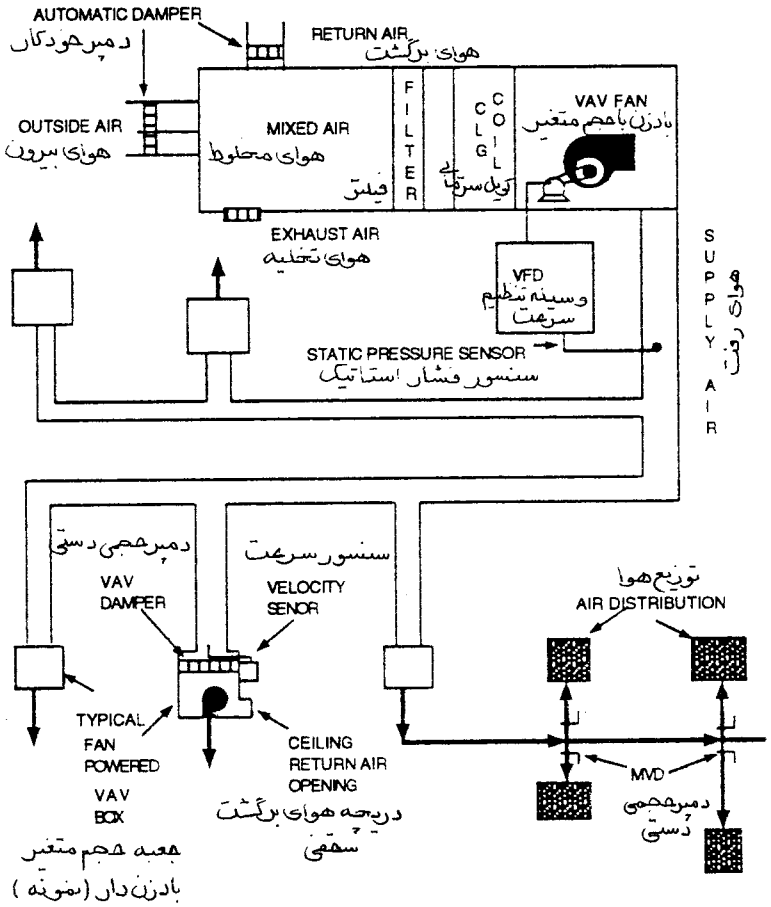
- سیستم را روی حالت منطقی غیرتدریجی (nonmodulating) بگذارید. دوباره تمام دریچه را بخوانید و مقادیر نهایی را بنویسید.
- دمپرها را علامت بگذارید.
- اگر کورانی وجود دارد، بوسیله کنترل جهت پرتاب هوای دریچه را تنظیم کنید.
- مطمئن شوید که تمام دمپرهای کنترل خودکار بدرستی کار میکنند و نشتی ندارند.
- مقدار نهایی آمپر، ولتاژ، سرعت بادزن، فشار استاتیک و دما را بنویسید.
- گزارش را کامل کنید.

نحوه متعادل سازی سیستمهای مستقل ازفشار با هوادهی اولیه متغیرو ثانویه ثابت وجعبه های حجم متغیر بادزن دار که بطور سری بسته شده اند (شکل ۵-۲۲)

(Balancing Procedure for Variable Primary/Constant Secondary Pressure Independent Series Fan Powered VAV Boxes)

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید.
- از کارگاه بازدید اولیه بعمل آورید.
- تمام دمپرها را در حالت کاملاً باز بگذارید. (باستثنای دمپر هوای تازه که روی حداقل تنظیم میشود). اگر بادزن دمپر گردابی (Vortex) دارد آن را روی حداقل بگذارید.
- پایانه های حجم متغیر (VAV Terminals) را بازرسی کنید و در صورتیکه درست کار نمیکنند و نیاز به تعمیر دارند، کار متعادل سازی را متوقف نمایید.
- ترموستات اتاق را روی حالت سرمایی یا گرمایی بگذارید که ضریب همزمانی را پاسخگو باشد. نقطه تنظیم را طوری انتخاب کنید که تا حد امکان ، حالت تغییرات بار سرمایی ساختمان را مدل سازی کند.
- جهت چرخش بادزن را با روشن کردن لحظه ای موتور بازرسی کنید.
- تمام بادزنهای سیستم را روشن کنید. بادزن ثانویه را روی حداکثر سرعت طراحی بگذارید و جعبه ها را برای برگشت کامل تنظیم کنید. با سازنده پایانه در مورد بهره برداری و تنظیم بادزن ثانویه مشورت کنید.
- در حالی که دمپر حجمی برای حداقل هوا تنظیم شده است مقادیر برقی بادزن رفت و برگشت را اندازه بگیرید. مقدار هوادهی را بتدریج به حداکثر برسانید. دوباره پارامترهای برقی را اندازه بگیرید و چنانچه با افزایش فشار اثرات نامطلوبی می بینید آن را اصلاح کنید.
- وسیله کنترل فشار استاتیک را طوری تنظیم کنید که مقدار هوادهی به مقدار کل طراحی برسد.
- سرعت را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک دستگاه را اندازه بگیرید.

- فشار استاتیک سنسور را برای وسیله کنترل فشار استاتیک اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک کانال ورودی هر یک از جعبه های پایانه انتهایی را بگیرید. برحسب نیاز سرعت بادزن را افزایش یا کاهش دهید. فشار استاتیک انشعاب هر طبقه و هر یک از کانالهای انتهایی را بگیرید.
- با استفاده از مقطع عرضی کانال و لوله پیتوت مقدار کل هوادهی را اندازه بگیرید.
- جعبه پایانه ها را آماده کار نمایید.
- جعبه پایانه تحت آزمایش را برحسب مورد برای بار سرمایی کامل یا ضریب همزمانی تنظیم کنید.
- جعبه پایانه را روی حداکثر جریان بگذارید. دریچه ها را با روش تناسبی متعادل سازید.
- جعبه پایانه را روی حداقل جریان بگذارید. مقدار هوادهی هر یک از دریچه ها را بخوانید.
- مقدار هوای تازه سیستم را از حداقل به حداکثر ممکن برسانید. آمپر موتور و فشار استاتیک پلنوم را بگیرید. سرعت بادزن را برحسب نیاز تغییر دهید. مقادیر نهایی را بگیرید و سیستم را روی حالت گرمایی و حداقل هوا بازرسی کنید. سیستم را در حالت حداکثر هوای تازه بازرسی کنید. اگر بار موتور یا مقدار هوا بیش از حد باشد، دمپر هوای تازه یا سرعت بادزن را تنظیم کنید.
- گزارش را کامل کنید و دوباره آن را بخوانید که چیزی از قلم نیفتاده باشد. مطمئن شوید که توضیحات شما در مورد کمبودها و اشکالات واضح باشد.



شکل ۵-۲۲ جعبه های حجم متغیر بادزن دار سری بسته شده مستقل از فشار

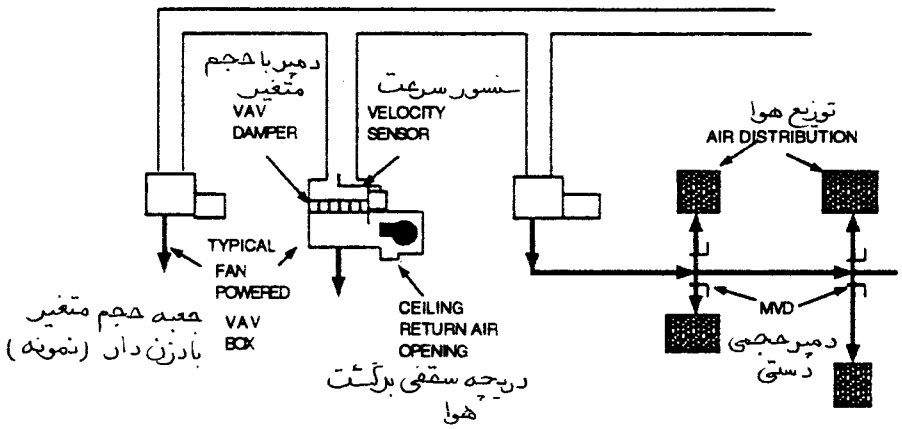
نحوه متعادل سازی جعبه های حجم متغیر بادزن دار موازی بسته شده مستقل از فشار با هوادهی اولیه و ثانویه متغیر (شکل ۶-۲۲)

(Balancing Procedure for Variable Primary/Variable Secondary Pressure Independent Parallel Fan Powered VAV Boxes)

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید.
- از کارگاه بازدید اولیه بعمل آورید.

- تمام دمپرها را در حالت کاملاً باز بگذارید. (باستثنای دمپر هوای تازه که روی حداقل قرار میگیرد). اگر بادزن دمپر گردابی (Vortex) دارد آن را روی حداقل قرار دهید.
- طرز کار پایانه های حجم متغیر را بازرسی کنید و اگر درست کار نمیکنند کار متعادل سازی را متوقف نمایید تا تعمیر شوند.
- ترموستات اتاق را روی سرمایی یا گرمایی بگذارید که ضریب همزمانی را پاسخ دهد. نقطه تنظیم را طوری انتخاب کنید که تا حد امکان ، حالت واکنش سیستم به بار متغیر سرمایی ساختمان را مدل سازی کند.
- جهت چرخش بادزن را با روشن کردن لحظه ای موتور نگاه کنید.
- تمام بادزنهای سیستم را روشن کنید. بادزن ثانویه را روی حداکثر سرعت طراحی بگذارید و پایانه ها را برای برگشت کامل تنظیم نمایید. با سازنده پایانه به منظور بهره برداری و تنظیم صحیح بادزن ثانویه مشورت کنید.
- در حالتی که کنترل حجم هوا روی حداقل قرار دارد، پارامترهای برقی بادزن رفت و برگشت را اندازه بگیرید. بتدریج جریان هوادهی را به حداکثر برسانید. دوباره آمار برقی را بخوانید و چنانچه در اثر افزایش فشار اثرات نامطلوبی دیده شود آن را برطرف سازید.
- با تنظیم وسیله کنترل فشار استاتیک حجم هوادهی را به مقدار طراحی برسانید.
- سرعت را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک دستگاه را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک سنسور را برای تنظیم وسیله کنترل فشار استاتیک اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک کانال ورودی هر یک از پایانه های انتهایی را اندازه بگیرید. سرعت بادزن را برحسب نیاز افزایش یا کاهش دهید. فشار استاتیک انشعاب هر طبقه و کانالهای انتهایی را بگیرید.
- با روش قرار دادن لوله پیتوت در مقطع کانال مقدار کل هوادهی را اندازه بگیرید.
- جعبه های پایانه را آماده کار کنید.
- پایانه تحت آزمایش را روی حالت سرمایی کامل یا برای همزمانی (برحسب مورد) بگذارید.

- جعبه پایانه را روی حداکثر جریان هوا قرار دهید. دریچه ها را با روش تناسبی متعادل سازید.
- جعبه پایانه را روی حداقل جریان هوا قرار دهید. مقدار هوادهی هر یک از دریچه ها را بخوانید.
- مقدار هوای تازه سیستم را از حداقل به حداکثر ممکن برسانید. آمپر موتور و فشار استاتیک پلنوم را اندازه بگیرید. اگر موتور بیش از حد گرم میشود یا مقدار هوادهی زیاد است، دمپر هوای تازه یا سرعت بادزن را تنظیم نمایید.
- سیستم را روی حالت منطقی غیرتدریجی (nonmodulating) قرار دهید. مقادیر نهایی دریچه را بخوانید و روی برگ آزمایش بنویسید.
- دمپرها را علامت بگذارید. اگر کورانی وجود دارد، با تنظیم وسیله کنترل جهت پرتاب هوای دریچه آن را برطرف سازید.
- دمای هوای خروجی و مقدار هوای دو طرف تمام کانالهای ثانویه را در جایی که فیتینگهای سه راهی نصب شده، اندازه بگیرید.
- مطمئن شوید که تمام دمپرهای خودکار بدرستی کار میکنند (Sequencing Properly) و نشتی ندارند.
- مقادیر نهایی آمپر، ولتاژ، سرعت بادزن، فشارهای استاتیک و دماها را ثبت کنید.
- گزارش را کامل کنید.



شکل ۶-۲۲ جعبه های حجم متغیر بادزن دار موازی بسته شده مستقل از فشار

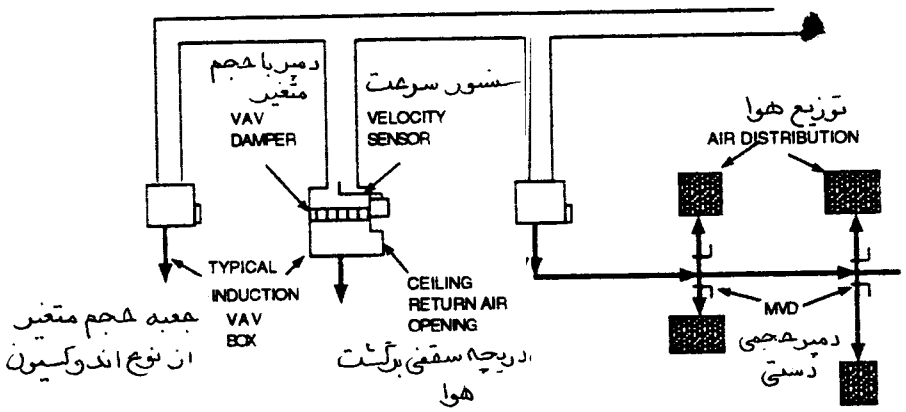
نحوه متعادل سازی جعبه های حجم متغیر مستقل از فشار با هوادهی اولیه متغیر و هوای ثانویه القایی (شکل ۷-۲۲)

(Balancing Procedure for Variable Primary/Induction Secondary Pressure Independent VAV Boxes)

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید.
- از کارگاه بازدید اولیه بعمل آورید.
- تمام دمپرها را در حالت کاملاً باز قرار دهید. (باستثنای دمپر هوای تازه که روی حداقل قرار میگیرد). اگر بادزن دمپر ورودی از نوع گردابی (Vortex) دارد آن را نیز روی حداقل بگذارید.
- طرز کار پایانه های حجم متغیر را بازرسی کنید و اگر درست کار نمیکنند کار متعادل سازی را متوقف کنید تا تعمیر شوند.
- ترموستات اتاق را روی حالت سرمایی یا گرمایی بگذارید که ضریب همزمانی را پاسخگویی کنند. نقطه تنظیم را طوری انتخاب کنید که تا آنجائیکه امکان دارد حالت تغییرات بار سرمایی ساختمان را مدل سازی کند.
- جهت چرخش بادزن را با روشن کردن لحظه ای موتور بازرسی کنید.
- تمام بادزنهای سیستم را روشن کنید.
- در حالی که دمپر کنترل حجم هوا روی حداقل قرار دارد، تمام ارقام برقی بادزن سیستم رفت و برگشت را اندازه بگیرید. بتدریج هوادهی را به حداکثر برسانید. دوباره ارقام برقی را بگیرید و چنانچه در اثر افزایش فشار اثرات نامطلوبی دیده شود آن را برطرف سازید.
- وسیله کنترل فشار استاتیک را طوری تنظیم کنید که مقدار هوادهی به مقدار کل طراحی برسد.
- سرعت را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک دستگاه را اندازه بگیرید.
- برای کار با وسیله کنترل فشار استاتیک، فشار استاتیک سنسور را اندازه بگیرید.

- فشار استاتیک کانال ورودی هر یک از جعبه پایانه انتهایی را اندازه بگیرید. سرعت بادزن را برحسب نیاز افزایش یا کاهش دهید. فشار استاتیک کانال اولیه را به اندازه ای بالا ببرید که مقاومت کانال کشی فشار ضعیف ثانویه را پاسخ دهد و علاوه بر آن بتواند هوای برگشت را نیز القا کند . فشار استاتیک کانال انشعاب طبقات و هر کدام از کانالهای انتهایی را بگیرید.
- با استفاده از لوله پیتوت در مقطع عرضی، مقدار کل هوادهی را اندازه بگیرید.
- جعبه های پایانه را آماده کار کنید.
- پایانه تحت آزمایش را روی حالت سرمایی کامل یا همزمانی (برحسب مورد) بگذارید.
- پایانه را روی حداکثر جریان هوادهی قراردهید. دریچه ها را با روش تناسبی متعادل سازید.
- جعبه پایانه را روی حداقل جریان هوادهی بگذارید. در حالی که ترموستات روی حالت حداکثر گرمایی قرار دارد، مقدار هوای اولیه را، با استفاده از سه راهی اندازه گیری فشار و سرعت (Velocity Controllers Pressure Taps) و نمودار سرعت - فشار که روی جعبه پایانه چسبیده است اندازه بگیرید. اگر مقدار بدست آمده با طراحی تفاوت دارد، تنظیمهای لازم را انجام دهید. مقدار هوای اولیه هر کدام از پایانه ها را و درهر دو حالت حداقل و حداکثر در گزارش یادداشت کنید، مقدار هوادهی هر یک از دریچه ها را (CFM) قرائت کنید.
- مقدار هوای تازه سیستم را از حداقل به حداکثر برسانید. آمپر موتور و فشار استاتیک پلنوم را اندازه بگیرید. اگر بار موتور بیش از حد، یا مقدار هوا زیاد باشد دمپر هوای تازه یا سرعت بادزن را تنظیم کنید.
- سیستم را روی حالت منطقی غیرتدریجی (nonmodulating) قرار دهید. مقادیر نهایی دریچه ها را بخوانید و روی برگ آمار بنویسید.
- دمپرها را علامت گذاری کنید و چنانچه کوران هوا وجود دارد با تنظیم وسیله کنترل جهت پرتاب هوای دریچه، آن را برطرف سازید.
- دردو طرف کانالهای ثانویه و آنجایی که فیتینگهای سه راهی نصب شده، دما و مقدار هوای خروجی را اندازه بگیرید تا مشخص شود که لایه بندی هوا (stratification) وجود دارد یا خیر.

- مطمئن شوید که تمام دمپرهای خودکار بدرستی کار میکنند و نشتی ندارند.
- مقادیر نهایی آمپر، ولتاژ، سرعت بادزن، فشارهای استاتیک و دماها را بنویسید.
- گزارش را کامل کنید.



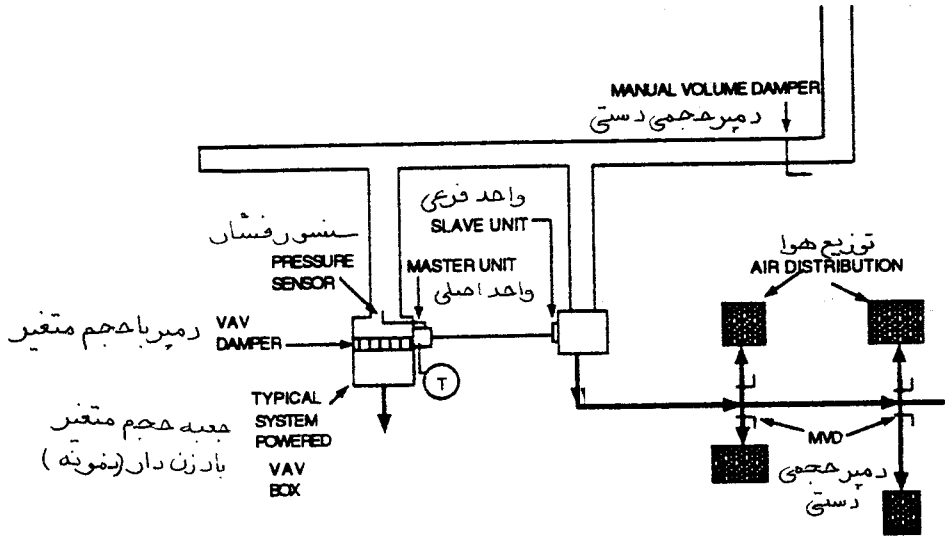
شکل ۷-۲۲ جعبه های القایی حجم متغیر مستقل از فشار

نحوه متعادل سازی جعبه های حجم متغیرباسیستم هوادهی اولیه و ثانویه متغیر(شکل ۲۲-۸)

(Balancing Procedure for Variable Primary/Variable Secondary System Powered VAV Boxes)

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید.
- از کارگاه بازدید اولیه بعمل آورید.
- تمام دمپرها را در حالت کاملاً باز قرار دهید. (باستثنای دمپر هوای تازه که روی حداقل قرار میگیرد.)
- طرز کار پایانه های حجم متغیر را بازرسی کنید و اگر درست کار نمیکنند کار متعادل سازی را متوقف کنید تا تعمیر شوند.

- سیستم را روی حالت سرمایی و ضریب همزمانی قرار دهید.
- جهت چرخش بادزن رفت و برگشت را با روشن کردن لحظه ای موتور بازرسی کنید.
- تمام بادزنهای رفت، برگشت و تخلیه را در سرعت طراحی روشن نگهدارید.
- آمار برقی را اندازه بگیرید.
- با تنظیم وسیله کنترل فشار استاتیک،مقدار کل هوادهی بادزن رفت را به مقدار طراحی برسانید.
- سرعت دورانی بادزن را اندازه بگیرید.
- فشار استاتیک دستگاه را اندازه بگیرید.
- مقدار کل هوادهی را اندازه بگیرید. برا ی این کار از روش قرار دادن لوله پیتوت در مقطع عرضی کانال استفاده کنید. ارقام بدست آمده از لوله پیتوت را با جمع کل هوادهی دریچه ها مقایسه کنید، که اگر نشتی وجود دارد مشخص شود.
- سیستم توزیع هوا را تنظیم و متعادل کنید. مقدار هوای کانال فشار ضعیف خروجی از پایانه را با لوله پیتوت در مقطع اندازه گیری کنید و با مجموع هوادهی دریچه ها مقایسه کنید که اگر نشتی وجود داشته باشد مشخص شود. دریچه ها را با روش تناسبی متعادل سازید. پایانه ها را با استفاده از دمپر حجمی ورودی بطور تناسبی متعادل کنید. انشعابات را نیز با همین روش متعادل سازید.
- چنانچه لازم باشد سرعت بادزن را تغییر کنید.
- مقادیر نهایی را اندازه بگیرید و سیستم را در حالت گرمایی وحداقل هوادهی بازرسی کنید.
- سیستم را روی حالت حداکثر هوای تازه بازرسی کنید. اگر بار موتور بیش از حد است یا مقدار هوادهی زیاد است، دمپر هوای تازه یا سرعت بادزن را تغییر دهید.
- گزارش را کامل کنید و دوباره آن را بخوانید که چیزی از قلم نیفتاده باشد. مطمئن شوید که تمام توضیحات شما در مورد کمبودها و اشکالات واضح باشد.



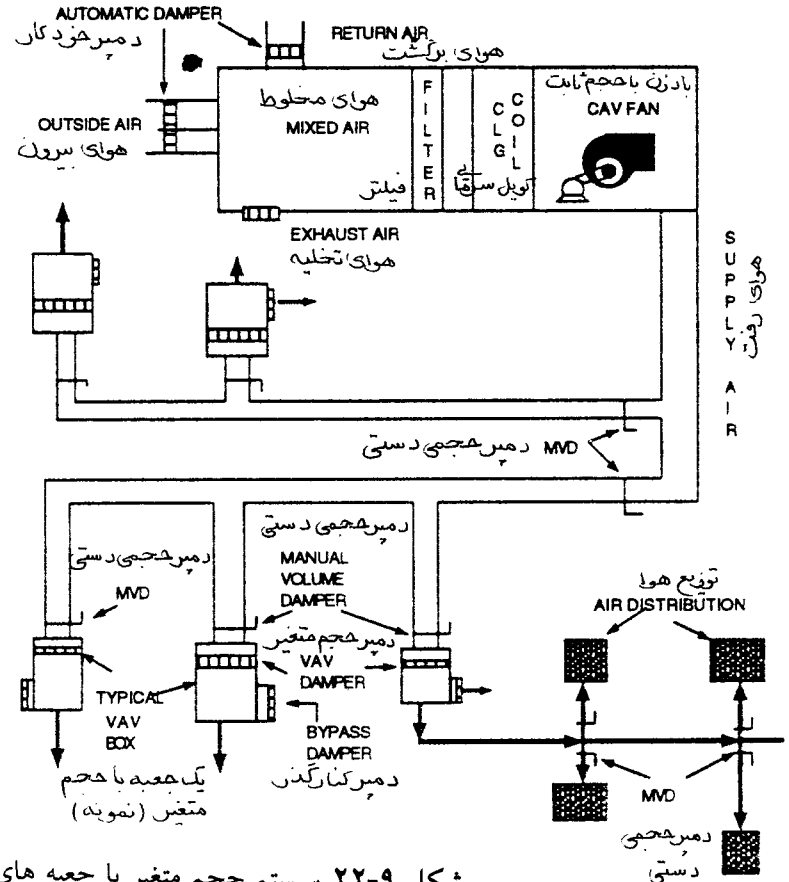
شکل ۸-۲۲ جعبه های حجم متغیر متکی به توان سیستم (System Powered VAV Boxes)

نحوه متعادل سازی سیستمهای با حجم متغیر با جعبه های از نوع کنارگذر و هوای اولیه ثابت و هوای ثانویه متغیر (شکل ۹-۲۲)

(Balancing Procedure for Constant Primary/Variable Secondary Bypass Box VAV System)

- کارهای اولیه دفتری را انجام دهید.
- از کارگاه بازدید اولیه بعمل آورید.
- تمام دمپرها را در حالت کاملاً باز بگذارید. (باستثنای دمپر هوای تازه که روی حداقل قرار میگیرد.)
- طرز کار پایانه های حجم متغیر را بازرسی کنید و چنانچه درست کار نمیکنند، عملیات متعادل سازی را متوقف کنید تا تعمیر شوند.
- سیستم را روی حالت سرمایی کامل قرار دهید.
- جهت چرخش بادزن رفت و برگشت را با روشن کردن لحظه ای موتور بازرسی کنید.

- تمام بادزنهای رفت، برگشت و تخلیه را روشن کنید و سرعت آنها را نزدیک سرعت طراحی حفظ کنید.
- پارامترهای برقی را اندازه بگیرید.
- سرعت دورانی بادزن را بگیرید.
- حجم کل هوادهی را با استفاده از لوله پیتوت در نقطه عرضی بدست آورید و آنرا بامجموع هوادهی دریچه ها مقایسه کنید که نشتی احتمالی روشن شود.
- سیستم توزیع هوا را تنظیم و متعادل کنید. در پایان عملیات متعادل سازی، حداقل یکی از دمپرهای ورودی پایانه های حجم متغیر در حالت باز باقی خواهد بود. حداقل یکی از دمپرهای کانالهای انشعابی باز خواهد بود و حداقل یکی از دریچه های روی انشعاب نیز در حالت باز دیده خواهد شد. مقدار هوای نقطه عرضی لوله پیتوت کانال فشار ضعیف خروجی از جعبه را با مقدار هوادهی دریچه ها مقایسه کنید که اگر نشتی وجود دارد مشخص شود. دریچه ها را با روش تناسبی متعادل کنید. با استفاده از دمپرهای حجمی ورودی و دمپرهای کنارگذر، پایانه ها را با روش تناسبی متعادل سازید. دمپرها را طوری تنظیم کنید که مقدار هوای کنارگذر مساوی مقدار هوای رفت باشد. انشعابات را نیز با روش تناسبی متعادل کنید.



شکل ۹-۲۲ سیستم حجم متغیر با جعبه های کنارگذر

فصل بیست وسوم - آزمایش ، تنظیم و متعادل کردن سیستمهای آبی (Testing, adjusting and balancing water systems)

این فصل مراحل مختلف متعادل کردن سیستمهای آبی را، با استفاده از جریان سنجها (برای اندازه گیری مستقیم) و افت فشار و اختلاف دماهای اجزای تشکیل دهنده سیستم (برای اندازه گیری غیرمستقیم) توضیح خواهد داد. اندازه گیری مستقیم بوسیله جریان سنج (Flow Meters) روش دقیقتری است و به اندازه گیری غیرمستقیم ارجحیت دارد. برای مرور به نحوه ارزیابی عملکرد سیستمهای آبی از جمله ارزیابی اندازه پروانه به فصل پنجم مراجعه کنید.

کارهای دفتری

ابتدا تمام مدارک قرارداد مکانیکی، مشخصات، کاتالوگها و گزارشهای قبلی را جمع آوری کنید. این مدارک شامل موارد زیر است :

- نقشه های کارگاهی
- نقشه های اجراء شده (As Built)
- نقشه های شماتیک
- نقشه های کنترل خودکار دما
- کاتالوگ سازندگان و منحنی های عملکرد
  - شرح مشخصات پمپها و ظرفیت آنها
  - منحنی عملکرد پمپ
  - مشخصات و ظرفیت جعبه تقسیمها
- اطلاعات و توصیه های ارائه شده از طرف سازندگان
  - آزمایش پمپها و مبدلهای حرارتی
- دستورالعمل بهره برداری و نگهداری دستگاهها
- گزارش متعادل سازی سیستمهای آبی

سپس نقشه ها، مشخصات، کاتالوگها و گزارشها را مرور کنید. دستگاه و اجزایی از سیستم که ممکن است حجم آب را تغییر دهند، سیستم را از کار بیندازند و یا مراحل متعادل کردن را تغییر دهند علامت بزنید. برای بازرسی دستگاهها و ارزیابی شرایط کار آنها در زمینه های زیر برنامه ریزی کنید:

- ابزار ویژه یا خصوصیات سیستم کنترل که ممکن است سیستم را از کار بیندازد یا به نامتعادل سازی

سیستم کمک کند.

- دسترسی عمومی

- دستگاههایی که دسترسی به آنها با اشکال انجام میشود.
- فضاهای با ورود غیرمجاز یا محدود مانند فضاهای حراست شده، اتاقهای تمیز(clean rooms)، اتاقهای هتل، سالن اجتماعات و غیره .
- تاخیرهای زمانی (time delays)

- ترتیب کار متعادل کردن سیستم و نحوه ایجاد بارهای گرمایی و سرمایی «در غیر فصل»

- علامت گذاری وضعیت نهایی تنظیم شیرهای تعادل

- برنامه ریزی برای حضور شاهد در کارگاه و مشاهده عملیات متعادل کردن

سپس ابزار خود را آزمایش و بازبینی کنید:

- مطمئن شوید که کالیبراسیون ابزار انتخاب شده برای متعادل کردن طبق مشخصات لازم میباشد.

- مطمئن شوید که ابزار اندازه گیری در شش ماه گذشته (یا طبق توصیه سازنده) کالیبره شده است.

- یک لیست از ابزاری که در گزارش متعادل سازی استفاده شده فراهم کنید.

- معین کنید که چه ابزاری مورد نیاز است.

- معین کنید که چه نوع اندازه گیری و در کدام محل قرار است انجام شود.

در پایان برگهای آزمایش و اطلاعات سیستمهایی را که قرار است آزمایش شوند جمع آوری نمایید. گزارش آزمایش و متعادل سازی ممکن است شامل تمام موارد زیر یا قسمتی از آن باشد:

- برگ آزمایش و آمار پمپ (شکل ۱-۲۳)
- برگ آزمایش و آمار موتور (شکل ۲-۲۳)
- برگ آزمایش و آمار جریان سنج (شکل ۳-۲۳)
- برگ آزمایش و آمار کویلهای آبی (شکل ۴-۲۳)

اطلاعات طراحی را روی برگ آزمایش و آمار مربوطه، یادداشت کنید. اطلاعات طراحی عبارتند از مقادیر آبدهی، اطلاعات پمپ ، اطلاعات موتور و اطلاعات سیستم توزیع آب. گزارش آزمایش و متعادل سازی یک مدرک کامل طراحی و اطلاعات اولیه و نهایی آزمایش میباشد. این گزارش وضعیت آزمایش شده واقعی تمام سیستم و اجزای آن را توضیح داده و تفاوتهای اطلاعات طراحی و ارقام اندازه گیری شده را نشان میدهد و دلایل آن را تشریح میکند.

شکل ۱-۲۳ برگ آزمایش و اطلاعات پمپ

پروژه : مهندس مسئول و نحوه تماس

اطلاعات پمپ	مشخص شده	واقعی
شماره		
محل نصب		
منظور از نصب		
سازنده		
شماره سریال		
شماره مدل		
قطر پروانه		
گالن در دقیقه		
فشار کل		
سرعت گردش پمپ		
جهت چرخش		

	شیر خروجی بسته	کار در حالت عادی
گالن در دقیقه		
فشار خروجی		
فشار ورودی		
اختلاف فشار		
فشار استاتیک		
فشار سرعتی		
فشار کل		
قطر پروانه		
توان حقیقی		
راندمان		

وضعیت سیستم

پمپ

لوله

یادداشت :

شکل ۲-۲۳ برگ آزمایش و اطلاعات موتور

پروژه : ——— **مهندس مسئول و نحوه تماس** ———

	مشخص شده	واقعی
شماره پمپ		
اطلاعات موتور		
سازنده		
اندازه قاب		
توان		
فاز		
فرکانس		
سرعت دورانی		
ضریب سرویس		
ولتاژ		
آمپر		
ضریب توان		
راندمان		
توان حقیقی		
اندازه راه انداز		
حفاظت حرارتی		

شکل ۳-۲۳ برگ آزمایش و اطلاعات جریان سنج

پروژه : ——— **مهندس مسئول و نحوه تماس** ———

	محل نصب	مدل	اندازه	طراحی		آزمایش		نهایی
				گالن دردقیقه	افت فشار	گالن دردقیقه	افت فشار	گالن در دقیقه
۱								
۲								
۳								
۴								
۵								
۶								
۷								
۸								
۹								
۱۰								
۱۱								
۱۲								
۱۳								
۱۴								
۱۵								
۱۶								
۱۷								
۱۸								
۱۹								
۲۰								
۲۱								
۲۲								
۲۳								
۲۴								
۲۵								
۲۶								
۲۷								
۲۸								
۲۹								
۳۰								

توضیح : اگر از اندازه گیری دما استفاده شده بجای افت فشار دما بنویسید.

شکل ۴-۲۳ برگ آزمایش و آمار کویلهای آبی

پروژه : _____ **مهندس مسئول و نحوه‌تماس** _____

	مشخص شده	واقعی
شماره		
سازنده		
مدل		
اندازه		
به چه محلی سرویس میدهد		
محل نصب		
گالن در دقیقه		
افت فشار، فوت		
دمای آب ورودی		
دمای آب خروجی		

	مشخص شده	واقعی
شماره		
سازنده		
مدل		
اندازه		
به چه محلی سرویس میدهد		
محل نصب		
گالن در دقیقه		
افت فشار، فوت		
دمای آب ورودی		
دمای آب خروجی		

	مشخص شده	واقعی
شماره		
سازنده		
مدل		
اندازه		
به چه محلی سرویس میدهد		
محل نصب		
گالن در دقیقه		
افت فشار، فوت		
دمای آب ورودی		
دمای آب خروجی		

یادداشت :

برای هر یک از سیستمها یک شکل شماتیک بکشید. سیستمهای مرکزی را نشان داده و افت فشار و دمای دو طرف کویلها و پمپها را بنویسید. شکل شماتیک باید محل لوازم توزیع آب از قبیل ترمینالها، شیرهای خودکار و دستی و تعادل و غیره را نشان بدهد.

بازدید کارگاهی

از کارگاه بازدید بعمل آورید و تفاوتهای اساسی احتمالی را با نقشه ها یادداشت کرده و نقشه های شماتیک را طبق آن اصلاح کنید. تغییر ظرفیت ها را بنویسید . تغییرات را در برگهای آزمایش و آمار نیز وارد کنید .
از نقاطی که احتمال می دهید اشکال بوجود آورند و قبلاً شما درمرور مدارک پیمان (مشخصات فنی ، کاتالوگها و گزارش های اولیه) به آن توجه کرده اید بازدید بعمل آورید. اگر مشکلی دیدید آنرا در گزارش وارد کنید. از نکات زیر مطمئن شوید:

- صافی ها تمیز و بطور صحیح نصب شده باشند.
- توری موقت صافی ها (Construction Strainer Baskets) با توری دایم تعویض شده باشد.
- پمپ ها بدرستی میزان و بخوبی محکم شده باشند.
- یاتاقان پمپ ها روغنکاری شده باشد.
- لرزه گیر ها بدرستی تنظیم و نصب شده باشند.
- اتصالات قابل انعطاف بدرستی نصب شده باشند.
- پمپ ها از نظرمکانیکی آماده کار باشند.
- موتورها از نظر برقی آماده کار باشند.
- جهت چرخش پمپ و موتور درست باشد.
- اندازه راه انداز موتور درست باشد و حفاظت های حرارتی نصب شده باشند.
- انداره فیوزها درست باشد.
- موتورها بدرستی روی قاب خود محکم شده باشند.
- یاتاقانهای موتور روغنکاری شده باشد.
- سیستم تا سطح مطلوب آب گیری شده باشد.
- شیرهای فشارشکن تنظیم شده باشند.
- سطح آب در مخازن انبساط درست باشد.
- لوله ها شستشو و تمیز شده باشند.

- هواگیرها (دستی و خوکار) بدرستی نصب شده و عمل کنند.
- سیستم هواگیری شده باشد.
- شیرها (دستی و خودکار) بدرستی نصب و قابل دسترس و بهره برداری باشند.
- جریان سنج ها بدرستی نصب شده و قابل دسترسی و بهره برداری باشند.
- اندازه گیرهای دما و فشار بدرستی تعبیه شده و قابل دسترس و خواندن باشند.
- کویلها و مبدلهای حرارتی بدرستی نصب شده و لوله کشی آنها صحیح اجراء شده و قابل دسترسی باشند.
- کویل ها تمیز بوده و بدرستی نصب و آب بندی شده باشند.
- تنظیم وسایل کنترل و ایمنی دما و فشار درست باشد.
- شیرهای اطمینان بدرستی عمل کنند.
- دیگ آب گرم بدرستی راه اندازی شده و درست بهره برداری شود.
- چیلرها و کندانسورها بدرستی نصب و راه اندازی شده باشند.
- ابزار کنترل خودکار کامل شده و بدرستی عمل کنند.

آزمایشهای محلی

در آغاز سیستم های تازه نصب شده را ۴۸ ساعت قبل از شروع عملیات متعادل سازی روشن کرده و در حال کار بگذارید. سپس اطلاعات تمام اجزایی سیستمی را که آزمایش می کنید یادداشت نماید.

نوشتن اطلاعات پمپ

بر حسب نیاز اطلاعات زیر را در مورد پمپ یادداشت کنید:

- شماره • محل نصب • سیستمی که پمپ به آن سرویس می دهد • سازنده • شماره سریال
- شماره مدل • قطر پروانه (که از طریق منحنی پمپ بدست آمده) • ظرفیت (گالن در دقیقه)
- فشار کل دینامیکی • سرعت دورانی پمپ • جهت چرخش • وضعیت در حالت شیر خروجی کاملاً بسته • وضعیت بهره برداری • وضعیت کلی سیستم .

توان حقیقی و راندمان پمپ را محاسبه نمائید.

نحوه مشخص کردن جهت چرخش پمپ

جهت چرخش پمپ را نگاه کنید و یادداشت نمائید که در جهت عقربه های ساعت یا خلاف عقربه ها میچرخند. روی بدنه پمپهای گریز از مرکز معمولاً یک پیکان حک شده است که این جهت را مشخص می نماید.

پمپ را روشن کرده و ضمن بازبینی جهت چرخش اگر صدا یا لرزش غیرعادی مشاهده شد بلافاصله آن را خاموش کنید. بازرسی کنید که آیا پمپ می تواند به کار ادامه دهد یا نیاز به تعمیر دارد. اگر جهت چرخش اشتباه است آن را درست کنید زیرا دبی (مقدارجریان) پمپی که جهت چرخش آن اشتباه باشد ۵۰ درصد کاهش می یابد.

اگر جهت چرخش اشتباه است جای دو فاز موتور سه فاز را در تابلو کنترل یا جعبه تقسیم عوض کنید . در مورد موتورهای تک فاز این کار با تعویض ترمینال های داخل جعبه تقسیم موتور قابل انجام خواهد بود. دیاگـــرام سیم کشی موتورهای تک فاز معمولاً روی موتور یا در داخل جعبه تقسیم قرار دارد. بعد از تعویض سرسیمها جهت چرخش پمپ را دوباره آزمایش کنید.

آمار گیری ارتفاع آب دهی (فشار) پمپ

هر دو فشار ورودی و خروجی پمپ را بخوانید و یادداشت کنید.
فشار و ارتفاع آب دهی پمپ را محاسبه و یادداشت کنید.

- ازدیاد فشار (پوند بر اینچ مربع) در حالت شیر خروجی بسته و حالت عادی بهره برداری
- ارتفاع استاتیک (فوت ستون آب)
- ارتفاع سینتیک (فوت ستون آب) (معمولاً محاسبه نمی شود ، به فصل ۵ مراجعه کنید)
- ارتفاع کل دینامیکی (فوت ستون آب)

ثبت اطلاعات موتور

برحسب مورد اطلاعات زیر مربوط به موتور را یادداشت نمایید.

سازنده	فرکانس	آمپر	اندازه راه انداز
اندازه قاب	سرعت دورانی	ضریب توان	حفاظت حرارتی
توان	ضریب سرویس	راندمان	
فاز	ولتاژ	توان حقیقی	

اگر پلاک مشخصات موتور در محلی قرار دارد که خواندن آن مشکل است از آئینه تلسکوپی استفاده کنید.اکثر موتورهایی که در تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع استفاده می شوند تک فاز یا سه فاز، جریان متناوب القایی با یک یا دو ولتاژ مختلف کار می باشند، برای موتور دو ولتاژی معمولاً دو آمپر نیز روی پلاک مشخصات می نویسند. برای مثال، یک موتور سه فاز ۵۰ اسب دو ولتاژی بدین ترتیب نوشته می شود: ۲۳۰/۴۶۰ ولت ، ۱۲۰/۶۰ آمپر . اگر موتور ۲۳۰ ولتی باشد ، آمپر بار نامی ۱۲۰ (Full Load Amps) و اگر ۴۶۰ ولتی باشد آمپر نامی ۶۰ خواهد بود . ولتاژ و آمپر با هم نسبت عکس دارند اگر ولتاژ دو برابر شود آمپر نصف میگردد.

اندازه گیری ولتاژ ، آمپر و ضریب توان موتور

ولتاژ، آمپر و ضریب توان موتور را اندازه بگیرید. ولتاژ و آمپر بوسیله ولت - آمپر متر دستی قابل اندازه گیری است. ولتاژ را از طرف خط اصلی تغذیه بخوانید. ولتاژ $L_1 - L_2$ ، $L_1 - L_3$ ، $L_2 - L_3$ ، را یادداشت کنید. اندازه گیری دقیق ولتاژ درجعبه تقسیم (Terminal Box) موتور میسر است. ولی به هر صورت از نظر ایمنی بهتر است اندازه گیری در تابلو برق یا جعبه کلید قطع مدار (Disconnect Box) صورت گیرد. اختلاف ولتاژ دو محل یادشده معمولاً ناچیز است. ولتاژ اندازه گیری شده باید در حد ۱۰%± ولتاژ نامی باشد. اگر چنین نیست به پیمانکار یا مســئول برق منطقه ای اطلاع دهید. آمپر را در جعبه تقسیم اندازه بگیرید. سه آمپر T_1-T_2 ، T_1-T_3 و T_2-T_3 را اندازه بگیرید. آمپر

هر یک از فازها نباید از آنچه روی پلاک مشخصات موتورآمده است بیشتر باشد. اگر مقدار آمپر بیشتر است بطریق زیر عمل کنید: قطر پروانه را کاهش دهید یا شیر خروجی پمپ را ببندید تا آمپر پائین بیاید. اگر کار پمپ حساس نیست، پمپ را خاموش کرده و افراد مسئول را با خبر سازید. اگر لازم است ضریب توان را بوسیله ضریب توانمتر اندازه بگیرید. ضریب توان $L_1 - L_2$ ، $L_1 - L_3$ ، $L_2 - L_3$ اندازه را بگیرید و یادداشت کنید.

بازرسی سرعت دورانی موتور

سرعت دورانی که روی پلاک مشخصات موتورآمده است سرعتی است که موتور در توان مشخص شده کار می کند . اگر توان موتور متفاوت با توان نامی باشد سرعت دورانی موتور نیز کمی تغییر خواهد داشت. بهرصورت، سرعت دورانی که در گزارش قید می شود باید همان سرعت دورانی باشد که روی پلاک مشخصات داده شده است.

بازرسی ضریب سرویس موتور

ضریب سرویس عددی است که توان و آمپر نامی در آن ضرب می شود تا حداکثر بار ایمنی که موتور میتواند، بطور پیوسته با ولتاژ و فرکانس نامی بدهد، بدست آید. یک ضریب سرویس ۱/۱ برای یک موتور ۵۰ اسب اجازه میدهد که موتور بطور مجاز تحت بار ۵۵ اسب (۱/۱ × ۵۰) و حدود ۱۳۲ آمپر (۱/۱ × ۱۲۰) با ولتاژ ۲۳۰ ولت کار کند. اجازه ندهید که موتور در محدوده ضریب سرویس خود کار کند زیرا در شرایط خاصی باعث آسیب دیدگی سیم پیچی و کوتاه شدن عمر مفید آن میگردد. برای مثال اگر موتور یاد شده با ۱۳۲ آمپر کار کند و بنا به عللی ولتاژ به ۲۲۰ ولت افت نماید، آمپر موتور به ۱۳۸ میرسد ($۱۳۲ \times {}^{۳۲۰}/_{۲۲۰}$). موتور در این حالت بیش از حد گرم شده و سیم پیچی می سوزد.

ارزیابی حفاظت حرارتی موتور

معمولاً حفاظت بار بیش از حد (Overload) موتور را در مقابل افزایش آمپر در حد ۱۲۵ درصد نامی حفاظت می نماید. ولی در انتخاب حفاظت حرارتی بسیار لازم است که از دمای محیط راه انداز (Starter) و دمای محیط موتور اطلاع داشته باشیم و آنها را با هم مقایسه کنیم. بعضی اوقات این دماها بسیار با هم اختلاف دارند که در اینصورت حفاظت حرارتی بار بیش از حد از نوع جبران کننده (Compensating) یا ابزار حفاظتی مغناطیسی نیاز می شود. در موارد خاص با سازنده یا برق منطقه ای مشورت نمائید . روی حفاظت های حرارتی بار بیش از حد معمولاً یک شماره و یک حرف برای انتخاب درست وجود دارد . نمودار حفاظت های گرمایی و آمپر نامی آنها برای یک راه انداز مشخص معمولاً داخل در پوش جعبه قطع مدار موتور وجود دارد. این حفاظت باید با راه انداز و آمپر بار نامی موتور طبق اطلاعات داده شده در نمودار سازنده هماهنگ گردد. اگر اندازه حفاظت نصب شده خیلی بزرگ باشد موتور ممکن است بخوبی حفاظت نشود و بیش از حد گرم شود. اگر اندازه آن خیلی کوچک باشد ، موتور بطور مرتب خاموش می شود. اگر می خواهید حفاظت حرارتی جدید نصب کنید به اطلاعات زیر نیاز دارید: اندازه راه انداز موتور، آمپر بارنامی، ضریب سرویس ، کلاس عایق ، رده بندی موتور و ازدیاد دمای مجاز. برای انتخاب حفاظت حرارتی به جدول یا نمودار داده شده از طرف سازنده مراجعه کنید.

آمارگیری جریان سنج (Recording Flow Meter Data)

برحسب مورد اطلاعات مربوط به جریان سنج ها از قبیل محل نصب ، مدل ، اندازه ، دبی و افت فشار طراحی، دبی و افت فشار آزمایش شده و دبی نهایی را یادداشت کنید . اگر جریان سنج نصب نشده باشد از آمار جریان سنج و برگ آزمایش استفاده کرده و اطلاعات فشار و دما را یادداشت کنید.

آمارگیری کویل آبی

برحسب مورد اطلاعات مربوط به کویل آبی و مبدلهای حرارتی را بنویسید . این اطلاعات شامل سازنده، مدل، اندازه ، سرویس دهی ، محل نصب ، دبی و افت فشار طراحی و دمای آب ورودی و خروجی می باشد.

مراحل عمومی متعادل سازی سیستم های آبی

جریان کل را اندازه بگیرید

جریان کل سیستم را در مجاورت پمپ یا در لوله کشی اصلی اندازه بگیرید. اگر مقدار جریان ۱۰ ± درصد مقدار طراحی نباشد ، علت آنرا بیابید . به منظور متعادل سازی سیستم ، مقدار کل جریان باید ۱۰ تا ۱۵ درصد بیشتر از مقدار طراحی باشد. این بدان علت است که درطول عملیات متعادل سازی مقدار کل جریان حدود ۵ تا ۱۰ درصد کاهش می یابد.

اگر مقدار جریان بسیارکم مثلاً ۸۰ درصد طراحی باشد ، باید قطر پروانه عوض شود یا سیستم بهمین ترتیب متعادل گردد. از قوانین پمپ ها استفاده کنید و قطر جدید پروانه را محاسبه کنید و سعی کنید که تا آنجائیکه امکان دارد مقدارجریان به صد درصد مقدار طراحی نزدیک شود. زیاد کردن قطر پروانه ممکن است نیاز به موتور یا پمپ جدید داشته باشد. بنابراین بعد از تعیین قطر پروانه جدید لازم است توان را نیز محاسبه کنید و با توان موجود مقایسه نمائید. هرگز مقدارجریان پمپ را باندازه ای اضافه نکنید که بارموتور را بیش از حد کند .

برای تعیین مقدار کل جریان از یکی از روشهای زیر بر حسب مورد استفاده کنید:

- نقطه عرضی کردن (Traverse) خط اصلی
- خواندن اختلاف فشار جریان سنج اصلی
- استفاده از تیوب بوردون (Baurdon) برای خواندن جریان سنج اصلی
- خواندن اختلاف فشار دو طرف پمپ روی فشار سنج ها
- استفاده از تیوب بوردون برای خواندن فشار پمپ

اگر مقدار کل جریان بیش از ۲۰ درصد مقدار کل جریان طراحی باشد یک یا چند کار زیر را انجام دهید:

- شیر خروجی پمپ را ببندید.
- شیر تعادل (Balancing Valve) اصلی را تنظیم کنید.
- قطر پروانه را بتراشید.
- پروانه کوچکتری نصب کنید.

اگر مقدار جریان کمتر از مقدار کل جریان طراحی است یک یا چند کار زیر را انجام دهید:

- مطمئن شوید که شیر خروجی باز است
- مطمئن شوید که شیراصلی تعادل باز است
- نگاه کنید که اتصالات ورودی و خروجی بطرز درستی اجراء شده باشد.

- فیتینگ های لوله کشی را نگاه کنید که جریان را مسدود نکرده باشند (در صورت لزوم با پیمانکار برای تعویض لوله کشی صحبت کنید).

برای سیستم های مجهز به شیرهای دو راهه

- ابزار کنترل دما را طوری تنظیم کنید که مقدار جریان کامل از کویلهای آبی عبورکند.
- شیرهای فشارشکن را تنظیم کنید که فشار مناسبی در سیستم برقرار باشد. فشار باید بمقداری باشد که در دورترین مصرف کننده حدود ۵ پوند برانچ مربع فشار اضافی موجود باشد.
- تمام شیرهای تعادل دستی را کاملاً باز کنید.
- سیستم را بطور تناسبی (Proportional) متعادل کنید.
- اگر لازم است اندازه قطر پروانه را برای کم یا زیاد کردن جریان آب عوض کنید.
- گزارش را کامل کنید.

برای سیستم هایی که مجهز به شیر سه راهه هستند

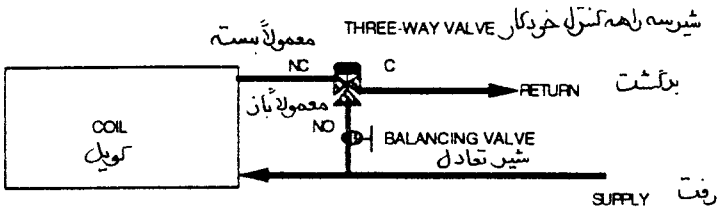
سیستم هایی که مجهز به شیرهای خودکار سه راهه هستند (شکل ۵-۲۳) در اکثر اوقات نیاز به باز و بسته کردن دستی شیر تعادل کنارگذر (Bypass) دارند، چون افت فشار مدار کویل بیش از افت فشار خط گنارگذر است.

اگر شیر تعادل کنار گذر تنظیم نشود ، زمانیکه شیرخودکار درحالت تدریجی (Modulating) عمل می کند، جریان بیش از حد نرمال از خط کنار گذر عبور می کند . در اینصورت به کویل جریان کمتر از مقدار نامی میرسد.

برای مثال ، اگر شیر تعادل کنار گذر تنظیم نشده باشد و شیر خودکار در حالت ۵۰ درصد قرار داشته باشد (یعنی سیستم کنترل بخواهد ۵۰ درصد جریان از کویل بگذرد و ۵۰ درصد از خط کنار گذر) ممکن است به کویل ۲۵ درصد و به خط کنارگذر ۷۵ درصد برسد . برای متعادل کردن شیر کنارگذر به ترتیب زیر عمل کنید :

- تمام شیرهای تعادل دستی را باز کنید.
- ابزار کنترل دما را طوری تنظیم کنید که مقدارکل جریان از کویل بگذرد (خط کنار گذر بسته شود).
- بطور تناسبی گذر آب از کویل ها را متعادل کنید.
- برای هر یک از کویلها، کنترل را طوری تنظیم کنید که کل جریان از خط کنار گذر بگذرد(مقدار جریان کویل صفر باشد)
- مقدار جریان خط کنار گذر را اندازه بگیرید.
- شیردستی تعادل خط کنار گذر راطوری تنظیم کنید که مقدار کل جریان آن برابر با مقدار جریان کویل شود.
- اگر لازم است اندازه قطر پروانه را برای کم یا زیاد کردن جریان عوض کنید.

گزارش را کامل کنید.



شکل ۵-۲۳

سیستم توزیع آب را بطور تناسبی تنظیم کنید

مراحل کلی

برای متعادل کردن تناسبی سیستم ، باید از کل سیستم توزیع اندازه گیری بعمل آید (اگر سیستم مدار اولیه و ثانویه داشته باشداول باید مدار اولیه را متعادل کرد) . سپس برای متعادل سازی سیستم بطور تناسبی، شیرهای تعادل دستی تنظیم شود. کار تعادل بطور منطقی باید از کویلی که کمترین درصد جریان را دارد شروع و به کویلی که بیشترین مقدار جریان را دارد ختم شود. مدار کویل شامل انشعاب ، رایزر و هدر میباشد.

هرگاه یک شیر (دستی یا خودکار) می بندد . فشار استاتیک قبل از شیر افزایش می یابد و پمپ باید فشار استاتیک بیشتری تحمل کند . ازدیاد ارتفاع استاتیک باعث کاهش مقدار جریان پمپ میگردد. بنابراین بعنوان یک قانون کلی اگر امکان داشته باشد باید پمپ را برای ۱۱۰ درصد مقدار جریان نامی تنظیم کرد، چون پس از تکمیل عملیات متعادل سازی مقدار جریان کاهش می یابد. دستگاهها را به ترتیب زیر متعادل و آزمایش نمایید:

- هر کدام از پاپانه ها (کویلها)
- هر کدام از انشعابها
- هر کدام از بالا رونده ها (Risers)
- هر کدام از هدرها (Header)

اصول متعادل سازی تناسبی نیاز دارد که :

- تمام شیرهای تعادل سیستم توزیع آب که تنظیم می شوند در حالت باز قرار گیرند.
- شیرتعادل ترمینالی که کمترین درصد جریان را دارد در حالت باز باقی بماند.
- شیر تعادل انشعابی که حداقل درصد جریان را دارد در حالت باز باقی بماند.
- شیر تعادل بالا رونده ای (Riser) که حداقل درصد جریان را دارد در حالت باز باقی بماند.
- شیر تعادل هدری که حداقل درصد جریان را دارد در حالت باز باقی بماند.

ترمینالی را که در تمام سیستم کمترین درصد جریان طراحی را دارد معین کنید . درصد جریان طراحی عبارت

است از نسبت جریان اندازه گیری شده به جریان طراحی ($\%D = \frac{\text{جریان اندازه گیری شده}}{\text{جریان طراحی}}$) جریان طراحی می تواند مقادیر اولیه داده شده در مشخصات قرارداد باشد یا جریانی که برحسب وضعیت آنها محاسبه گردیده است . واحد جریان طراحی و اندازه گیری شده به گالن آب دردقیقه خواهد بود. معمولاً ترمینالی که حداقل جریان رادارد ترمینالی است که روی دورترین انشعاب از پمپ قرار گرفته باشد. به این ترمینال ، ترمینال « کلیدی » گفته می شود.

اگر جریان آب در قسمتی از لوله کشی بسیار پائین باشد، مثلاً بعلت اشکال در طراحی لوله کشی ، سعی نکنید که تمام سیستم را فدای این بخش بکنید ، در عوض اول بقیه سیستم را بطور تناسبی متعادل کنید و سپس در مورد قسمتی که ایراد دارد با مهندس طراح تماس بگیرید. شاید او نظر بدهد که آن قسمت از لوله کشی باید تماماً از نو طراحی شود.

بطور تناسبی هر کدام از ترمینال ها را در حد ده درصد متعادل کنید . نسبت درصد جریان طراحی هر کدام از ترمینال ها باید در حد ده درصد یکدیگر باشد (۱ الی ۱/۱). نسبت جریان طراحی برابر است با درصد جریان طراحی ترمینالی که در حال تنظیم شدن است به درصد جریان طراحی ترمینال کلیدی .

$$\text{نسبت} = \frac{\text{درصد جریان طراحی ترمینال تنظیم شده}}{\text{درصد جریان طراحی ترمینال کلیدی}}$$

ترمینال ها را از آنکه کمترین درصد جریان طراحی را دارد (ترمینال کلیدی) تنظیم نموده و به آنکه بیشترین درصد جریان طراحی را دارد ختم نمائید. از ترمینال کلیدی شروع کنید. بطور تناسبی ترمینالهایی را که روی این انشعاب قرار دارند متعادل سازید.

سپس به انشعابی بروید که کمترین درصد جریان طراحی بعدی را دارد. این ترمینال « کلیدی » معمولاً روی انشعابی که دومین انشعاب طولانی میباشد قراردارد . هرکدام از ترمینالهای این انشعاب را در حد ده درصد یکدیگر متعادل کنید.

کار متعادل سازی را ادامه دهید تا تمام ترمینالهای تمام انشعاب ها درحد ده درصد یکدیگر قرارگیرند. مشخص کنید که کدام انشعاب دارای کمترین درصد جریان طراحی است (انشعاب کلیدی) . بطور تناسبی تمام انشعاب ها را از کمترین درصد جریان طراحی به بیشترین درصد جریان طراحی و در حد ده درصد یکدیگر متعادل کنید.

عمل متعادل سازی را ادامه دهید تا تمام انشعاب ها بالانس شوند . معین کنید که کدام لوله بالا رونده دارای کمترین درصد جریان طراحی است (بالا رونده کلیدی). بطور تناسبی تمام بالا رونده ها را از آنکه کمترین درصد جریان طراحی را دارد به آنکه بیشترین درصد جریان طراحی را دارد متعادل کنید، بطوریکه در حد ده درصد یکدیگر باشند. به اینکار ادامه دهید تا زمانیکه تمام بالارونده ها بالانس شوند. سپس مشخص کنید که کدام هدر کمترین درصد جریان را دارد (هدر کلیدی). بطور تناسبی تمام هدرها را متعادل کنید. اینکار از هدری که کمترین درصد جریان طراحی را دارد شروع و به هدری که بیشترین درصد جریان طراحی را دارد ختم میشود. هدرها باید در ده درصد یکدیگر متعادل شوند .

به عمل متعادل سازی ادامه دهید تا اینکه تمام هدرها متعادل شوند. قطر پروانه پمپ را تنظیم کنید (اگر پمپ تسمه ای است دور پمپ را تغییر دهید) تا جریان کل سیستم به ده درصد جریان طراحی برسد . دوباره ترمینال ها را اندازه بگیرید و اگر لازم باشد تنظیم نهایی بکنید . گزارش را کامل کنید.

متعادل کردن تناسبی با استفاده از جریان سنج برای اندازه گیری مستقیم

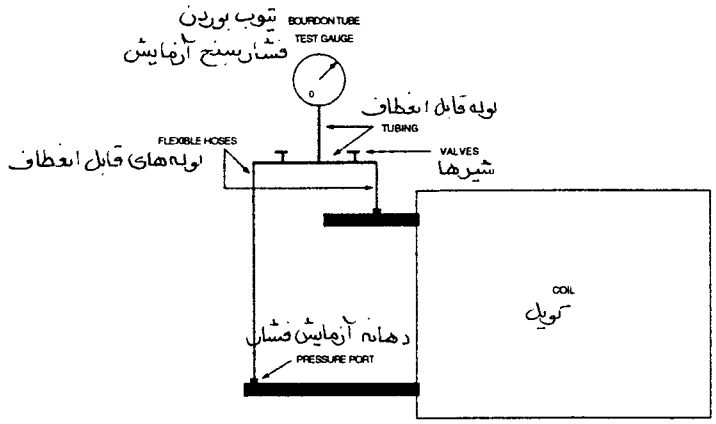
استفاده از جریان سنج قرائت مستقیم، برای اندازه گیری دبی ، کامل ترین و مطمئن ترین روش اندازه گیری جریان در سیستم های آبی میباشد . از دستورات کلی گفته شده برای تعادل سیستم استفاده کنید. بطور تناسبی تمام ترمینالها را با استفاده از جریان سنج متعادل کنید.

متعادل سازی تناسبی با استفاده از افت فشار

از دستورات کلی گفته شده برای متعادل سازی استفاده کنید. با استفاده از افت فشار دو طرف ترمینالها(یا مبدل های گرمایی) یا شیرها، جریان را اندازه گرفته و ترمینالهای را متعادل سازید.

روش های خاص

از اختلاف فشار سنج یا تیوب بوردون استفاده کنید و افت فشار ترمینال یا سایر مبدلهای حرارتی را اندازه بگیرید. چنانچه از تیوب بوردون استفاده می کنید مواظب باشید که هنگام خواندن ورودی و خروجی ، ارتفاع تیوب دریک سطح باشد یا اینکه ضریب تصحیح برای اختلاف ارتفاع اعمال شود . برای حذف ضریب تصحیح و امکان اندازه گیری اشتباه ، به هریک از مانیفولدها یک تیوب آزمایش طبق شکل ۶-۲۳ وصل کنید. بدین ترتیب برای اندازه گیری فشار کم و فشار زیاد هر بار از تیوب بطور جداگانه استفاده خواهد شد .



شکل ۶-۲۳

اندازه گیری مقدار جریان گذرنده از یک ترمینال

برای استفاده از این روش ، کویل یا مبدل حرارتی باید نو یا در وضعیت خوب و تمیزی باشد . کویل به مانند یک اورفیس (Orifice Plate) یا سایر ابزار جریان سنج با افت فشار معین عمل میکند. لوله های کویل دارای یک مقاومت مشخص و معلوم در مقابل یک جریان معین میباشد . اگر مقدار جریان ازدیاد یابد ، مقاومت نیز افزایش خواهد یافت (به نسبت توان دوم جریان) . این فقط موقعی کار ساز است که کویل تازه و نو باشد . اگر کویل کهنه و کارکرده باشد ، قطر داخلی لوله ها به مرور کم شده است و مقاومت آن درجریان نامی افزایش خواهد یافت . دراین صورت افت فشار اولیه در جریان نامی دیگر اعتبار نداشته و نمی توان از معادله ۱-۲۳ استفاده کرد.

سازنده کویل یا مبدل حرارتی باید نتایج گواهی شده آزمایش افت فشار در مقابل جریان را ارائه دهد. اگر اطلاعات یاد شده ، بجای آزمایش عملی ، از محاسبات بدست آمده باشد ، اطلاعات ممکن است دقیق نباشد.

کویل یا مبدل گرمایی همچنین باید دهانه های اندازه گیری فشار داشته باشد . دهانه بعضی از کویلها در جای نامناسب قرار گرفته است . این حالت ممکن است بعلت افت درلوله کشی و فیتینگ ها موجب اشتباه در اندازه گیری شود.

زمانیکه جریان نامی و افت فشار دردست باشد ، از رابطه ۱-۲۳ برای یافتی جریان واقعی استفاده کنید (برای دیدن مثال ها به فصل ۵ مراجعه کنید).

رابطه ۱-۲۳:

$$gpm_c = gpm_R \sqrt{\frac{\Delta P_M}{\Delta P_R}}$$

که در آن :

gpm_c = مقدار جریان محاسبه شده

gpm_R = مقدار جریان نامی

ΔP_M = افت فشار اندازه گیری شده

ΔP_R = افت فشار نامی

اندازه گیری جریان گذرنده یک شیر

روش دیگر اندازه گیری جریان استفاده از افت فشار یک شیر کنترل است . همانند اندازه گیری فشار کویل ، شیر نیز باید در وضعیت تازه و نو بوده و دهانه های اندازه گیری فشار در نزدیکی آن ، روی ورودی و خروجی ، تعبیه شده باشد.

سازندگان شیرهای کنترل معمولاً شیرهای خود را بر حسب افت فشار و مقدار جریان مربوطه رده بندی می کنند . واژه ای که برای این رابطه استفاده می شود « ضریب جریان (Flow Coefficient) » نام دارد و با C_V نشان داده میشود. C_V مقدار گذر آب در ۶۰ درجه فارنهایت به گالن در دقیقه از یک شیر کاملاً باز است که موجب شود یک پوند براینچ مربع (۲/۳۱ فوت ستون آب) افت فشار ایجاد شود . هرگاه C_V مشخص باشد می توان از رابطه زیر جریان را محاسبه نمود (برای دیدن مثالها به فصل ۵ مراجعه شود.)

رابطه ۲-۲۳:

$$gpm = C_v\sqrt{\Delta P}$$

که در آن :

gpm = مقدار گذر آب به گالن در دقیقه

C_v = ضریب جریان یا عدد ثابت شیر

ΔP = افت فشار اندازه گیری شده شیر به پوند بر اینچ مربع

متعادل سازی تناسبی با استفاده از اندازه گیری دما

سیستم های تاسیسات گرمایی آب گرم با دمای پائین (تا ۲۰۰ درجه فارنهایت) را ، درصورت مراقبت می توان بوسیله اندازه گیری دما متعادل نمود . چنانچه اختلاف دمای کویل ها یکسان و در حد ۴۰ درجه فارنهایت یا کمتر باشد، این روش بهتر پاسخ خواهد داد. گرچه توصیه نمی شود ولی می توان دمای سطح خارجی لوله را بعنوان دمای سیال در نظر گرفت . دمای سطح بیرونی لوله باید بیش از ۱۵۰ درجه فارنهایت باشد وسطوح آن تمیز شده باشد . برای اینکه در اندازه گیری از اشتباهات احتمالی جلوگیری شود ،طبق دستورات زیر عمل کنید:

- مطمئن شوید که محل انداره گیری دما درست انتخاب و نصب شده باشد.
- از یک ترمومتر برای اندازه گیری در نقاط مختلف، استفاده کنید.
- در خواندن ترمومتر دقت کنید تا اشتباه خوانده نشود.
- زمان کافی در نظر بگیرید و اجازه دهید تا دماهای نقاط مختلف وضع ثابتی پیدا کنند.
- وضعیت بار ساختمان را ثابت نگهدارید.
- از لایه بندی دمای هوا (Stratification) روی کویل جلوگیری کنید.

- وقتی دمای سطح بیرونی لوله را اندازه می گیرند دقت کنید که ترمومتر به اشتباه دمای محیط را اندازه نگیرد.

از دستورات کلی داده شده برای متعادل کردن سیستم استفاده کنید . سیستم را بطور تناسبی و با استفاده از دمای ورودی و خروجی کویل متعادل کنید.

محاسبه مقدار جریان کویل

رابطه ۳-۲۳:

$$gpm = \frac{Btuh}{۵۰۰ \times TD}$$

که در آن :

gpm = مقدار جریان عبوری از کویل ، گالن در دقیقه

۵۰۰ = عدد ثابت

TD = اختلاف دمای ورودی و خروجی

Btuh= برای کویل های گرمایی و کویل های سرمایی بدون رطوبت گیری (کویل خشک):

$$Btuh = cfm \times ۱/۰۸ \times \Delta T$$

که در آن :

ΔT = اختلاف دمای هوای ورودی و خروجی کویل

برای کویل سرمایی با رطوبت گیری (کویل خیس) $Btuh = cfm \times ۴/۵ \times \Delta h$

Δh = اختلاف انتالپی هوای ورودی و خروجی کویل ، بی تی یو برپوند

اطلاعات دیگر برای متعادل کردن سیستم های آبی

سیستم های با جریان ثابت

اگر در سیستم از شیر سه راهه استفاده شده است، کویل ها را برای عبور جریان کامل تنظیم کنید. سیستم را در حالیکه جریان کامل از کویل عبور می کند متعادل کنید . سپس شیر سه راهه را طوری تنظیم کنید که تمام آب از خط کنار گذرعبور کند و در این حالت شیر تعادل خط کنار گذر را متعادل کنید . اگر سیستم از شیردو راهه استفاده می کند و مدار در انتهای خط یا در مجاورت پمپ بسته می شود، سیستم را در حالت جریان کامل قرار داده و شیر کنار گذر را ببندید. اختلاف فشار بین خطوط اصلی رفت و برگشت را اندازه گرفته و شیر تعادل خط کنار گذر را طوری تنظیم کنید که این اختلاف فشار را نگهدارد.

سیستم های با جریان ثابت و مدارهای اولیه و ثانویه

ابتدا مدار اولیه را متعادل کنید . برای متعادل سازی ، در هر دو مدار باید جریان کامل برقرار باشد

سیستم های با مدار اولیه جریان ثابت و مدار ثانویه جریان متغیر

اگر مدار ثانویه مجهز به شیر دو راهه باشد ، سیستم با جریان متغیر تلقی می شود . زمانیکه شیر دو راهه شروع به بستن می کند، دبی پمپ نیز باید تغییر کند . اینکار بوسیله اندازه گیری اختلاف فشار صورت می گیرد که فرمان آن به ابزار تغییر سرعت پمپ داده می شود، یا اگر شیر خروجی پمپ شروع به بسته شدن میکند نقطه کار پمپ روی منحنی تغییر خواهد کرد. بعضی از سیستمها دو یا چند پمپ دارند که بنابه نیاز روشن و خاموش می شوند.

سیستم های با جریان متغیر

سیستم های هیدرونیک با جریان متغیر ضمن پاسخگویی به بار کامل یا جزئی گرمایی و سرمایی ، انرژی مصرفی

پمپ را کاهش می دهند . در این سیستم ها ممکن است از پمپ با سرعت ثابت و شیر خودکار دو راهه یا پمپ با سرعت متغیر و شیر دو راهه یا شیر سه راهه برای این منظور استفاده کنند . هر دو نوع سیستم سعی می کنند که گذر آب را با ثابت نگهداشتن اختلاف دما تغییر دهند. رابطه بشکل زیر است .

$$Q = gpm \ll ۵۰۰ \times \Delta T$$

زمانیکه با رساختمان (Q) تغییر می کند ، سیستم جریان آب (gpm) را باندازه ای تغییر می دهد که اختلاف دما (ΔT) ثابت باقی بماند.

سیستم های جریان متغـیر که از پمپ بـــا سرعت ثابت و شیر خودکار دو راهه استفاده می کنند نمی توانند باندازه پمپ های با سرعت متغیر در مصرف انرژی صرفه جویی کنند . در سیستم هایی که پمپ با سرعت ثابت استفاده می شود ، ابزار کنترل دما که در اتاق نصب شده فرمانی برای کاهش یا ازدیاد جریان به شیر دو راهه ارسال می کند. اگر شیر برای کاهش جریان به بندد، مقاومت سیستم افزایش می یابد. این ازدیاد افت فشار ، نقطه کار پمپ را روی منحنی به سمت عقب حرکت می دهد و دبی را کاهش می دهد که در نتیجه توان مصرفی پمپ نیز کاهش می یابد . برای مثال پمپی که ۳۳/۲ اسب توان حقیقی برای پمپ کردن ۱۲۵۰ گالن آب در دقیقه و ارتفاع ۸۲ فوت ستون آب مصرف می کند ، تنها به ۲۹/۹ اسب برای پمپ کردن ۱۰۰۰ گالن آب در دقیقه نیاز دارد. مقدار جریان و توان مصرفی کاهش می یابد زیر شیر دو راهه اندکی بسته شده و مقاومت سیستم را به ۱۰۰ فوت ستون آب افزایش داده است .

سیستم هایی که از پمپ با سرعت متغیر استفاده می کنند، برای کنترل جریان آب از ابزار الکترونیکی بنام «محرک تغییر فرکانس » (Variable Frequency Drive) استفاده می کنند که سرعت موتور و پمپ را عوض میکند. در این نوع سیستم توان مصرفی با توان سوم سرعت دورانی کم و زیاد می شود . در مثال بالا درصورتی که سیستم، پمپ با سرعت متغیر داشت ، توان مصرفی به حدود ۱۷ اسب بخار کاهش می یافت، برای آن که جریان از ۱۲۵۰ به ۱۰۰۰ گالن در دقیقه برسد.

یک وسیله اختلاف فشار سنج برای کنترل سرعت پمپ روی لوله نصب می شود . دریک سیستم متداول، هرگاه دمای اتاق مناسب شد ، شیر کنترل ترمینال ها شروع به بستن می کند. وسیله یاد شده ازدیاد فشار را حس کرده و برای کاهش دبی پمپ فرمانی صادر می کند تا به بار واقعی سیستم پاسخ دهد.برای تنظیم ابزار اختلاف فشار سنج ، پمپ و سیستم اول باید تحت جریان کامل قرار گیرند . سپس وسیله یاد شده در نقطه دلخواه برای اختلاف فشار تنظیم می گردد. برای مثال ، چنانچه وسیله یاد شده در انتهای خط رفت و برگشت اصلی نصب شود . نقطه تنظیم آن افت فشار آخرین ترمینال خواهد بود . این افت فشار شامل شیرها و لوله کشی ترمینال نیز خواهد بود . وقتـــی اختلاف فشـــار سنج در انتهای خط نصب می شود، پمپ با حداکثر صرفه جویی درمصرف انرژی کار خواهد کرد.

اگر وسیله اختلاف فشارسنج نزدیک پمپ نصب شود، مقداری از انرژی هدر خواهد رفت چون پمپ ناچار است برای جبران افت فشارهای لوله کشی و ترمینال های بعد از وسیله یاد شده در سرعت بالاتری کار کند.

در بعضی از سیستم ها ممکن است برای پایداری کنترل سیستم وسیله یاد شده را نزدیک پمپ نصب نمایند. محل نصب اختلاف فشار سنج وقتی درست است که بتواند ضمن پاسخگویی به بارهای مختلف ترمینالها، پمپ را در حداقل سرعت نگهدارد.

کلیه سیستم های هیدرونیک نیاز به وسیله ای برای متعادل شدن دارند. بعضی از طراحان معتقدند که سیستمهای با سرعت متغیر ،خود متعادل کننده، هستند و نیازی به شیر تعادل ندارند. این عقیده درست نیست. هیچ یک از سیستمهای با جریان ثابت و جریان متغیر ،خود متعادل کننده، نیستند . حتی وقتی که دقت کافی در انتخاب شیرهای کنترل خودکار و طراحی لوله کشی سیستم های با جریان متغیر صورت گرفته باشد، برای متعادل کردن آن نیاز به جریان سنج و شیرهای تعادل می باشد تا از اشکالات سیستم جلوگیری شود. سیستم های لوله کشی که مجهز به جریان سنج و شیر تعادل هستند بسیار اطمینان بخش تر از سیستم هایی هستند که فقط به شیر کنترل خودکار و تغییر سرعت پمپ اتکاء می کنند.

متعادل سازی تناسبی سیستم های با جریان متغیر

متعادل کردن سیستم های توزیع آب در واقع شامل خواندن جریان سنج ها و تنظیم شیرهای تعادل دستی است که ممکن است روی خطوط اصلی ، هدرها ، بالارونده ها ، انشعاب ها یا ترمینال ها نصب شده باشند . برای اینکه بتوانید یک سیستم را متعادل کنید باید کارهای زیر را انجام دهید :

- پمپ رابرای حداکثر دبی روشن کنید.اگر سیستم همزمانی دارد ، ترمنیال ها را طبق آن تنظیم نمائید.
- جریان تمام ترمینال ها را بخوانید . از ترمینالی شروع کنید که حداقل درصد جریان طراحی را دارد.
- تمام ترمینالها را با انشعاب ، تمام انشعاب ها را با بالا رونده ، تمام بالارونده ها را با هدر و در پایان هدرها را بطور تناسبی بالانس کنید . جریان این نقاط باید در حدود ده درصد نسبت به طراحی باشد.
- اگر سیستم از شیر سه راهه استفاده می کند ، ترمینال ها را برای گذر جریان کامل تنظیم کنید .

سیستم را در حالیکه جریان کامل از ترمینال عبور می کند متعادل کنید . شیر سه راهه را به بندید که جریان کامل از خط کنار گذر (Bypass) عبور کند و در این حال با بازی با شیر متعادل دستی مقدار جریان را برابر با مقدار جریان ترمینال بکنید.

- اگر مدار لوله کشی در انتها یا درنزدیکی پمپ مدار کنارگذر داشته باشد ، شیر دو راهه کنارگذر را بسته و سیستم را برای گذر جریان کامل تنظیم کنید. ترمینالها را با شیر کنار گذر بسته متعادل کنید. بعد از متعادل کردن ترمینال ها ، افت فشار بین خط رفت و برگشت را اندازه بگیرید.

با حرکت دادن شیر متعادل دستی کنار گذر این اختلاف فشار را نیز در خط کنار گذر بوجود آورید.

- اگر سیستم جریان متغیر با استفاده از اختلاف فشارسنج باشد ، اختلاف فشار دو طرف ابزار یاد شده را بگیرید و آنرا برای اختلاف فشار طراحی تنظیم نمائید.
- بعد از اینکه سیستم متعادل گردید ممکن است برای بالانس شدن نهایی نیاز به تنظیم مختصر شیرهای تعادل باشد. از آنجا که سیستم تناسبی بالانس شده است ، تنظیم یک شیر انشعاب (بعنوان مثال) جریان تمام ترمینالهای آن انشعاب را بطور تناسبی تغییر خواهد داد.

عیب یابی سیستم های با جریان متغیر

اگر سیستم با جریان متغیر درست کار نمی کند ، سیستم را بطور کامل منجمله کنترلها بازرسی و بازبینی کنید. این بازرسی باید در سرعت های مختلف پمپ ، مانند ۲۵ درصد ، ۵۰ درصد ، ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد انجام شود. بعضی از اشکالات متداول و روش دفع آنها در زیر آمده است . این روشها کنترل سیستم را نزدیک به شرایط طراحی می کند و به این منظور بسیار مهم است که در خاطر داشته باشید که این توصیه ها ممکن است هزینه بهره برداری را افزایش دهد .

سیستم A : وسیله اختلاف فشار سنج در انتهای خط اصلی نصب شده تا افت فشار آخرین ترمینال برقرار باشد .

سیستم B : وسیله اختلاف فشار سنج در وسط سیستم توزیع جریان نصب شده باشد .

سیستم C : وسیله اختلاف فشار سنج در کنار ترمینالی نصب شده باشد که افت فشار زیاد و غیر معمول دارد .

اشکال ۱ : در بارهای جزیی ، جریان کافی به بعضی از ترمینالها نمی رسد.

اشکال ۲ : ترمینال های نزدیک پمپ اتصال کوتاه می شوند و نمی گذارند جریان کافی به ترمینال های دورتر برسد.

توصیه هایی برای یک سیستم خاص بعد از بررسی، بر حسب مورد:

- شیر تعادل اضافه کنید .
- سیستم را متعادل کنید .
- محل نصب عضو حس کننده (Sensor) اختلاف فشار سنج را تغییر دهید:
  - آن را نزدیک تر به پمپ نصب کنید ، اگر ترمینالهای نزدیک پمپ جریان کافی نمی گیرند.
  - آن را دورتر از پمپ نصب کنید ، اگر به ترمینال های دور جریان کافی نمی رسد .
  - آن را نزدیک تر به ترمینال های حساس و بحرانی نصب کنید.
- یک سنسور مجزای اختلاف فشارسنج اضافه کنید.
  - برای نزدیکترین ترمینال به پمپ .
  - برای ترمینال بحرانی
- نقطه تنظیم ابزار اختلاف فشار سنج را زیاد کنید.
- اختلاف فشار سنجی نصب کنید که می تواند اندازه گیری را در چند محل در طول خطوط لوله کشی رفت و برگشت (برحسب نیاز) انجام دهد . این اختلاف فشار سنج قادر است درمحل جدید اختلاف فشار دلخواه را تنظیم کند و به پمپ اجازه دهد که سرعت خود را با نیاز سیستم هماهنگ کند.
- از اورفیس (Orifice) متغیر و شیر تعادل خود محدود کن (Self Limiting) استفاده کنید. این ابزار حساس فشار ، اختلاف فشار ایجاد شده را حس کرده و شیر را به تناسب حداکثر تنظیم شده باز یا بسته می کند .
- شیرهای کنترل خودکار موجود را با شیرهایی که افت فشار بیشتری دارند عوض کنید.
- سیستم رااز برگشت مستقیم به برگشت معکوس تبدیل کنید.

فصل بیست وچهارم- آزمایش، تنظیم ومتعادل سازی یک سیستم آبی فرضی
(Testing, Adjusting and Balancing - Example Water System)

در این فصل برای متعادل سازی تناسبی سیستم توزیع آب مثالهایی آورده میشود.

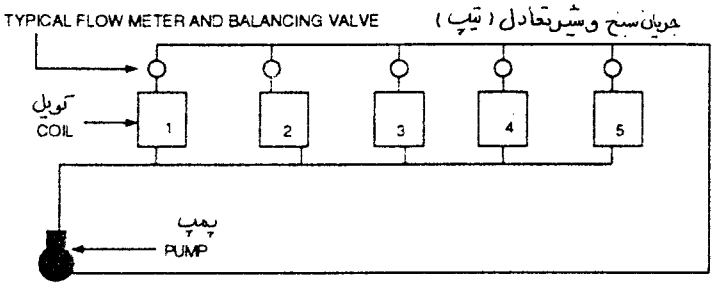
مثال ۱-۲۴ (شکل ۱-۲۴)

بعد از نصب و تکمیل سیستم، مقدار جریان ترمینالها را بخوانید.

درصد جریان هر ترمینال (مصرف کننده) را محاسبه کنید.

ترمینال کلیدی را تعیین کنید.

شماره ترمینال	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت به ترمینال کلیدی
۱	۵۰	۷۲	۱۴۴	۱/۳۶
۲	۵۰	۷۰	۱۴۰	۱/۳۲
۳	۵۰	۶۸	۱۳۶	۱/۲۸
۴	۵۰	۵۳	۱۰۶	کلیدی
۵	۵۰	۵۹	۱۱۸	۱/۱۱



شکل ۱-۲۴

مراحل کار متعادل سازی تناسبی

شماره ۵ را ببندید تا ۵۵ گالن در دقیقه نشان دهد. بطور فرضی ۱۱۰ درصد انتخاب شده $(\frac{۱۰۶ + ۱۱۸}{۲} = ۱۱۲)$

شماره ۴ را بخوانید. ۵۴ گالن در دقیقه

درصد جریان طراحی هر یک را محاسبه کنید:

شماره ۴ = ۱۰۸ درصد ، شماره ۵ = ۱۱۰ درصد

نسبت آنها به مصرف کننده کلیدی :

(نسبت ۵ به ۴) $= \frac{۱۱۰}{۱۰۸} =$ ۱/۰۲ متعادل شده است .

شماره ۳ را بخوانید. اینک ۶۹ گالن در دقیقه نشان میدهد.
شماره ۳ را ببندید تا ۶۳ گالن در دقیقه نشان دهد. بطور فرضی انتخاب شده است.
شماره ۴ اینک ۵۶ گالن در دقیقه نشان میدهد.
درصد جریان طراحی هر یک را محاسبه کنید:
شماره ۴ = ۱۱۲ درصد ، شماره ۳ = ۱۲۶ درصد
نسبت آنها را به کویل کلیدی محاسبه کنید :

$$\frac{۱۲۶}{۱۱۲} = ۱/۱۳$$ متعادل نشده است .

شیر شماره ۳ را ببندید تا ۵۹ گالن در دقیقه نشان دهد. بطور فرضی انتخاب شده است.
شماره ۴ اینک ۵۷ گالن در دقیقه نشان میدهد.
درصد جریان طراحی هر یک را محاسبه کنید:
شماره ۴ = ۱۱۴ درصد ، شماره ۳ = ۱۱۸ درصد
نسبت آنها را به کویل کلیدی بیابید.

شماره ۳ نسبت به ۴ ، $\frac{۱۱۸}{۱۱۴} = ۱/۰۴$ متعادل شده است .

شماره ۲ اینک ۷۲ گالن در دقیقه نشان میدهد.
شیر شماره ۲ را ببندید تا ۶۴ گالن در دقیقه نشان بدهد. بطور فرضی انتخاب شده است.
شماره ۴ اینک ۵۹ گالن در دقیقه نشان میدهد.
درصد جریان طراحی هر یک را محاسبه کنید:
شماره ۴ = ۱۱۸ درصد ، شماره ۲ = ۱۲۸ درصد
نسبت آنها را به کویل کلیدی محاسبه کنید :

شماره ۲ نسبت به ۴ ، $\frac{۱۲۸}{۱۱۸} = ۱/۰۸$ متعادل شده است .

شماره ۱ اینک ۷۶ گالن در دقیقه نشان میدهد.
شماره ۲ را ببندید تا ۶۶ گالن نشان بدهد. بطور فرضی انتخاب شده است.
شماره ۴ اینک ۶۱ گالن نشان میدهد.
درصد جریان طراحی هر یک را حساب کنید:
شماره ۴ = ۱۲۲ درصد ، شماره ۱ = ۱۳۲ درصد
نسبت آنها را به کویل کلیدی حساب کنید :

شماره ۱ نسبت به ۴ ، $\frac{۱۳۲}{۱۲۲} = ۱/۰۸$ متعادل شده است .

بعد از متعادل کردن تناسبی سیستم، جریان سنجها ارقام جدول زیر را نشان میدهند.

شماره ترمینال	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت به ترمینال کلیدی
۱	۵۰	۶۶	۱۳۲	۱/۰۸
۲	۵۰			۱/۰۸
۳	۵۰			۱/۰۴
۴	۵۰	۶۱	۱۲۲	کلیدی
۵	۵۰			۱/۰۲

شماره ترمینال	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت به ترمینال کلیدی
۱	۵۰	۶۶	۱۳۲	۱/۰۸
۲	۵۰	۶۶	۲۳۱	۱/۰۸×۱۲۲٪D=۱۳۲٪×۵۰=۶۶
۳	۵۰			۱/۰۴
۴	۵۰	۶۱	۱۲۲	کلیدی
۵	۵۰			۱/۰۲

شماره ترمینال	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت به ترمینال کلیدی
۱	۵۰	۶۶	۱۳۲	۱/۰۸
۲	۵۰			۱/۰۸
۳	۵۰	۶۳	۱۲۷	۱/۰۴×۱۲۲%D=۱۲۷٪×۵۰=۶۳
۴	۵۰	۶۱	۱۲۲	کلیدی
۵	۵۰			۱/۰۲

شماره ترمینال	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت به ترمینال کلیدی
۱	۵۰	۶۶	۱۳۲	۱/۰۸
۲	۵۰			۱/۰۸
۳	۵۰			۱/۰۴
۴	۵۰	۶۱	۱۲۲	کلیدی
۵	۵۰	۶۲	۱۲۴	۱/۰۲×۱۲۲%D=۱۲۴٪×۵۰=۶۲

شماره ترمینال	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت به ترمینال کلیدی
۱	۵۰	۶۶	۱۳۲	۱/۰۸
۲	۵۰	۶۶	۱۳۲	۱/۰۸
۳	۵۰	۶۳	۱۲۷	۱/۰۴
۴	۵۰	۶۱	۱۲۲	کلیدی
۵	۵۰	۶۲	۱۲۴	۱/۰۲

مقدار کل جریان سیستم اینک ۳۱۸ گالن در دقیقه است. مقدار طراحی ۲۵۰ گالن در دقیقه است. اندازه قطر پروانه پمپ ۸ اینچ است. توان حقیقی بهره برداری ۱۱/۵ اسب بخار است. ارتفاع کل دینامیکی (TDH) ۱۰۰ فوت است. راندمان پمپ ۷۰ درصد است.

برای محاسبه قطر پروانه که بتواند جریان و توان را به مقدار طراحی نزدیک کند از قوانین پمپ استفاده کنید.

$$\frac{gpm_{۲}}{gpm_{۱}} = \frac{d_{۲}}{d_{۱}}$$

$$\frac{TDH_{۲}}{TDH_{۱}} = \left[\frac{d_{۲}}{d_{۱}}\right]^{۳}$$

$$\frac{bhp_{۲}}{bhp_{۱}} = \left[\frac{d_{۲}}{d_{۱}}\right]^{۳}$$

اندازه قطر جدید پروانه ۶/۳ اینچ است. ارتفاع کل دینامیکی ۶۲ فوت ستون آب و توان حقیقی ۵/۶ اسب بخار است.

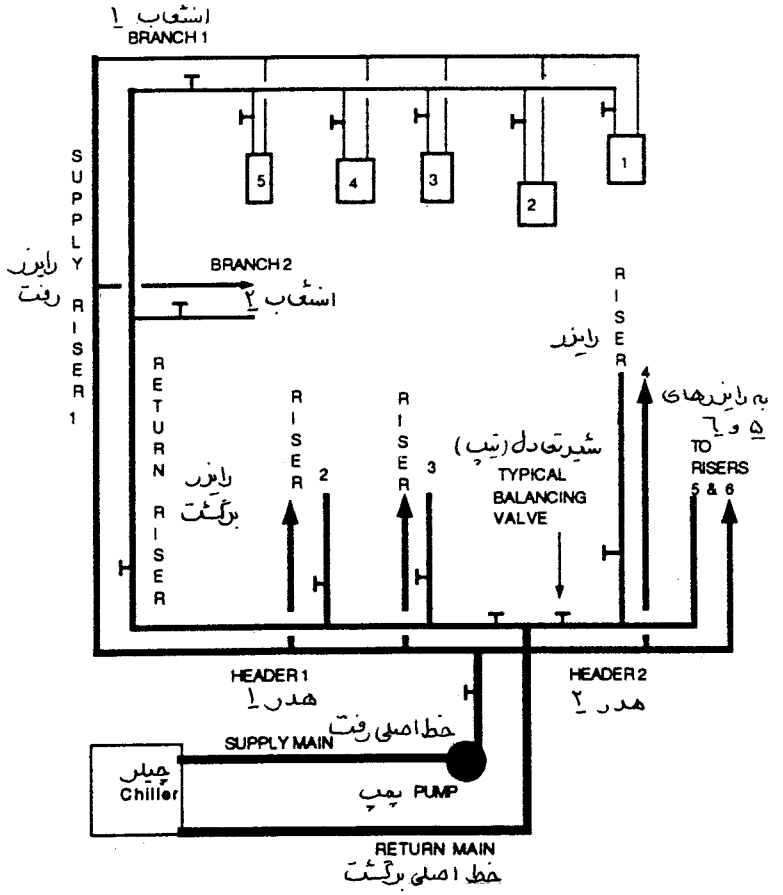
مثال ۲ (شکل ۲-۲۴)

بعد از نصب و تکمیل سیستم، مقدار جریان ترمینالها را بخوانید. درصد جریان طراحی هر یک را محاسبه کنید. ترمینال کلیدی را مشخص کنید.

شماره ترمینال	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت به ترمینال
۱	۶	۴/۷	۷۸	کمترین درصد طراحی
۲	۶	۵/۲	۸۷	۲:۱=۱/۱۲
۳	۵	۵/۰	۱۰۰	۳:۲=۱/۱۵
۴	۵	۶/۱	۱۲۲	۴:۳=۱/۲۲
۵	۶	۷/۵	۱۲۵	۵:۴=۱/۰۲
	۲۸	۲۸/۵		

از کویل شماره ۱ شروع کنید، هر کدام از کویلهای انشعاب، شماره ۱ را طوری متعادل کنید که درصد جریان طراحی آنها حدود ده درصد یکدیگر باشد. بجای اینکه نسبت به کویل کلیدی بالانس کنید، نسبت به ترمینال قبلی متعادل کنید که کمترین درصد طراحی را دارد. ترتیب متعادل کردن بشرح زیر است:

a - کویل ۲ را نسبت به کویل ۱ متعادل کنید.
b - کویل ۳ را نسبت به کویل ۲ متعادل کنید.
c - کویل ۴ را نسبت به کویل ۳ متعادل کنید.
d - کویل ۵ را نسبت به کویل ۴ متعادل کنید.



شکل ۲-۲۴

مراحل متعادل سازی تناسبی

کویل شماره۲ رابیندید تا۵ گالن رانشان بدهد. بطور فرضی ۸۳درصد انتخاب شده است (۸۲/۵=$\frac{۸۷ + ۷۸/۲}{۲}$)
شماره ۱، ۴/۷ گالن نشان میدهد.
درصد طراحی هر یک :
شماره ۲ = ۸۳ درصد ، شماره ۱ = ۷۸ درصد
نسبت محاسبه شده :
(کویل ۲ نسبت به کویل ۱) = $\frac{۸۳}{۷۸}$ = ۱/۰۶ متعادل شده است .

شماره کویل	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۱	۶	۴/۷	۷۸	کمترین درصد طراحی
۲	۶	۵	۸۳	(۲ به۱) =۱/۰۶

کویل شماره ۳ را بخوانید هنوز ۵ گالن در دقیقه نشان میدهد.
درصد طراحی : شماره ۳ = ۱۰۰ درصد ، شماره ۲ = ۸۳ درصد
نسبت محاسبه شده :

(شماره ۳ نسبت به ۲) = $\frac{۱۰۰}{۸۳}$ = ۱/۲ متعادل شده نیست.

شماره ۳ را ببندید تا ۴/۶ گالن را نشان دهد. (۹۱/۵٪ = $\frac{۱۰۰ + ۸۳}{۲}$) ، ۹۲ درصد انتخاب شده است.

شماره ۲ را بخوانید ۵/۱ گالن نشان میدهد.
درصد طراحی : شماره ۳ = ۹۲درصد ، شماره ۲ = ۸۵ درصد
نسبت محاسبه شده :

(شماره ۳ نسبت به ۲) = $\frac{۹۲}{۸۵}$ = ۱/۰۸، متعادل شده است .

شماره کویل	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۲	۶	۵/۱	۸۵	۲ به۱ =۱/۰۶
۳	۵	۴/۶	۹۲	۳ به۲ =۱/۰۸

شماره ۴ هنوز ۶/۱ گالن نشان میدهد.
درصد طراحی : شماره ۴ = ۱۲۲ درصد ، شماره ۳ = ٪۲ درصد
نسبت :

(شماره ۴ نسبت به ۳)= $\frac{۱۲۲}{۹۲}$ = ۱/۳۳ ، متعادل نیست .

شماره ۴ را ببندید تا ۵/۲ گالن نشان دهد.
شماره ۳ اینک ۴/۹ گالن نشان میدهد.
درصد طراحی : شماره ۴ = ۱۰۴ درصد ، شماره ۳ = ٪۸ درصد
نسبت :
(شماره ۴ نسبت به ۳) = $\frac{۱۰۴}{۹۸}$ = ۱/۰۶ ، متعادل شده است .

شماره کویل	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۳	۵	۴/۹	۹۸	۳ به۲ =۱/۰۸
۴	۵	۵/۲	۱۰۴	۴ به۳ =۱/۰۶

شماره ۵ را بخوانید ۷/۵ گالن در دقیقه نشان میدهد.
درصد طراحی : شماره ۵ = ۱۲۵ درصد ، شماره ۴ = ۱۰۴ درصد
نسبت :

(شماره ۵ نسبت به ۴) = $\frac{۱۲۵}{۱۰۴}$ = ۱/۲، متعادل نیست .

شماره ۵ را ببندید تا ۷ گالن نشان دهد.
شماره ۴ اینک ۵/۳ گالن نشان میدهد.
درصد طراحی : شماره ۵ = ۱۱۷ درصد ، شماره ۴ = ۱۰۶ درصد
نسبت :
(شماره ۵ نسبت به ۴) = $\frac{۱۱۷}{۱۰۶}$ = ۱/۱ ، متعادل شده است .

شماره کویل	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۴	۵	۵/۳	۱۰۶	۴ به۳ =۱/۰۹
۵	۶	۷	۱۱۷	۵ به۴ =۱/۱

انشعاب شماره ۱ اینک مقادیر جریان را تقریباً بشرح زیر نشان میدهد.

شماره کویل	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۱	۶	۵/۲	۸۷	کمترین درصد طراحی
۲	۶	۵/۵	۹۲	۲ به۱ =۱/۰۶
۳	۵	۵	۱۰۰	۳ به۲ =۱/۰۸
۴	۵	۵/۳	۱۰۶	۴ به۳ =۱/۰۶
۵	۶	۷	۱۱۷	۵ به۴ =۱/۱
	۲۸	۲۸		

- کویلهای انشعاب ۲ را متعادل کنید.

- بطور تناسبی انشعابهای بالارونده (riser) شماره ۱ را متعادل کنید.

شماره انشعاب	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۱	۲۸	۲۸	۱۰۰	کمترین درصد
۲	۳۰	۳۶	۱۲۰	۲ به۱ =۱/۲

انشعاب شماره ۲ را ببندید تا ۳۳ گالن نشان دهد. ($\frac{۹۹ + ۱۲۲}{۲}$ = ۱۱۰ درصد)، ۱۰۰ درصد انتخاب شده است.

انشعاب شماره ۱ را بخوانید، ۳۰ گالن در دقیقه نشان میدهد.

درصد طراحی هر یک : انشعاب شماره ۲ = ۱۱۰ درصد ، انشعاب شماره ۱ = ۱۰۷ درصد

نسبت : (شماره ۲ نسبت به ۱) = $\frac{۱۱۰}{۱۰۷}$ = ۱/۰۳، متعادل شده است .

شماره انشعاب	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۱	۲۸	۳۰	۱۰۷	کمترین درصد
۲	۳۰	۳۳	۱۱۰	۲ به۱ =۱/۰۳

بعد از اینکه انشعابهای بالارونده شماره ۱ متعادل شد، به بالارونده بعدی بروید و از انشعابی که کمترین درصد جریان را دارد شروع کنید. بعد از آنکه کلیه انشعابهای تمام رایزرها بطور تناسبی متعادل شد، از رایزری که کمترین درصد طراحی را دارد شروع کنید و بطور تناسبی همه رایزرها را متعادل کنید.

هدر (header) شماره ۱

شماره رایزر	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۱	۵۸	۶۳	۱۰۹	کمترین درصد
۲	۸۰	۸۹	۱۱۰	۲ به۱ =۱/۰۱
۳	۴۰	۴۸	۱۲۰	۳ به۲ =۱/۰۹
	۱۷۸	۲۰۰		

انشعابهای هدر شماره ۱ متعادل شده اند.

هدر(header) شماره ۲

شماره رایزر	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۴	۱۰۰	۱۳۸	۱۳۸	۴ به۵ =۱/۱۳
۵	۱۰۰	۱۲۲	۱۲۲	۵ به۶ =۱/۱۱
۶	۱۰۰	۱۱۰	۱۱۰	کمترین درصد
	۳۰۰	۳۷۰		

رایزر شماره ۵ را نسبت به رایزر شماره ۶ متعادل کنید.
رایزر شماره ۴ را نسبت به رایزر شماره ۵ متعادل کنید.
رایزر شماره ۵ را ببندید تا ۱۱۶ گالن نشان دهد، (۱۱۶٪ = $\frac{۱۲۲ + ۱۱۰}{۲}$) ۱۱۶ درصد انتخاب شد.
رایزر شماره ۶ را بخوانید. ۱۱۲ گالن نشان میدهد.
درصد طراحی : شماره ۵ = ۱۱۶درصد ، شماره ۶ = ۱۱۲ درصد
نسبت : (شماره ۵ نسبت به ۶) = $\frac{۱۱۶}{۱۱۲}$ = ۱/۰۴ ، متعادل شده است .

شماره رایزر	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۵	۱۰۰	۱۱۶	۱۱۶	۵ به۶ =۱/۰۴
۶	۱۰۰	۱۱۲	۱۱۲	کمترین درصد

رایزر شماره ۴ را بخوانید. ۱۳۹ گالن در دقیقه نشان میدهد.
درصد طراحی : شماره ۴ = ۱۳۹ درصد ، شماره ۵ = ۱۱۶ درصد
نسبت : (شماره ۴ نسبت به ۵) = $\frac{۱۳۹}{۱۱۶}$ = ۱/۲ ، متعادل نیست.
رایزر شماره ۴ را ببندید تا ۱۲۸ گالن نشان دهد، ($\frac{۱۳۹ + ۱۱۶}{۲}$ = ۱۲۸ درصد)، ۱۲۸ درصد انتخاب شد.
رایزر شماره ۵ را بخوانید. ۱۲۰ گالن نشان میدهد.
درصد طراحی : شماره ۴ = ۱۲۸ درصد ، شماره ۶ = ۱۲۰ درصد
نسبت : (شماره ۴ نسبت به ۵) = $\frac{۱۲۸}{۱۲۰}$ = ۱/۰۷ ، متعادل است.

شماره رایزر	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۴	۱۰۰	۱۲۸	۱۲۸	۴ به۵ =۱/۰۷
۵	۱۰۰	۱۲۰	۱۲۰	۵ به۶ =۱/۰۴

شماره رایزر	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۴	۱۰۰	۱۲۸	۱۲۸	۴ به۵ =۱/۰۷
۵	۱۰۰	۱۲۰	۱۲۰	۵ به۶ =۱/۰۴
۶	۱۰۰	۱۱۵	۱۱۵	کمترین درصد
	۳۰۰	۳۶۳		

بعد از متعادل شدن رایزرها بطور تناسبی هدر شماره ۲ را نسبت به هدر شماره ۱ متعادل کنید.

شماره هدر	مقدار جریان طراحی	مقدار جریان اندازه گیری شده	درصد طراحی	نسبت
۱	۱۷۸	۲۰۰	۱۱۲	کمترین درصد
۲	۳۰۰	۳۶۳	۱۲۱	۲ به۱ =۱/۰۸
	۴۷۸	۵۶۳		

هدرها متعادل شده اند. کل سیستم ۱۱۸ درصد طراحی است ($\frac{۵۶۳}{۴۷۸}$). قطر پروانه را بتراشید تا سیستم به حدود ده درصد طراحی برسد. بعد از نصب پروانه جدید، کل سیستم را بخوانید و تنظیم نهایی را انجام بدهید.

فصل بیست وپنجم - ارزیابی عملکرد سیستم - طراحی و آزمایش سیستمهای ویژه و هودهای آزمایشگاهی

(Verification of System Performance: Design and Testing of Special Systems and Laboratory Fume Hoods)

در این فصل انواع و اصول مقدماتی و اساس کار هود آزمایشگاهی را مورد بررسی قرار میدهیم . همچنین مزایا و معایب هودها، نحوه طراحی اجزای تشکیل دهنده سیستم های تخلیه هوای آزمایشگاهها، نحوه آزمایش و کنترل دود، حجم و سرعت هوای هودهای آزمایشگاهی و عیب یابی آنها را ، در صورت جریان هوای برعکس و سرعت نامناسب هوای ورودی، ارزیابی خواهیم کرد. منظور اصلی از طراحی و نصب هود آزمایشگاهی و تهویه مطبوع آزمایشگاه ، برقرار کردن شرایط ایمن برای کارکنان، پرسنل بهره برداری و نگهداری و بازدید کنندگان و سایر اشخاصی است که به نحوی با آزمایشگاه سر و کار دارند و به آن رفت و آمد میکنند.

هودهای آزمایشگاهی (Laboratory Fume Hoods)

هود آزمایشگاهی (شکل ۱-۲۵) جعبه تهویه شونده ای است که محل آزمایشهای گوناگون میباشد که با تخلیه هوا میتواند دودها، بخارها و سایر ذرات معلق حاصل از آزمایش را خارج کند. هودها از مصالح مختلف مانند ترانزیت (Transite) ، مخلوطی از سیمان و آزبست)، فولاد با رویه اپوکسی، فولاد زنگ ناپذیر، فایبرگلاس، رزینهای اپوکسی، پلی پروپلین یا پی وی سی ساخته میشوند.

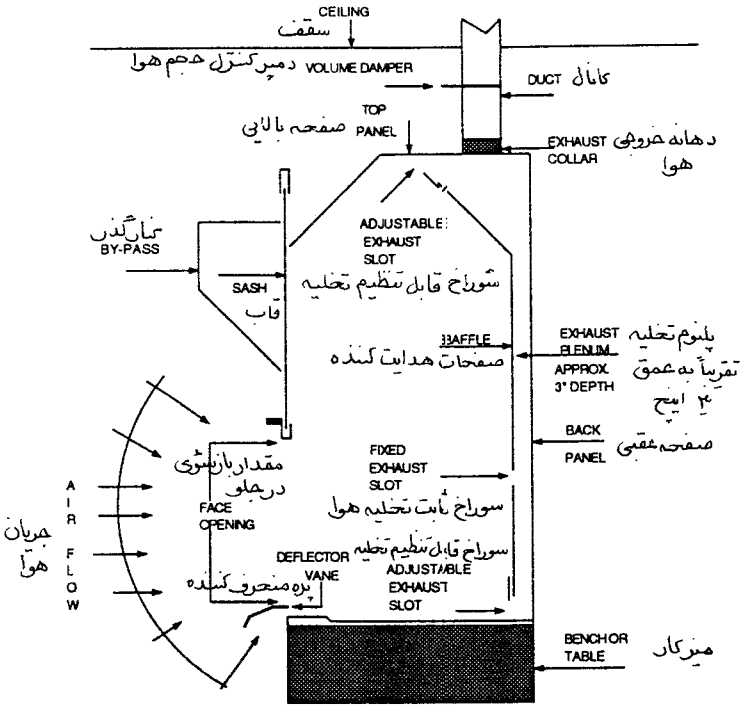
هود آزمایشگاهی معمولاً روی میز یا کانتر قرار میگیرد و دارای دو دیواره (Panel) کناری، جلویی، عقبی و بالایی است. همچنین دارای پلنوم تخلیه هوا مجهز به صفحات هدایت کننده (Baffles) و دهانه خروجی هوا میباشد. به جلوی هود (جایی که شخص می ایستد و با هود کار میکند) رویه جلویی (Face) گفته میشود که به یک قاب متحرک شفاف مجهز است. این قاب معمولاً با حرکت قائم بالا و پایین میشود ولی ممکن است با تعبیه در کشویی در قاب قائم ترکیبی از حرکت افقی و قائم داشته باشد. به هر صورت برای جابجایی ابزار و استقرار آنها در داخل هود معمولاً قاب قائم در بالاترین نقطه حرکت خود قرار داده میشود. در غیر این مواقع و هنگامی که شخص با هود کار

نمیکند قاب باید بسته باشد. در هر صورت در زمان کار، قاب باید فقط به اندازه ای باز باشد که نیاز کار در زیر هود است. با قابهای ترکیبی ، قاب قائم در حالت بسته و درهای کشویی به اندازه نیاز باز میمانند.

هودها در قسمت عقب صفحات قائم هدایت کننده دارند که با آنها الگوی (pattern) حرکت هوا و نحوه تخلیه آن کنترل میشود. این صفحات معمولاً قابل تنظیم هستند که اگر دود حاصل از آزمایش سبکتر از هوا باشد به سمت بالا و در حالت عکس به سمت پایین تنظیم شوند. این صفحات طوری تعبیه میشوند که به هر صورت مقدار جریان هوا در داخل هود بیش از ۲۰ درصد نباشد.

صفحه بالایی هود یک دهانه خروجی هوا دارد که به کانال تخلیه متصل میشود. کانال تخلیه ممکن است دمپر دستی یا خودکار برای کنترل مقدار جریان هوای هود داشته باشد. مقدار کل حجم هوا را همچنین میتوان با تغییر سرعت مکنده هوا یا دمپر حجمی آن کنترل نمود.

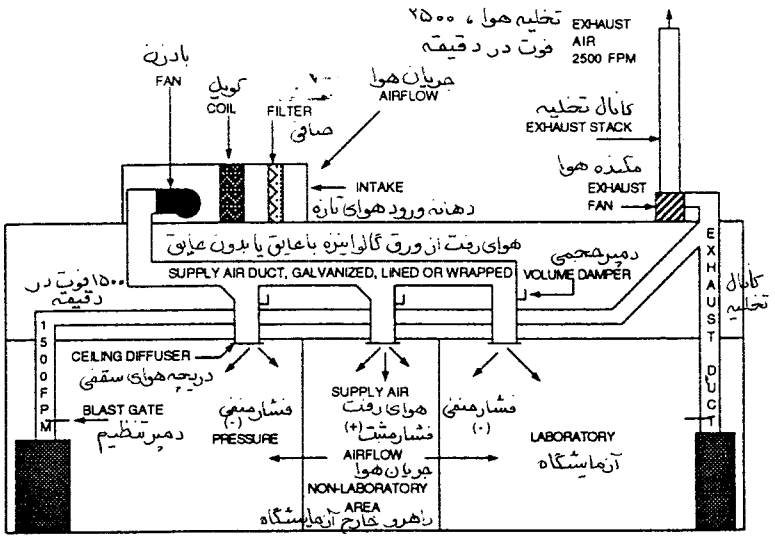
اکثر هودها در نقطه ورود هوا مجهز به یک پره منحرف کننده (deflector vane) ایرودینامیکی هوا (airfoil) میباشند. طراحی و نحوه نصب این پره ها به نحوی است که هوا را آرام وارد سطح کار میکند و از سوراخ پایینی به سمت تیغه (baffle) هدایت میکند. پره که حدود ۶ اینچ عمق دارد در عین حال شخص را به همین اندازه از هود دور نگه میدارد. اگر پره نصب شود، یک بازشو با دهانه ثابت بین سطح کار و پره بوجود خواهد آمد. بنابراین اگر قاب بطور کامل هم بسته باشد و مکنده هوا کار کند، همواره مقداری هوا به داخل هود کشیده میشود.



شکل ۱-۲۵

اصول کار هودها

به منظور کنترل دما و رطوبت و تصفیه هوای آزمایشگاه ، دستگاه هوارسان (شکل ۲-۲۵) نصب میشود. مقدار هوای تازه به اندازه ای است که تعویض هوا (ventilation) و فشار کافی برای فضای آزمایشگاه تامین شود. سیستم توزیع هوا ممکن است با حجم ثابت (CAV) یا حجم متغیر (VAV) باشد. سیستم تخلیه هوا نیز میتواند با حجم ثابت، حجم متغیر یا ترکیبی از این دو باشد. هنگامی که مکنده هود روشن میشود، هوای ورودی از دستگاه هوارسان جریان کافی به داخل هود میفرستد تا تخلیه هوای آلوده داخل هود ممکن شود. هوای آلوده داخل هود به فضای بیرون تخلیه میشود تا با هوای محیط مخلوط شده و رقیق گردد. برای کنترل دما و فشار آزمایشگاه، هوای رفت باید تماماً جایگزین هوای تخلیه شده، شود. هودهای آزمایشگاهی دو رده اساسی دارند: یکی هود معمولی و دیگری هود کنارگذر.



شکل ۲-۲۵

هودهای معمولی با حجم ثابت (CAV)

جریان هوا در داخل هود آزمایشگاهی معمولی در سیستمهای با تخلیه هوای ثابت، متغیر است و در واقع هم مقدار کل هوا و هم سرعت عبوری آن تغییر میکند. زیرا این هودها دارای قاب (sash) متحرک قائم یا ترکیبی از قائم و افقی هستند. وقتی قاب در حالت کاملاً باز قرار دارد، سطح آزاد ورود هوا به هود تقریباً ۱۰ الی ۱۳ فوت مربع است.

بنابراین یک هود آزمایشگاهی رده B که دارای سرعت میانگین عبوری (face velocity) حدود ۱۰۰ فوت در دقیقه است، در این وضعیت ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ فوت مکعب در دقیقه هوا تخلیه میکند. رابطه این محاسبات Q= VA است که در آن مقدار هوا، V سرعت هوا و A سطح عبور هوا است. طرز کار این هودها به این ترتیب است که هر چه قاب به سمت پایین حرکت داده میشود سطح آزاد عبور هوا کاسته میشود و سرعت ازدیاد می یابد تا مقدار هوا ثابت بماند. ولی در یک نقطه از حرکت قاب مقدار هوا نیز با وجود افزایش سرعت کاهش می یابد، زیرا بستن قاب در این هودها الگوی حرکتی هوا را عوض میکند و باعث گردابی شدن حرکت آن در سرعت زیاد میشود. این حرکت گردابی ممکن است بخار آلوده حاصل از آزمایش را به سمت فضای آزمایشگاه پس بفرستد.

هودهای کنارگذر با حجم ثابت هوا

جریان هوا در هودهای نوع کنارگذر در سیستمهای با حجم ثابت، هم از نظر مقدار کل هوا و هم از نظر سرعت عبوری آن بدون تغییر میماند. هود استاندارد کنارگذر یک قاب متحرک قائم یا ترکیب قائم افقی دارد. ساخت این هودها همانند هود معمولی است که قبلاً توضیح داده شد، و فقط یک کنارگذر (bypass) به آن اضافه میشود تا حجم هوا، در زمانیکه قاب در حالت بسته قرار دارد، ثابت بماند. طرز کار این هود بدین ترتیب است که وقتی قاب به سمت پایین حرکت میکند، حجم هوا در محل عبوری (face area) کاهش می یابد. ولی همانطور که قاب بسته میشود، دریچه کنارگذر باز میگردد و هوای بیشتر به هود وارد میشود و باعث میشود که مقدار هوای گذرنده از هود ثابت بماند. همانطور سرعت عبوری نیز ثابت میماند و این مزیت بزرگی نسبت به هودهای معمولی میباشد.

هودهای معمولی با حجم متغیر هوا (VAV)

مقدار جریان هوا در هودهای معمولی از نوع تخلیه هوا با حجم متغیر تغییر میکند ولی سرعت عبوری هوا در دهانه ورودی ثابت میماند. این هود نیز قاب متحرک قائم یا ترکیب قائم - افقی دارد. این هودها مجهز به کنترل مخصوص هستند که مقدار هوای تخلیه را متغیر میکند ولی سرعت عبوری هود ثابت میماند. طرز کار این هود بدین ترتیب است که وقتی قاب به سمت پایین حرکت میکند سطح آزاد عبور هوا کاهش می یابد و در نتیجه سرعت عبوری هوا در ورودی برای ثابت ماندن حجم هوا ازدیاد می یابد. ولی برخلاف هودهای آزمایشگاهی معمولی با حجم ثابت هوا، سیستم کنترل این هودها ازدیاد سرعت را حس کرده و فرمانی به بادزن یا دمپر آنها میفرستد که حجم هوا را طوری تغییر دهد که سرعت عبوری ثابت بماند، به همین ترتیب وقتی قاب بالا میرود، سرعت کاهش می یابد و کنترلر فرمانی

برای ازدیاد مقدار هوا میفرستد تا سرعت ورودی ثابت بماند. مزیت سیستم با حجم متغیر این است که وقتی قاب بسته میشود مقدار هوای تهویه مطبوع که تخلیه میشود کاهش می یابد. این امر باعث صرفه جویی در مصرف انرژی است و در عین حال سرعت ورودی هم ثابت باقیمانده است.

ارزیابی عملکرد سیستم : آزمایش هودهای آزمایشگاهی

مدارک زیر، شامل پلانهای مکانیکی، مشخصات و کاتالوگ آنها را مطالعه کنید تا با طراحی سیستم و اهداف آن آشنا شوید:

- نقشه های مهندسی
- نقشه های کارگاهی
- نقشه های اجراء شده
- شماتیکها
- گزارشهای قبلی متعادل سازی توزیع هوا و مشخصات هود
- کاتالوگ دستگاهها

- ظرفیت و مشخصات بادزنها
- منحنی عملکرد بادزن
- توصیه های نحوه آزمایش هود و بادزن
- دستورالعملهای بهره برداری و نگهداری

مطمئن شوید که شماره تمام هودها و بادزنها روی نقشه ها، گزارشها و دستگاهها یکی باشد. وقتی مدارک را دوره میکنید، روی هر دستگاهی که احتمال میدهید نیاز به توجه خاص دارد علامت بزنید.

برحسب مورد، برگهای آزمایش زیر را برای هوای رفت و تخلیه آماده کنید:

- برگ آزمایش و اطلاعات موتور
- برگ آزمایش و آمار محرک
- برگ آزمایش و آمار هوارسان
- برگ آزمایش و آمار هودها (شکل ۳-۲۵)

شکل ۳-۲۵ برگ آزمایش و اطلاعات هود آزمایشگاهی

پروژه: _____ قرارداد: _____

	طراحی	واقعی
نوع هود		
سرعت میانگین، فوت در دقیقه		
اندازه بازشو		
مقطع عرضی کانال تخلیه،فوت مکعب در دقیقه		
مقطع عرضی کانال هوای کمکی		
هوای کمکی ____ درصد هوای تخلیه است		

	بله	نه
سیستم HVAC متعادل شده		
تمام سیستمهادر حال کار نرمال هستند		
کوران در حد پذیرفتنی است		
قاب هود باز است		
طرز کار قاب هود قابل قبول است		
طرز کار تیغه منحرف کننده راضی کننده است		
وضعیت تیغه منحرف کننده مناسب است		
پایین ترین سرعت عبوری خوانده شده	******	******
حرکت دود به داخل هود پذیرفتنی است		
جریان دود از روی سطح کار پذیرفتنی است		

اندازه گیری سرعت عبوری هود

	A	B	C	D	E	F	G	H
۱								
۲								
۳								
۴								
۵								
۶								
۷								

طبق مقررات محلی و ملی، عملکرد هودهای آزمایشگاهی باید هر چند وقت یک بار بطور دوره ای آزمایش شود. این آزمایشها برای حجم هوا، سرعت عبوری و جریان معکوس صورت میگیرد. آزمایش عملکرد، راندمان هود را مشخص میکند. نحوه انجام آزمایش که در زیر توضیح داده میشود برای هود رومیزی (bench type) است که در یک آزمایشگاه با هوارسانی تهویه مطبوع میشود. اگر از نوع دیگری استفاده شود، بعضی از مراحل آزمایش گفته شده باید اصلاح گردد. آزمایش عملکرد یک آزمایش مهندسی نیست که بتواند اشکالات هود و طریقه رفع آن را بدست دهد ولی این روش آزمایش بعنوان وسیله ای برای انجام چنین آزمایشی کاربرد دارد. بطور کلی درجه آلودگی (toxicity level) بخارهای حاصل از آزمایش زیر هود، مشخص کننده سرعت عبوری و مقدار هوای تخلیه می باشد. در شرایط زمانی و هنگامی که درجه سمی بودن مواد بکار رفته کم باشد، سرعت عبوری پایین کافی است. هر چه درجه سمی بودن مواد بالا میرود، سرعت عبوری نیز باید افزایش داده شود. سرعتهای توصیه شده برای مواد سمی از ۸۰ الی ۱۵۰ فوت در دقیقه متغیر است ولی حدود ۱۰۰ فوت در دقیقه برای بسیاری از کاربردها کافی خواهد بود. استفاده کننده هود، بهداشت کار آزمایشگاه یا مهندس طراح باید درجه کار هود را معین کند. آزمایش باید متناسب با درجه سمی بودن مواد بکار رفته باشد و با استانداردهای ایمنی رایج سازمان مربوط هماهنگ گردد.

در موقع آزمایش، سیستم تهویه مطبوع ساختمان باید در حال کار باشد و شرایط روزانه عادی در آزمایشگاه برقرار باشد. کورانهای هوا در اطراف هود باید حذف یا به حداقل رسانده شود. سرعت جریانهای هوای اطراف هود نباید از ۲۰ درصد سرعت مجاز عبوری از دهانه ورودی هود بیشتر باشد. آزمایش را در شرایطی که هود در حال کار عادی خود میباشد انجام دهید و فقط فضای کافی برای استقرار ابزار آزمایش در اطراف آن مهیا سازید. بطور شماتیک، استقرار تجهیزات مهم آزمایشگاه (از جمله هودها) و نحوه کانال کشی هوای رفت، برگشت و تخلیه آن را رسم کنید. ابزار دقیق زیر از جمله وسایل ضروری انجام آزمایش مقدار هوا و آزمایش دود میباشند:

جریان هوا	دود
لوله پیتوت (pitot tube)	شمعهای دودزا برای ۰/۵ دقیقه
محل اندازه گیری فشار استاتیک	تیوبهای دود (smoke tube)
مانومتر	یخ خشک (Chloride
میکرومانومتر	تتراکلرایدتیتانیوم (Titanium Tetrachloride)
سرعت سنج	پنبه
	نوارهای پوشش کانال هوا

نحوه آزمایش مقدار حجم هوا و سرعت عبوری هود

- کار قاب را آزمایش کنید. بدین ترتیب که با یک دست انتهای سمت راست قاب را بگیرید و آن را بالا و پایین ببرید. همین کار را با انتهای سمت چپ انجام دهید. قاب باید به راحتی بالا و پایین برود و در هر نقطه ای بدون گیر کردن بایستد. اگر هود قاب قائم دارد آن را در حالت کاملاً باز یا در وضعیت کار عادی قرار دهید. اگر هود قاب ترکیبی دارد، قاب قائم را کاملاً ببندید و درهای کشویی قاب افقی را کاملاً باز یا در وضعیت کار عادی قرار دهید.
- کانال تخلیه هوا را مقطع عرضی (Traverse) کنید و بوسیله مانومتر یا سرعت سنج مقدار کل هوای هود را اندازه بگیرید. مقدار کل هوا را با ضرب کردن سطح مقطع کانال در میانگین سرعت بدست آورید (Q=VA) و فشار استاتیک را در دهانه خروجی هوا از هود اندازه بگیرید و آن را با افت فشار طراحی هود مقایسه کنید. مقادیر اندازه گیری شده را یادداشت کنید. سوراخهایی که برای آزمایش استفاده شده اند باید همانطور که دستور داده شده (بوسیله طراح یا سازنده) هوابند شوند.
- سطح عبوری (face area) هود را به مربع یا مستطیلهای مساوی تقسیم کنید. مرکز هر مربع را مشخص کنید فاصله بین دو مرکز نباید بیش از ۶ اینچ باشد. طرح شماتیک تقسیم بندی را رسم کنید و مراکز آن را علامت بزنید.
- با استفاده از سرعت سنج سرعت هوا را در مرکز هر یک از تقسیمات اندازه بگیرید و یادداشت کنید. اگر سرعت در هر یک از نقاط گفته شده از ۸۰ درصد سرعت میانگین کمتر باشند، آزمایش هود مردود اعلام میشود.
- سرعت میانگین را به فوت در دقیقه محاسبه کنید و آن را با سرعت داده شده در طراحی مقایسه کنید.
- حجم هوای تخلیه شده را با استفاده از سرعت میانگین اندازه گیری شده ضرب در سطح مقطع بازشوی هود بدست آورید (Q=VA)، و آن را با مقدار هوای اندازه گیری شده کانال تخلیه مقایسه کنید.
- برگ گواهی نامه نتیجه آزمایش را روی هود بچسبانید.

مراحل آزمایش دود

- بوسیله فتیله پنبه ای، تیوب یا شمع تتراکلرایدتیتانیوم دود کافی روی نوارهای مخصوص ایجاد کرده و آن را در تمام نقاط عرضی سطوح بازشوی هود عبور دهید و مطمئن شوید که هوا با سرعت کافی به درون هود کشیده میشود. نوار دود را در محلهای زیر نگهدارید:
  - در طول تیغه پشت هود و صفحات منحرف کننده
  - در اطراف وسایل داخل هود
- ببینید که دود به طرف عقب هود کشیده شده و تخلیه میگردد. اگر دود قابل رویت از قسمت جلو به خارج سرایت نماید هود در آزمایش مردود است. جریان معکوس یا نقاط ساکن هوا در داخل هود مجاز نیست.
- زمانیکه قاب جلو هود باز است، شمع دود را در داخل آن روشن بکنید و ظرفیت تخلیه هود را آزمایش کنید. تمام دود باید خیلی سریع به پشت هود هدایت و تخلیه شود. شمع را روی سطح کار بگذارید و قاب را ببندید. در این حالت هود باید به اندازه کافی هوا داشته باشد که دود را رقیق و تخلیه نماید. همانطور که گفته شد جریان معکوس هوا و نقاط ساکن هوا در داخل هود مجاز نیست و اگر دیده شود، آزمایش هود مردود اعلام میشود.
- یک ظرف آب داغ در داخل هود بگذارید و مقداری یخ خشک در آن بریزید تا بخار سفید زیادی تولید شود. تمام بخار باید سریع به سمت عقب هود رفته و تخلیه شود. اگر دود قابل رویت از جلو هود خارج شود، آزمایش آن مردود اعلام میشود. جریان معکوس و نقاط ساکن هوا مجاز نیست.

طراحی هودهای آزمایشگاهی و سیستم تخلیه هوا

اصول طراحی هود، طراح را ملزم میسازد که محلهای دهانه ورودی هوای تازه نزدیک تخلیه هوای آلوده به گازهای زیان آور، از آزمایشگاه یا هودهای آن نباشد. هوای تخلیه شده از هودهای آزمایشگاهی باید از طریق کانالهای تخلیه به خارج از ساختمان هدایت شود. فشار هوای آزمایشگاهی که در آن مواد خطرناک وجود دارد نسبت به فضاهای مجاور غیرآزمایشگاهی باید منفی باشد. محل دریچه های هوای رفت باید طوری انتخاب شود که روی عملکرد هود اثر

نگذارد. سرعت عبوری هوا از سطح آزاد هود باید به مقداری باشد که گازهای زیان آور نتوانند از هود خارج شوند. تمام هودها باید مجهز به ابزار چشمی و شنوایی باشند که در زمان تغییر الگوی حرکت هوا اخطار لازم را به مصرف کننده بدهد. سرعت قابل قبول در ورود به هود به شرح زیر است :

کلاس هود	حـــد مجـــاز آلـودگـی (Thershold Limit Value)	سرعت
A	کمتر از ۱۰ پی پی ام	۱۲۵ الی ۱۵۰ فوت در دقیقه
B	۱۰ تا ۵۰۰ پی پی ام	۱۰۰ فوت در دقیقه
C	بیش از ۵۰۰ پی پی ام	۸۰ فوت در دقیقه

اخطار : ازدیاد سرعت لزوماً موجب ایمنی بیشتر نمیشود. در واقع ازدیاد سرعت باعث زیاد شدن جریانهای سرگردان (Eddy Current) میشود که خود موجب برگشت هوای آلوده به سمت مصرف کننده میشود. سرعت بیشتر هوا به معنی حجم هوای بیشتر و مصرف انرژی بیشتر است.

رده بندی سیستم تخلیه هوای هودها براساس نحوه استقرار بادزن، پلنومها، کانالهای اصلی و فرعی و نحوه کار و کنترل آن دارد. رده بندی کلی آن عبارت است از: سیستم تخلیه مستقل، سیستم تخلیه مرکزی، سیستم ترکیبی، سیستمهای با حجم ثابت و حجم متغیر هوا.

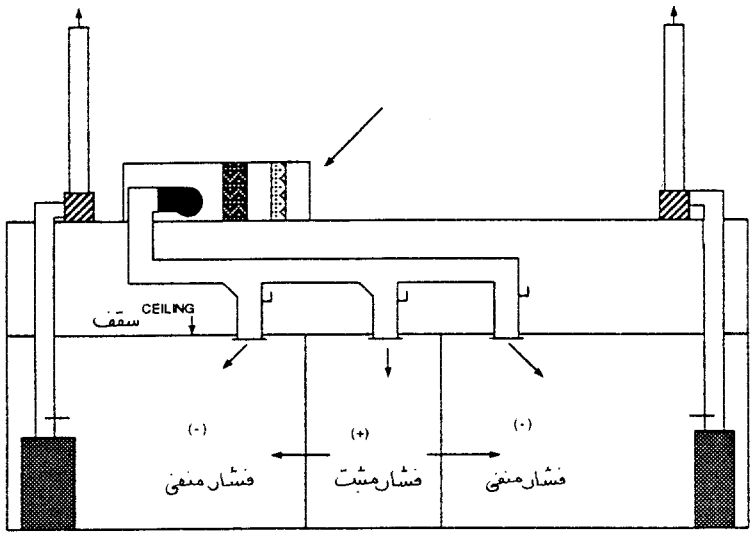
سیستم تخلیه مستقل هود آزمایشگاهی (شکل ۴-۲۵)

در این سیستم، کانال تخلیه هوا و مکنده هوا برای هر دستگاه هود جدا و مستقل است. مدت زیادی است که از این نوع سیستم تخلیه هود استفاده میشود ولی فقط در ساختمانهای یک طبقه و زمانیکه تعداد هود کم باشد کاربرد دارد. ترتیب کار این سیستم بطور کلی بدین صورت است که مکنده هوا دایم روشن است و با بادزن هوای رفت بطور الکتریکی اینترلاک است که اگر مکنده هوا خاموش شود بادزن هوای رفت نیز از مدار خارج میشود.

اگر در این سیستم از بادزن با حجم هوای ثابت استفاده شود، سیستم بسیار پایدار و به راحتی قابل کنترل است و بخوبی متعادل میشود زیرا هر کدام از هودها با روشن و خاموش کردن مکنده مخصوص خود بهره برداری میشود و بر کار هودهای دیگر اثر نمیگذارد. از آنجا که کانال تخلیه هودها مجزا است، هوای تخلیه شده آنها مخلوط نمیشود و چنانچه هود نیاز به تعمیر و سرویس داشته باشد میتواند بصورت محلی خاموش شود. تخلیه مستقل هود در سیستمهایی

که نیاز به فیلتر یا کانال مخصوص داشته باشد و یا اینکه بخار حاصل از آزمایش بسیار خورنده باشد کاربرد دارد، مانند کارهایی که با اسید پرکلریک و ایزوتوپها سرو کار دارد .

سیستم تخلیه مستقل در واحدهای کوچک با تعداد کمی مکنده هوا،نسبتاً ارزان اجرا میشود، اما اگر این سیستم بزرگ باشد برای اجرای تعداد زیادی مکنده هوا، کانال هوا، دهانه های خروجی متعدد روی بام و سیم کشی نیاز به سرمایه گذاری زیادی برای هزینه اولیه و هزینه بهره برداری خواهد بود. همچنین ساخت پیش ورودی (air lock) (یک اتاق پیش ورودی با درهای هوابند بین فضای کنترل شده و کنترل نشده) برای اجتناب از جریان معکوس نیز ممکن است نیاز باشد. زیرا با خاموش شدن یک هود ممکن است هوا از طریق راهرو به طرف هودهایی که در حال کار هستند کشیده شود و در نتیجه ممکن است هوای آغشته به گازهای زیان آور به فضاهای مجاور آزمایشگاه و راهروها منتقل گردد.



شکل ۴-۲۵

سیستمهای تخلیه هوای مرکزی

در ساختمانهایی که تعداد زیادی هود نصب شده باشد ازسیستم تخلیه هوای مرکزی استفاده میشود (شکل ۲-۲۵). سیستمهای مرکزی دارای دو مکنده هوا، یکی عادی و دیگری ذخیره، پلنوم مشترک مکش و انشعابهای تخلیه هوا از هودهای مختلف میباشد. اگر فضاهای مشابه، از نظر نوع مکنده، آتش سوزی و نزدیکی به هم، فشارهای

نسبی و آلودگی، گروه بندی و منطقه بندی شوند، سیستم تخلیه مرکزی هوا اقتصادی تر خواهد بود.

سیستم مرکزی تخلیه در مقایسه با سیستم هم ظرفیت ولی جداگانه دارای هزینه اولیه و بهره برداری کمتری است. همچنین هوا قبل از خارج شدن از فضا و ورود به آتمسفر رقیق تر خواهد بود. بعلاوه، سیستم مرکزی میتواند یک مکنده اضطراری برای ایمنی داشته باشد و بطور کلی برای توسعه های آینده قابل انعطاف تر است.

عیب بزرگ این سیستم آن است که به سختی متعادل (Balance) میشود و بعد از آن نیز متناوباً نیاز به متعادل کردن مجدد دارد تا جهت جریان هوا معکوس نشود. اگر هودهای آزمایشگاهی، کابینتهای ایمنی و هودهای با فیلتر مخصوص با یک کانال و یک مکنده تخلیه شوند متعادل کردن این سیستم مشکلتر میشود. افت فشار متفاوت هر کدام از دستگاههای یاد شده موجب مشکلات متعادل سازی این سیستم است.

سیستمهای تخلیه با حجم هوای متغیر (VAV)

مزیت اصلی این سیستم بر سیستم با حجم هوای ثابت، صرفه جویی انرژی با ثابت نگهداشتن سرعت عبوری (Face Velocity) است. یک سنسور تغییر سرعت هوا موقعیت قاب جلو را حس کرده و فرمانی به ابزار کنترل حجم هوا میفرستد. کنترل کننده حجم هوا که میتواند یک وسیله تغییر فرکانس موتور بادزن یا یک شیر هوا در کانال تخلیه باشد، حجم هوا را طوری تغییر میدهد که سرعت در حد مورد نظر ثابت بماند. در سیستمهای بزرگ، کنترل کننده فشار استاتیک نیز به منظور کنترل حجم و فشار هوا در داخل کانال نصب میشود. زمانیکه هوای تخلیه هود نسبت به مقدار طراحی کاهش می یابد، برای کنترل حجم هوا در آزمایشگاه یک سیستم تخلیه خودکار هوا (relief) مورد نیاز میباشد. متعادل سازی هوای آزمایشگاه، برقراری الگوی توزیع هوا، کنترل دما و رطوبت، بدون حجم هوای مناسب مقدور نیست. سیستم رهاسازی (relief) آزمایشگاه شامل دریچه ها، کانال کشی، دمپرها و غیره است و زمانیکه حجم تخلیه هوای هود کاهش می یابد مازاد هوای رفت را آزاد میکند.

سیستمهای با حجم متغیر بسیار قابل انعطاف اند و به راحتی دستگاههای مختلف، از قبیل هود آزمایشگاهی، کابینتهای ایمنی (safety cabinets) و غیره را تخلیه میکند. چون جریان هوا و فشار آن در این نوع سیستم دایم در حال تغییر است، بنا براین افت فشارهای مختلف تجهیزات یاد شده در این نوع سیستمها مشکل ساز نمیباشد (در مقایسه با سیستم حجم ثابت هوا). یک عیب این سیستم پیچیدگی زیاد آن است و متعادل سازی سیستم توزیع و تخلیه هوا را با مشکل مواجه میسازد.

کانالهای افقی و قایم تخلیه هوا

قبل از طراحی و ارائه مشخصات کانال تخلیه هوا باید از ترکیب و محتوای هوای آغشته به گازهایی که میخواهد تخلیه شود اطلاعات کافی در دست باشد. همچنین از بالاترین دمای خشک و نقطه شبنم احتمالی آن نیز باید اطلاع داشت. اطلاع از دمای محیطی که کانال در آن قرار میگیرد بسیار مهم است زیرا بر کندانس شدن بخارهای داخل کانال اثر میگذارد. کندانسیت با مواد شیمیایی یا بدون آن، میتواند عامل خورندگی ورق فلزی کانال باشد. مشخص کنید که مکنده هوا بطور دایم یا منقطع کار میکند. کار منقطع بادزن باعث به هم خوردن تعادل جریان هوا در آزمایشگاه میگردد و مدت خیس بودن کانال نیز افزایش می یابد. اگر بادزن مقطعی کار میکند، یک تاخیر زمانی یکساعتی پیش از خاموش شدن بادزن برای خشک شدن کانالهایی که در معرض خیس شدن هستند در نظر بگیرید. طول و نحوه استقرار کانالهای تخلیه را مشخص کنید. هر چه کانال بلندتر باشد بدین معنی است که کانال با مواد خورنده و کندانس بیشتری در تماس است . اگر حدس میزنید که کندانسیت تشکیل خواهد شد، به کانال شیب بدهید و تخلیه آن را تامین کنید. از آنجا که تخلیه کندانسیت میتواند محل جمع شدن مواد خطرناک باشد، علایم هشدار دهنده نصب کنید.

ورق کانالهای تخلیه افقی و قایم (stack) باید مقاومت کافی داشته باشند. اگر مواد خورنده هستند یا کانال در محل و دور از چشم اجرا میشود، از کانالهای انعطاف پذیر استفاده نکنید. کانالها را در دهانه ورودی و خروجی مکنده هوا، هوابندی کنید. تمام سوراخها و محلهای دسترسی کانال که برای آزمایش، تمیز کردن دمپرها و غیره تعبیه شده باید کاملاً طبق مقررات و مشخصات هوابند شوند. کانال تخلیه هر دستگاه هود باید بطور مجزا و مستقل به بیرون از آزمایشگاه یا به شافتهای قایم ساختمانی یا مکانیکی منتقل شده و از آنجا به کانالهای مشترک تخلیه بپیوندد. کانال تخلیه هودهای یک فضای آزمایشگاهی میتواند در همان آزمایشگاه به هم متصل شود. سرعت هوا در کانال تخلیه هود باید بین ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ فوت در دقیقه باشد.

دهانه خروجی کانال قایم تخلیه هوا باید در بالاترین نقطه بام ساختمان قرار گیرد. اگر بخاطر معماری ساختمان ناچارید دور کانال قایم حصار اجرا کنید، کانال قایم باید بالاتر از حصار امتداد یابد تا از آلوده کردن دستگاهها و ابزار داخل حصار ممانعت شود. کانال قایم باید بالاتر از هرگونه مانعی که در اطراف آن است امتداد یابد. طول موثر کانال قایم (stack) همان طولی است که بالاتر از موانع اطراف آن و به علت باد بالا دست و پایین دست ادامه مییابد. ارتفاع لازم کانال قایم را با مقررات محلی و ملی بازبینی کنید.

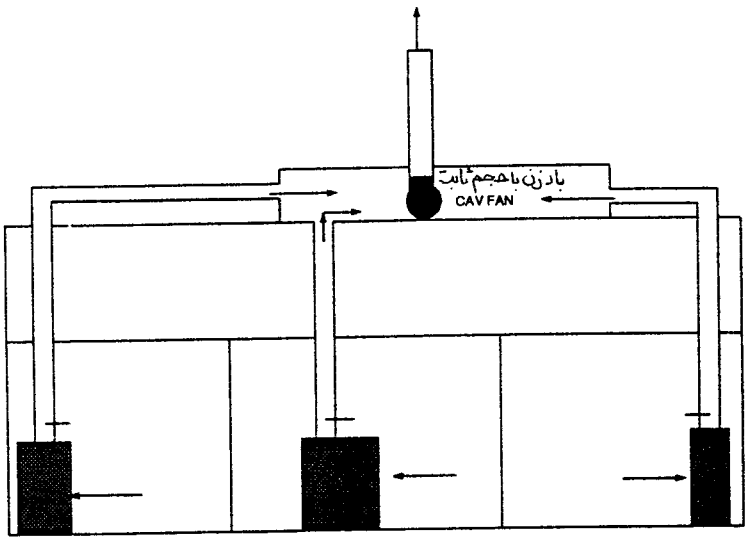
هر گاه از دود برای تنظیم ارتفاع کانال قایم استفاده می کنید، ارتفاع را آنقدر تغییر دهید تا لبه پایینی مخروط دود (plume) با مناطق گردابی و برگشتی تماس پیدا نکند. بیشترین احتمال برگشت دود در مناطق یاد شده آنجایی است که باد به دیواره بادگیر (upwind) ساختمان عمود باشد. الگوی حرکتی دود را در پشت بام و اطراف دهانه های ورودی

هوا، توریهای معماری، نورگیرها و حیاط خلوتها و دیواره پشت به باد نگاه کنید. سرعت انتهایی کانال قایم باید حدود ۲۵۰۰ فوت در دقیقه باشد. اگر دستیابی به این سرعت میسر نیست، ارتفاع کانال را افزایش دهید. اگر مجبورید از کانال کوتاه استفاده کنید، به سرعتهای در حدود ۸۰۰۰ فوت در دقیقه برای خارج کردن مخروط دود (plume) از مناطق قابل برگشت نیاز دارید. گر چه بالا بردن سرعت خروجی برای جلوگیری از برگشت دود به ساختمان موثر است ولی نسبت به زیاد کردن ارتفاع کانال از نظر مصرف انرژی پر هزینه تر است.

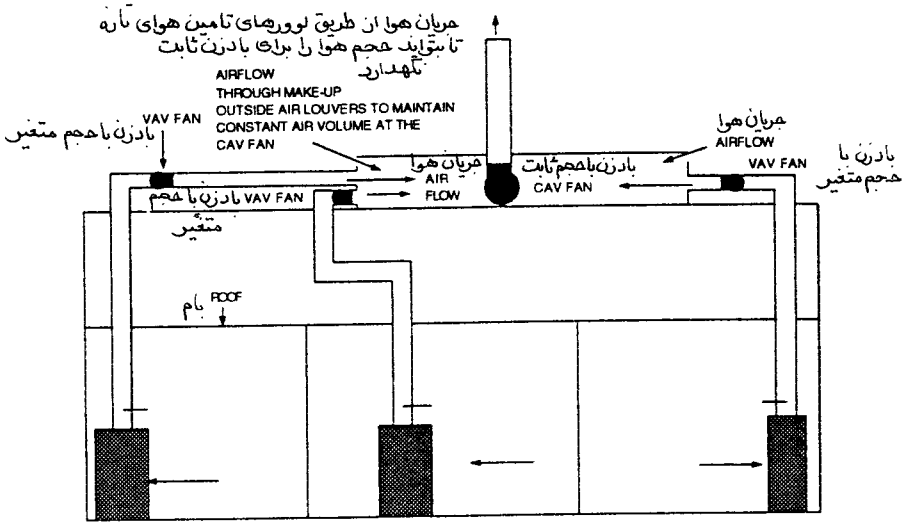
سرعت کانال قایم که حدود ۲۵۰۰ فوت در دقیقه پیشنهاد شد برای جلوگیری از کندانس شدن رطوبت داخل کانال و وارد شدن قطرات باران به آن لازم میباشد. برای سیستمهایی که مکنده آن مقطعی کار میکند، کانال قائم نیاز به تخلیه دارد. حتی با وجود پیش بینی تخلیه، سرعت ۲۵۰۰ فوت در دقیقه برای بالا بردن مخروط دود (plume) و رقیق شدن هوای خروجی لازم است. اما اگر کندانسیت خورند« است سرعت باید ۱۰۰۰ فوت در دقیقه باشد که در این صورت ضمن تعبیه یک تخلیه (drain)، برای کندانسیت سرعت خروجی را با تنگ کردن کانال در انتهای بالایی آن به ۲۵۰۰ فوت در دقیقه برسانید.

روی دهانه خروجی کانال قایم، کلاهک باران نگذارید زیرا این کاهک باعث بازگشت دوباره دود بطرف ساختمان میشوند. کلاهک باران افت فشار نسبتاً زیادی دارد و در ضمن حفاظ ضعیف تری نسبت به یک کانال درست طراحی شده در مقابل باران تلقی میشود. خروج دود را به جهتی هدایت کنید که از دهانه های ورودی هوا به ساختمان دور شود. هوای آلوده را در بالای ساختمان و نه در دیوارهای جانبی رها کنید. قبل از خروج هوا، مواد زیان آور آن باید بوسیله فیلتر یا اسکرابرها (scrubbers) طبق مقررات کاهش یابد.

برای رقیق کردن هوای خروجی، از سیستم مرکزی تخلیه استفاده بکنید و کانالهای افقی را به یک کانال قایم مشترک متصل کنید. (شکل ۵-۲۵). همچنین میتوانید از سیستم مرکزی با بهره گیری از سیستمهای جانبی با حجم متغیر استفاده کنید (شکل ۶-۲۵). جمع کردن کانالها به یک کانال قایم، حجم هوا را زیاد کرده و سرعت رانشی مخروط خروجی دود را به طرف بالا افزایش میدهد. اگر کانالها نمیتوانند یه یک کانال قایم متصل شوند، این کار را با روش خوشه ای (cluster) در بالای بام انجام دهید. خوشه ای کردن کانالها مخروط خروجی را بالاتر خواهد برد. ولی کانالهایی که در یک ردیف قرار داشته باشند، خوشه ای عمل نمیکند. به هر صورت جمع کردن کانالها به یک کانال قایم یا یک کانال خوشه ای موجب میشود که دهانه های ورودی هوا تا آنجاییکه امکان داشته باشد از محل خروج دود فاصله گیرند.



شکل ۵-۲۵ ترکیب کانالهای قایم



شکل ۶-۲۵ ترکیب هودهای با حجم متغیر با سیستم خروج هوا با حجم ثابت

الگوی حرکت هوا در خارج و داخل ساختمان

وقتی باد در اطراف ساختمان میوزد، در پشت بام بسمت بالا شتاب میگیرد و سپس به سمت پایین و دیواره بادپناه (Lee Side) ساختمان حرکت آرام پیدا میکند. اثر مفید باد برای دور کردن هوای خروجی از پشت بام به عوامل

متعددی مانند ارتفاع کانال تخلیه هوا، محل نصب آن، سرعت خروجی دود و تراکم گازهای موجود در هوا و سرعت رانشی دودهای خروجی دارد. این اثر مفید همچنین بستگی به گردابی شدن حرکت هوا بوسیله خود ساختمان و آتمسفر اطراف آن دارد. بطور کلی منطقه ای در بالای ساختمان که جریان هوا در آن در معرض چرخش و برگشت قرار دارد حدود ۱/۵ برابر ارتفاع ساختمان است. آزمایش نشان میدهد که گردابی شدن آتمسفر در اطراف و نزدیک منطقه دوباره گردشی (recirculation) هوا در کناره ای که باد به ساختمان میخورد بیشتر است. آزمایشهای دیگر نشان میدهد که گردابی شدن محیط برای دور کردن هوای تخلیه شده از ساختمان، برای ساختمانهایی که ارتفاع آنها کمتر از ۳۰۰ فوت یا کمتر از دو برابر ارتفاع ساختمانهای مجاور است، موثرتر است. گردابی شدن آتمسفر برای ساختمانهای بلندتر از ۳۰۰ فوت و یا ساختمانهایی که ارتفاع آنها بیش از دو برابر ساختمانهای اطراف باشد بی تاثیر است.

کنترل جهت حرکت هوا و الگوی آن در داخل ساختمان برای احتراز از انتشار بو و مواد آلوده حائز اهمیت است. الگوی حرکت هوا بستگی به موادی دارد که در آزمایشگاه مصرف میشود. عامل دوم مقدار مجاز نفوذ هوا از یک اتاق به اتاق دیگر است. آزمایشگاهها باید طوری طراحی شوند که جهت حرکت هوا از مناطق تمیز به سمت مناطق آلوده باشد و این بدان معنی است که فضای آزمایشگاه تحت فشار منفی و فضاهای غیر آزمایشگاهی مجاور آن تحت فشار مثبت باشد. این سیستم را تنظیم فشارهای نسبی در مناطق داخل ساختمان گویند (zone pressurization).

راهنمای عیب یابی هودهای آزمایشگاهی

برای عیب یابی سیستم تخلیه هوا ، به قسمت طراحی و بهره برداری سیستم و اجزای آن مراجعه کنید.

جریان معکوس هوا

جریان هوا در اتاق

اختلالات جریانهای هوا در اتاق باعث معکوس شدن جهت جریان هوای هودها میشود. این اختلالات ممکن است بعلت عبور افراد از جلوی هود، باز و بسته شدن درهای آزمایشگاه و سرعت و مسیر هوای خروجی از دریچه های هوا باشد. برای کم کردن جریانهای ناخواسته به نکات زیر توجه کنید:

- هودها را حداقل ۶ فوت از درها و راهروهای عبوری دور کنید.
- محل دریچه های هوا را طوری قرار دهید که سرعت و الگوی خروجی هوا از آنها اثر مخرب بر جریان هود نگذارد .

- به جای یک دریچه بزرگ از چند دریچه کوچک برای هوارسانی یک سطح معین استفاده کنید.
- سرعت نهایی (Terminal Velocity) حرکت هوای خروجی از دریچه را به ۵۰ فوت در دقیقه محدود کنید.
- دریچه های هوای رفت را حداقل ۴ فوت از هود دور کنید.
- دریچه های دیواری هوای رفت را به جای دیوار مقابل روی دیوار مجاور هود نصب کنید.
- مقدار هوای دریچه هایی که مستقیماً هوا را وارد هود میکنند کم کنید.
- منحرف کننده های جهت حرکت هوا از دریچه ها را طوری تنظیم کنید که هوا به سمت مخالف هود بوزد.
- اگر لازم است قسمتی از دریچه هوا را مسدود کنید که مستقیماً به هود نخورد.
- مسیر حرکت هوای خروجی دریچه های دیواری را طوری تنظیم کنید که هوا از بالای هود عبور کند.

جریانهای سرگردان (Eddy Currents)

جریان معکوس هوا در هودها ممکن است بعلت جریانهای سرگردان نیز بوجود آید. این جریانها بعلت لبه های تیز، فرو رفتگیها، سینکها، لوله های قایم (posts) و لوازم بهداشتی نصب شده در هود بوجود آید. بعنوان مثال یک لبه تیز و ساده در ورودی هوا به داخل هود، جریانهای گردابی حدود ۱ اینچ بالای سطح کار و ۶ اینچ بطرف داخل آن ایجاد میکند. گازها و بخارهایی که در این منطقه ایجاد میشوند ممکن است بطرف پایین هود حرکت کرده و از آن خارج شوند. جریانهای سرگردان بعلت استفاده از برخی لوازم آزمایشهای تحقیقاتی مانند مخلوط کننده ها ممکن است بوجود آید. برای کاهش اثر جریانهای سرگردان نکات زیر را رعایت کنید:

- برای هودهایی که ورودی آنها لبه تیز و غیر مجوف دارد صفحات آیرودینامیکی نصب کنید.
- لوازم بهداشتی و سینکها باید حداقل ۱۵ سانتیمتر از دهانه ورودی هود فاصله بگیرند.
- فاصله محل آزمایش از ورودی هود حداقل ۱۵ سانتیمتر باشد.

جریان معکوس هوا میتواند بعلت حرکت استفاده کننده در مقابل هود نیز باشد. برای بازرسی این موضوع آزمایش دود انجام دهید و درحالیکه فرد استفاده کننده درمقابل آن حرکت میکند جریان دود را نگاه کنید. جریان معکوس میتواند بعلت سرعت زیاد هوای ورودی به هود نیز باشد.برای برطرف کردن آن سرعت را به ۱۵۰ فوت در دقیقه یا کمتر کاهش دهید.

سرعتهای ورودی (Face Velocities)

تغییر در اندازه دهانه بازشوی هود، وضعیت قرار گرفتن صفحات منحرف کننده، تغییر در وضعیت دمپرهای حجمی، کانال کشی، سرعت مکنده، فیلترها یا گرفتگی مسیر هوا همگی بر سرعت ورودی هود اثر میگذارند. روشهایی که میتوانند سرعت عبوری را ثابت نگهدارند مورد مطالعه قرار دهید. اگر این تغییرات انجام شد، راندمان و بار برقی موتور مکنده هوا را اندازه بگیرید. در صورت لزوم موتور را برای ازدیاد راندمان و تحمل بار بیش از حد (overload) عوض کنید. برای کاهش سرعت ورودی، یکی از روشهای زیر را بکار ببرید:

- سرعت مکنده را با ازدیاد قطر پولی یا کاهش قطر پولی موتور کاهش دهید. در صورت لزوم تسمه ها را نیز عوض کنید. اگر سیستم با حجم متغیر است و کنترلر فشار یا سرعت دارد نقطه تنظیم آن را برای شرایط جدید تغییر دهید.
- دمپر حجمی را ببندید. اگر سیستم از نوع حجم متغیر است، حجم هوا را بوسیله شیر هوا کم کنید.
- اگر هود از نوع عادی است قاب آن را به حالت باز بگذارید. اگر هود از نوع کنارگذر و سیستم با حجم متغیر است، سرعت ورودی نباید تغییر کند.

برای ازدیاد سرعت ورودی هوا یکی از روشهای زیر را به کار ببندید:

- سرعت مکنده هوا را با زیاد کردن قطر پولی موتور یا کم کردن قطر پولی مکنده هوا افزایش دهید. در صورت لزوم تسمه ها را نیز عوض کنید. اگر سیستم از نوع حجم متغیر است و کنترلر فشار یا سرعت دارد، نقطه تنظیم آن را برای شرایط جدید تغییر دهید.
- دمپر حجمی را باز کنید. اگر سیستم حجم متغیر است، مقدار هوا را با شیر هوا زیاد کنید.
- اگر هود از نوع عادی است قاب ورودی هوا را تا حدی ببندید. اگر از نوع کنارگذر یا سیستم با حجم متغیر است سرعت عبوری نباید عوض شود.
- گرفتگی مسیر هوا را برطرف کنید. از جلو و عقب حرکت صفحات منحرف کننده (baffler) را ببندید. فشار استاتیک کانال و دو طرف فیلترها و مکنده را اندازه بگیرید.
- برای کاهش افت فشار فیتینگها و کانال کشی و کم کردن مناطق تنگ، کانال کشی را عوض کنید.

کنترل تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع

کلیات

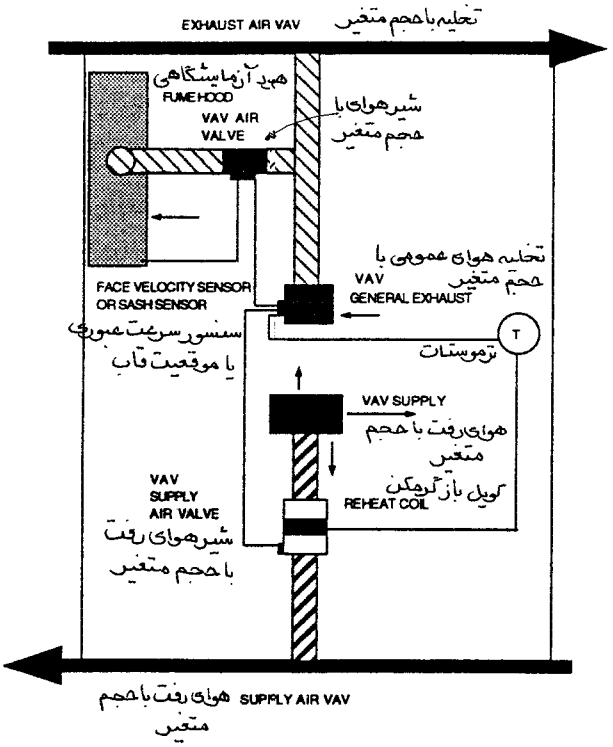
هر آزمایشگاه باید ترموستات مستقل داشته باشد. زیرا بار گرمایی و سرمایی آن بر اثر کارکرد مقطعی پرسنل و دستگاهها بسیار متغیر و ناپایدار است. دمپرهای حجمی هوا باید در زمان عملکرد حفاظتها بسمت «باز» حرکت کنند تا جریان هوا در آزمایشگاه همیشه برقرار باشد. کنترلها باید دور از منطقه ای که مواد قابل اشتعال حمل میشوند یا بوجود می آیند، نصب شود.

آزمایش کنترلها

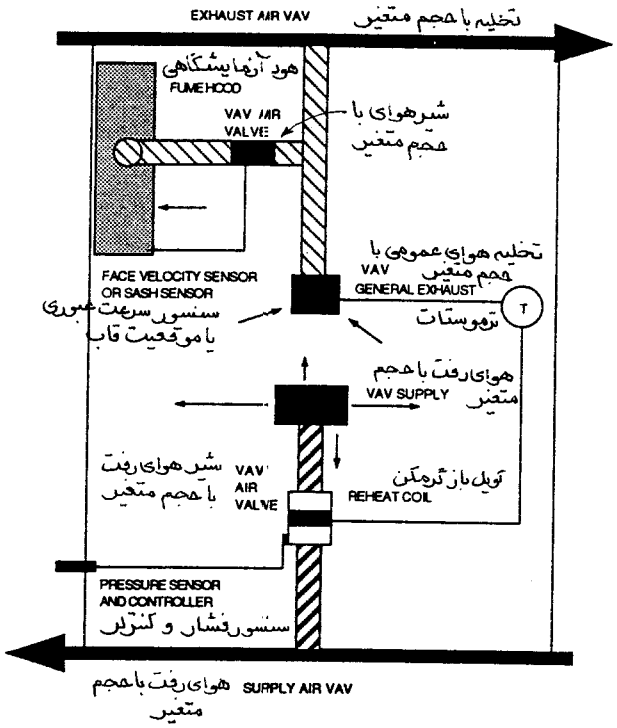
تا آنجایی که امکان دارد، حالت کار کنترلها را به آنچه در مشخصات طراحی داده شده است نزدیک کنید. کار کنترلها و ابزار نشان دهنده را تحت نظر بگیرند. مطمئن شوید که مقادیر خوانده شده سنسورها با آنچه وسایل و ابزار کنترل نشان میدهد یکی باشد و ابزار یاد شده کالیبره شده باشند. مطمئن شوید که کنترلها به درستی عمل میکنند و بین حرکت آنها وقفه طولانی نباشد.

کنترل دما و فشار اتاق با سیستمهای حجم متغیر

دو روش کنترل دما و فشار در آزمایشگاهی که سیستم هوارسانی از نوع حجم متغیر دارد در شکل ۷-۲۵ و ۸-۲۵ نشان داده شده است. روش اختلاف جریان، اختلافی بین هوای رفت و تخلیه آزمایشگاه (مثلاً ۲۰۰ فوت در دقیقه) قایل میشود. بعبارت دیگر مقدار هوای رفت تحت نظر قرار میگیرد تا همیشه از مقدار تخلیه (تخلیه عمومی و هودها) کمتر باشد. در روش اختلاف فشار، یک کنترلر اختلاف فشار همیشه فشار اتاق و راهرو مجاور آن را اندازه میگیرد و مقدار هوا را بوسیله این اختلاف فشار کنترل مینماید. در این روش مقدار هوای رفت به داخل آزمایشگاه ازاین اختلاف فشار فرمان میگیرد و کنترل میشود. با هر کدام از روشهای یاد شده، مقدار تخلیه هوای هود بوسیله سنسورهای سرعت ورودی یا وضعیت قاب جلو هود کنترل میگردد. دمای هوای رفت آزمایشگاه معمولاً ۵۵ الی ۶۰ درجه فارنهایت است. جعبه های با حجم متغیر (VAV Box) یک کویل دوباره گرمکن دارند که بوسیله ترموستات اتاق کنترل میشود.



شکل ۷-۲۵ روش اختلاف جریان



شکل ۸-۲۵ روش اختلاف فشار

ترتیب کار متداول کنترلها بشرح زیر است:

- قاب بازشوی هود (sash) بسته است.
- سرعت هوا از طریق هود افزایش می یابد.
- سنسور سرعت ورودی این افزایش را حس کرده و تخلیه دود جعبه حجم متغیر را میبندد تا سرعت ورودی ثابت بماند.

(تا اینجا ترتیب کار برای هر دو روش مشترک است. از این به بعد دو روش با هم متفاوت خواهد بود).

روش کنترل جریان هوا

- کنترلر تخلیه هوا با حجم متغیر، فرمانی به کنترلر حجم متغیر هوای رفت میدهد تا مقدار هوا را کاهش دهد و اختلاف جریان صحیح را برقرار نماید. (که به نوبه خود فشار منفی اتاق را حفظ خواهد کرد).
- دمای اتاق بعلت کم شدن مقدار هوا افزایش می یابد.
- ترموستات اتاق حجم تخلیه هوا را افزایش می دهد.
- کنترلر حجم متغیر تخلیه اتاق فرمانی به کنترلر حجم متغیر هوای رفت میدهد تا مقدار هوا را زیاد کند و اختلاف حجم را حفظ کند (که در این حالت اتاق را نیز خنک میکند). اگر اتاق خیلی سرد شود، مقدار تخلیه عمومی آزمایشگاه کاهش می یابد که در نتیجه آن مقداری هوای رفت نیز از طریق کنترلر حجم متغیر کاهش می یابد. اگر اتاق باز هم سرد باشد، کویل باز گرمکن در مدار قرار میگیرد.

روش کنترل اختلاف فشار

- سنسور اختلاف فشار را حس میکند (فشار اتاق ازدیاد می یابد زیرا هود هوای کمتری تخلیه میکند).
- کنترلر فشار اتاق فرمانی به کنترل حجم متغیر هوای رفت میدهد تا مقدار هوا را کاهش دهد و اختلاف فشار مناسب را حفظ کند.
- دمای اتاق بعلت کم شدن مقدار هوای رفت ازدیاد می یابد.

- ترموستات اتاق، تخلیه با حجم متغیر عمومی را باز می کند.
- سنسور فشار اتاق ازدیاد فشار را حس میکند (اتاق خیلی منفی میشود زیرا تخلیه زیاد شده است).
- کنترلر فشار اتاق فرمانی به کنترلر هوای رفت با حجم متغیر میدهد تا هوا را زیاد کند (که در نتیجه اتاق را خنک کرده و فشار منفی را کم میکند). اگر اتاق بیش از حد خنک شود، تخلیه عمومی بسته شده و حجم هوای رفت کاهش می یابد تا اختلاف فشار حفظ شود. اگر اتاق هنوز سرد باشد، کویل بازگرمکن در مدار قرار میگیرد.

استانداردهای سازمان بهداشت و ایمنی شغلی (OSHA)

در ژانویه سال ۱۹۹۰ میلادی، سازمان بهداشت و ایمنی کار (OSHA)، استاندارد شماره 29 CFR قسمت ۱۹۱۰ بنام «کار با مواد شیمیایی خطرناک در آزمایشگاهها» را منتشر نمود. در این استاندارد الزامات کار در آزمایشگاه بعنوان محلی که در آن از مقدار کمی مواد شیمیایی خطرناک به صورت غیر تولیدی استفاده میشود تعریف شده است. این الزامات برای یک سال از تاریخ انتشار این استاندارد باید رعایت شود. مراحل کاری که در آزمایشگاه صورت میگیرد، مراحل کار خط تولید نیست و مشابه آن نیز نمیباشد. در این قبیل آزمایشگاهها وسایل ایمنی کافی برای حفاظت در مقابل مواد خطرناک در دسترس پرسنل قرار دارد. چنانچه شواهد علمی و مستدل وجود داشته باشد که یک ماده شیمیایی باعث ابتلاء به امراض عصبی و قلبی افرادی که در معرض آن قرار میگیرند میشود، به آن ماده «ماده شیمیایی خطرناک» اطلاق میشود. مواد شیمیایی خطرناک شامل مواد سرطان زا، انواع مواد سمی، مواد سوزش آور و موادی که به ریه ها، پوست و چشمها و ماهیچه ها آسیب برساند، میباشد.

سازمان یاد شده به این باور تاکید دارد که اشخاصی که در آزمایشگاها مشغول کار هستند باید با خطرات موادی که با آن سر و کار دارند آشنا باشند. مدیریت آزمایشگاه مسئول هدایت و راهنمایی پرسنل خود میاشد و باید طوری برنامه ریزی کند که افراد کمتر با مواد خطرناک کار کنند. با این فکر، در استاندارد یاد شده برنامه ای بنام «برنامه بهداشت شیمیایی» (Chemical Hygiene Plan) نوشته شده است. در این برنامه تصریح شده است که مدیریت باید نحوه کار و آزمایش با مواد مختلف را به پرسنل خود آموزش داده و بصورت کتبی مراحل کار را در اختیار آنها قرار دهد تا احتمال تماس با مواد خطرناک به حداقل برسد. در برنامه همچنین پیش بینی شده است که تمام وسایل ایمنی از جمله هود آزمایشگاهی باید در همه حال آماده به کار باشد و پرسنل برای کار با این وسایل آموزش دیده باشند. در برنامه یاد شده قید شده است که بهترین راه برای جلوگیری از تنفس مواد آلوده معلق، تهویه مناسب (ventilation) آزمایشگاه

است. همچنین تاکید میکند که بهترین راه حل برای جلوگیری از پخش مواد آلوده به فضای آزمایشگاه استفاده از هود و سایر وسایل تهویه دار است. برای مثال :

- چنانچه تغییراتی در سیستم تهویه و تخلیه هوای آزمایشگاه انجام میپذیرد، کیفیت و مقدار آن باید دوباره ارزیابی گردد.
- یک هود آزمایشگاهی به طول ۲/۵ فوت، برای هر دو نفری که بیشتر وقت خود را با مواد شیمیایی سپری میکنند، باید نصب شود.
- سرعت ورودی هوا به هود باید کافی باشد.
- عملکرد هود را قبل از استفاده مود تایید قرار دهید.
- قاب جلو هود را در همه حال بسته نگهدارید، باستثنای مواقعی که میخواهید استقرار وسایل را تغییر دهید یا تنظیم آنها را دست بزنید.
- مقدار لوازم داخل هودها را به حداقل برسانید و سعی کنید که جلو جریان هوا را نگیرید.
- اگر مواد سمی در هود انباشته شده است و یا اینکه مطمئن نیستید که سیستم تخلیه عمومی بتواند تهویه کافی انجام دهد، بگذارید مکنده هود در حال کار باقی بماند.
- هر دستگاه هود باید وسایل نشان دهنده دایم داشته باشد.

خط مشی اداره آزمایشگاه

خط مشی یک شرکت برای اداره یک آزمایشگاه و کار هودها بشرح زیر است :

برای موارد زیر باید استاندارد در دست باشد:

طراحی هودهای آزمایشگاهی

طراحی آزمایشگاه

دستورالعمل بهره برداری و نگهداری هودها

دستورالعمل نگهداری و بهره برداری از سیستمهای هوارسانی و تخلیه هوای آزمایشگاه

اگر به سیستم چیزی اضافه یا کم میکنید نکات زیر را در نظر بگیرید:

مطمئن شوید که دستگاهها ظرفیت کافی دارند.

محل وسایل آلوده را تعیین کنید.

مطمئن شوید که تغییرات تابع دستورات و مقررات شرکت، میباشد.

آموزشی:

برنامه های آموزشی را برای به روز کردن اطلاعات پرسنل دنبال کنید.

برای موارد زیر برنامه ریزی کنید:

بازدید از سیستم تهویه و تخلیه عمومی آزمایشگاه و هودهای مربوطه

به هم ریختگی داخل هودها و آزمایش دوباره آنها

اصلاح هود یا سیستم

نگهداری فنی

آزمایش هودها (هر سه ماه یکبار)

سرعتهای ورود هوا به هودها

طرز کار وسایل دیداری و شنیداری

آزمایش دود و یخ خشک

آزمایش فشار استاتیک

برای کار ایمن و به دور از خطر آزمایشگاه خط مشی زیر دنبال شود:

- زمانی که از هود استفاده نمیشود، قاب جلو آن را کاملاً ببندید.
- محل آزمایش در داخل هود باید حدود ۶ اینچ از جلو هود فاصله داشته باشد. برای اینکه فراموش نکنید میتوانید یک نوار روی سطح کار هود در فاصله یاد شده بگذارید.
- وقتی در هود مواد آلوده منتشر میشود، استفاده کننده نباید سر خود را وارد هود کند.
- مواد شیمیایی خطرناک نباید در هود انبار شود. آنها را در کابینت ایمنی (safety cabinet) انبار کنید.
- از هود بعنوان محل دفع مواد شیمیایی نباید استفاده کرد.
- از در آوردن قاب جلو و دیوارهای هود اجتناب کنید، مگر وقتی که نیاز به استقرار مجدد تجهیزات داخل آن باشد.
- پس از تغییرات قاب را سر جای خود بگذارید.
- اگر در هود از مواد قابل اشتعال استفاده میشود، پریز برق و سایر وسایل جرقه زن در داخل آن نصب نکنید.
- پریز برق دایمی در داخل هود قرار ندهید.

- رفت و آمد اشخاص داخل آزمایشگاه را به حداقل برسانید.
- درهای آزمایشگاه را بسته نگهدارید مگر اینکه برای حالت باز طراحی شده باشند.
- به هودهای ویژه کارهای تحقیقاتی برچسب مخصوص بزنید.
- برحسب نیاز علایم و موانع مسدود کننده در نظر بگیرید.

برای اینکه بتوانید از سازمان بهداشت و ایمنی کار (OSHA) تایید بگیرید باید هر هودی که جدید نصب میکنید دارای وسایل نشان دهنده جریان باشد. از آلارمها دیداری و شنیداری برای جریان هوای کمتر از طراحی استفاده کنید. برای خواندن مقدار هوای ورودی هود از وسایل مستقیم سنج یا غیر مستقیم که حرکت قاب را اندازه میگیرند استفاده کنید.

پیوست A - تعاریف

پیوست A - تعاریف

تعاریف عمومی

فشارمطلق (Absolute Pressure): فشار کل یا فشار حقیقی .

جذب (Absorb): جذب کامل آن چه دریافت میشود، بدون بازتاب یا انتقال ، حل شدن .

حرکت شتاب دار (Accelerated Motion) : تغییر سرعت.

شتاب (Accceleration): تغییر سرعت نسبت به زمان .

جذب کردن سطحی (Adsorb): جذب شدن یک جسم در سطح جسم دیگر.

آدیاباتیک (Adiabatic) : بدون گرفتن یا از دست دادن گرما. به حالتی گفته میشود که یک گاز بدون انتقال گرما از محیط ، شرایط خود را از قبیل فشار ، حجم و دما تغییر دهد.

آتمسفر(Atmosphere) : فشار عادی بارومتری درسطح دریا که ۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع یا ۲۹/۹۲ اینچ ستون جیوه است.

جوش آمدن (Boiling): فقط در دمای اشباع اتفاق می افتد و تمام ذرات مایع را در بر می گیرد.

بی تی یو (Btu) : مخفف « British Thermal Unit ». مقدار گرمایی که برای بالا بردن دمای یک پوند آب به اندازه یک درجه فارنهایت لازم است .

تغییر حالت (Change of State) : تغییر حالت ماده از جامد به مایع ، مایع به بخار و جامد به بخار و برعکس .

سرد (Cold): « سرد » یک اصطلاح نسبی است که دمای یک جسم یا محیط را در مقایسه با یک دمای شناخته شده نشان میدهد. برای مثال دمای ۵۰ درجه فارنهایت هوای خارج ممکن است در زمستان گرم و در تابستان سرد تلقی گردد.

منطقه آسایش (Comfort Zone): حدود دما و رطوبت موثر، که اکثر افراد بالغ در آن احساس آسایش میکنند. حدود آن ۶۸ تا ۷۹ درجه فارنهایت و ۲۰تا ۶۰ درصد رطوبت نسبی است.

تقطیر (Condensation): گرفتن گرما از یک بخار (Vapor) بطوریکه به مایع تبدیل شود. یا بالا بردن فشار یک بخار بطوریکه به مایع تبدیل شود، یا گرفتن گرما از بخار و همزمان ازیاد فشار آن بطوریکه بخار به مایع تبدیل شود.

انتقال (Conduction): انتقال انرژی گرمایی از طریق تماس مستقیم .

سرعت ثابت (Constant Speed): حرکت با سرعت ثابت ، صرفنظر از جهت آن .

سرعت ثابت (Constant Velocity): حرکت با سرعت ثابت ، و درجهت ثابت .

وزش (Convection): انتقال گرما از طریق جریان در یک سیال ، بخار یا مایع .

چگالی (Density) : جرم در واحد حجم . چگالی $= \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$

راندمان (Efficiency) : نسبت انرژی مفید دریافتی بر انرژی داده شده .

انتالپی (Enthalpy): مقدار کل گرما ، خصوصیت ترمودینامیکی یک ماده در حال کار.

(انتالپی = حجم × فشار + انرژی داخلی)

تبخیر (Evaporation) : تبخیر فقط در سطح مایع و در هر دمای کمتر از دمای اشباع انجام میشود. گرم کردن یک مایع برای تبدیل آن به بخار (Vapor).

سیال (Fluid) : مایع یا بخار (گاز). بخار (Vapor) یک سیال قابل تراکم است در حالیکه مایع یک سیال غیرقابل تراکم است .

دینامیک سیالات (Fluid Dynamics): حالت و وضعیت یک سیال جاری . سرعت سیال بستگی به سطح مقطع مجرای عبوری و حجم سیالی که از آن مجرا می گذرد ، دارد.

نیرو (Force) : کشیدن یا فشار دادن. نیرو پدیده ای است که برای به حرکت درآوردن اجسام یا متوقف کردن آنها یا تغییر جهت حرکت آنها اعمال میشود. شتاب × جرم = نیرو

فشارمانومتری (Gauge Pressure) : فشاری که بوسیله مانومتر نشان داده میشود.

گرمای تراکم (Heat of Compression): انرژی مکانیکی فشار که به انرژی گرمایی تبدیل شده است .

تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع (HVAC): گرم کردن، سرد کردن و تعویض هوای یک فضا با استفاده از سیال هوا ، آب یا مبرد.

جاذب رطوبت (Hygroscopic): جذب کننده آب .

هم انتالپی (Isenthalpic) : تحولی که درآن انتالپی ثابت بماند.

هم انتروپی (Isentropic): تحولی که در آن انتروپی ثابت بماند.

هم دما(Isothermal): تحولی که با دمای ثابت انجام شود.

گرمای نهان (Latent Heat): گرمایی که نهان است . انرژی گرمایی که به تغییر حالت ماده کمک می کند. ولی دمای آن را تغییر نمیدهد. گرمایی که باعث تغییرحالت ماده شود.معمولاً به بی تی یو بر پوند ذکر میشود.

گرمای نهان ذوب (Latent Heat of Fusion): گرمای نهان هنگامی که تغییر حالت از جامد به مایع یا برعکس ایجاد میشود.

اختلاف دمای میانگین لگاریتمی (Log Mean Temperature Difference) : لگاریتم میانگین اختلاف دمای دو سیال که با هم تبادل حرارت می کنند . اختلاف دمای دو سیال در پایان این فرایند کم تر از آغاز آن است . تبادل گرمایی از یک منحنی لگاریتمی تبعیت میکند. هر چه اختلاف دمای میانگین لگاریتمی بزرگتر باشد، انتقال گرما بیشتر است.

جرم (Mass) : وزن یک جسم به پوند . مقدار ماده موجود در یک جسم که بوسیله نسبت نیروی لازم به شتاب حاصله بدست می آید.

$$\text{چگالی} \times \text{حجم} = \text{جرم} \qquad \frac{\text{نیرو}}{\text{شتاب}} = \text{جرم} \qquad \frac{\text{حجم}}{\text{حجم ویژه}} = \text{جرم}$$

مقدار جریان جرمی (Mass Flow Rate) : مقدار جریانی که به پوند در واحد زمان نشان داده میشود.

کار مکانیکی (Mechanical Work): نیرویی که به یک جسم وارد میشود و آنرا به یک فاصله معین منتقل میکند.

فاصله × نیرو = کار مقدار آن را به فوت برپوند نشان میدهند.

جریان غیریکنواخت (Nonuniform Flow) : جریان سیالی که سرعت اجزای آن درنقاط مختلف سطح مقطع عمود بر جریان تغییر میکند.

منطقه زیست (Occupied Zone): منطقه ای از کف اتاق تا حدود ۶ فوت بالاتر از آن .

بهینه کردن (Optimize) : حداکثر استفاده موثر از چیزی .

توان (Power) : مقدار کار در واحد زمان .

$$\frac{\text{کار}}{\text{زمان}} = \text{توان}$$

فشار(Pressure) : نیرویی که به واحد سطح وارد میشود.

$$\frac{\text{نیرو}}{\text{سطح}} = \text{فشار}$$

تابش (Radiation): گرمایی که بدون واسطه ازیک جسم به جسم دیگر منتقل میشود. تابش به صورت موج است .

مقیاس (Scalar): در مقایسه با بردار که جهت را هم نشان میدهد مقیاس فقط بزرگی و کوچکی را مشخص میکند.

گرمای محسوس (Sensible Heat) : انرژی گرمایی که باعث تغییر دما میشود.

انتالپی ویژه (Specific Enthalpy) : انتالپی یک پوند از یک جسم .

چگالی ویژه (Specific Gravity): بنام چگالی نسبی نیز خوانده میشود و آن نسبت چگالی جسم به چگالی جسم شناخته شده ای مانند آب است . چگالی آب ۶۲/۴ پوند بر فوت مکعب است.

$$\frac{\text{چگالی جسم}}{\text{چگالی آب}} = \text{چگالی ویژه}$$

نسبت جرم یک جسم به جرم آب هم حجم آن در دمای ۴ درجه سانتیگراد.

چگالی ویژه آب در شرایط استاندارد عدد یک است . برای دماهای بین یخ زدن (صفر درجه سانتیگراد) و جوشیدن (صد درجه سانتیگراد) چگالی ویژه آب ۱ محسوب میشود.

گرمای ویژه (Specific Heat): مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک پوند از هر جسم باندازه یک درجه فارنهایت. (برای آب مقدار آن ۱ و برای هوا ۰/۲۴ است) بر حسب بی تی یو ذکر میشود.

حجم مخصوص (Specific Volume) : حجم واحد جرم

شتاب استاندارد ثقل (Standard Acceleration of Gravity): سرعت جسمی که بطورآزاد بسمت زمین سقوط می کند و عامل سرعت آن فقط نیروی جاذبه است . مقدار آن ۳۲/۲ فوت بر مجذور ثانیه است.

مشخصه تروتلینگ (Throttling characteristic) : رابطه بین حرکت دیسک شیر یا پره دمپر و درصد جریان عبوری . یک شیر یا دمپر با منحنی مشخصه خطی، شیری است که درصد باز شوی آن مساوی درصد جریان عبوری از آن باشد.

انتالپی کل (Total Enthalpy): انتالپی کل جرم یک جسم

گرمای کل (Total Heat): گرمای محسوس باضافه گرمای نهان

گشتاور پیچشی (Torque) : نیرویی که باعث چرخش جسم میشود. به فوت - پوند اندازه گیری می شود.

جریان گردابی (Turbulent Flow) : جریان سیالی که سرعت و جهت آن بطور غیر منظم در حال تغییر است.

جریان یکنواخت (Uniform Flow): حرکت مستقیم و آرام یک سیال ازسطح مقطع مجرای عبوری .

بخار(خشک اشباع) ((Vapor (Dry Saturated): بخار اشباع خشک کاملاً عاری از ذرات آب .

بخار(خیس) Vapor(Wet) : بخاری که حامل ذرات آب باشد.

تبخیر (Vaporization) : تغییر حالت از مایع به بخار که بوسیله جوشیدن یا تبخیر شدن حاصل میشود.

تبخیر در سطح مایع اتفاق می افتد و در هر دمایی کمتر از دمای اشباع امکان پذیر است . جوشیدن در تمام نقاط حجم مایع اتفاق می افتد و فقط در دمای اشباع انجام میشود. مایع را می توان با گرم کردن یا کم کردن فشار یا هر دو تبخیر کرد.

فشار بخار (Vapor Pressure) : فشار بخار یک مایع در هر دما، فشاری است که برای نگهداشتن حالت مایع و جلوگیری از جوش آمدن یا تبدیل آن به بخار (Flashing) لازم است.

بردار (Vector): تابعی که دارای اندازه و جهت است .

سرعت (Velocity) : تغییر حرکت به فوت در ثانیه یا فوت در دقیقه.

$$\text{سرعت} = \frac{\text{فاصله}}{\text{زمان}}$$

حجم (Volume): فضایی که توسط یک جسم اشغال می شود و به فوت مکعب یا اینچ مکعب ذکر میشود.

$$\text{حجم} = \frac{\text{جرم}}{\text{چگالی}} \quad ، \quad \text{جرم} \times \text{حجم مخصوص} = \text{حجم}$$

مقدار جریان حجمی (Volume Flow Rate) : فوت مکعب یا اینچ مکعب در واحد زمان .

کار (Work) : کار عبارت است از نیرویی که در یک فاصله مشخص اعمال میشود و به فوت در پوند نشان داده می شود.

فاصله × نیرو = کار

تعاریف مربوط به هوا

تعویض هوا در ساعت (Air Changes Per Hour): روشی است که برای بیان مقدار جابجایی هوای یک فضای مشخص در ساعت‌به کار میرود و به حجم آن فضا بستگی دارد.

تهویه مطبوع (Air Conditioning): تامین دما ، رطوبت و پاکیزگی هوا که برای مطبوع کردن یک فضای معین لازم است .

مکش القایی هوا (Air Entrainment): جریان القایی هوای ثانویه (یا هوای اتاق) که بوسیله هوای اولیه (یا هوای خروجی از دریچه رفت) کشیده شده و یک جریان مخلوط را بوجود می آورند.

الگوی جریان هوا(Airflow Patterns): الگوی حرکت هوا برای مخلوط شدن مناسب هوای رفت و هوای اتاق حایز اهمیت فراوان است . هوای سرد باید از دریچه های سقفی یا دیواری نزدیک سقف توزیع گردد. اگر توزیع هوای سرد از پائین و از کف اتاق صورت گیرد، الگوی حرکت هوا باید به سمت بالا تنظیم شود. هوای گرم باید از دریچه های کفی و زیر پنجره ای توزیع شود. اگر هوای گرم از بالا توزیع شود، الگوی حرکت باید بسمت پائین هدایت شود.

از آنجا که اکثر تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع برای هر دو منظور (گرم و سرد) طراحی می شوند ، یک روش میانه برای فصول مختلف باید تدارک دیده شود. معمولاً توجه بیشتر به تابستان معطوف می شود و دریچه های سقفی و دیواری در بالا نصب و برای پرتاب افقی تنظیم میشوند. اما، اگر سقف خیلی بلند باشد، مثلاً در سیستم های با حجم متغیر و در زمان بسته شدن جعبه های پایانه، ممکن است لازم باشد هوا بسمت پائین هدایت شود.

ضریب AK (Ak Factor) : سطح موثر یک دریچه خروجی یا ورودی . (به سطح موثر رجوع شود).

هوای محیط (Ambient Air) : هوایی که ما را محصور کرده است .

دمای هوای محیط (Ambient Air Temperature): دمای هوایی که ما را محصور کرده است .

نسبت اضلاع (Aspect Ratio): نسبت پهنا به ارتفاع سطح مقطع کانال هوا. نسبت اضلاع نباید از ۳ به ۱ فراتر رود.

کانال سرد (Cold Deck) : کانالی است که در هوارسانهای چند منطقه ای و دو کانالی کاربرد دارد. کانال سرد، محفظه ایست که هوا پس از خروج از کویل سرمایی وارد آن میشود.

فوت مکعب در دقیقه (Cubic Feet Per Minute): حجم جریان هوا.

همزمانی در سیستم های با حجم ثابت هوا(Diversity in Constant Air Volume Systems): کل هوادهی بادزن بیشتر از حداکثر حجم هوای عبوری از روی کویل سرمایی است .

همزمانی در سیستم های با حجم متغیر هوا(Diversity in Variable Air Volume Systems): حجم کل هوای جعبه های VAV بیشتر از حداکثر هوادهی بادزن است .

کوران (Draft) : احساس سرمای موضعی که ممکن است بواسطه سرعت زیاد هوا ، کم بودن دمای محیط یا جهت وزش هوا بوجود آید.

ریزش (Drop): فاصله قائم که لبه پائین جریان هوا در انتهای پرتاب با دریچه خروجی دارد.

دو مسیری (Dual Path): سیستمی که در آن هوا از روی کویل های سرمایی و گرمایی که بموازات هم نصب شده اند عبور می کند. کویلها ممکن است در مجاورت یکدیگر یا رویهم قرا گرفته باشند. سیستمهای چند منطقه ای و دو کاناله از انواع سیستم های دو مسیری هستند . بعضی از سیستم ها ممکن است کویل گرمایی نداشته باشند و هوای برگشتی یا هوای مخلوط را کنارگذر کرده و وارد کانال هوای گرم بکنند.

ریزش (Dumping) : عمل ریزش سریع هوای سرد که بوسیله جعبه با حجم متغیر هوا (یا دستگاههای دیگر) صورت میگیرد و باعث کم شدن سرعت جریان هوا می شود.

سطح موثر (Effective Area) : حاصل جمع سطح کلیه سوراخ های موجود یک دریچه که بستگی به تعداد اوریفیسها، و محل دقیق سوراخها (Vena Contracta) و شکل و اندازه دریچه ها، حلقه دیفیوزرها و غیره دارد. سازندگان معمولاً محصولات خود را آزمایش میکنند و ضریب تصحیح جریان را اعلام می دارند. هر ضریب جریان که گاهی بنام ضریب K یا ضریب AK خوانده میشود برای یک دریچه معین و یک ابزار اندازه گیر بخصوص ذکر می شود که حتی با محل قراردادن ابزار اندازه گیری نیز مربوط است.

قطر معادل کانال (Equivalent Duct Diameter) : قطر معادل برای کانال های با مقطع مستطیل .

سرعت عبوری (Face Velocity): سرعت میانگین هوا که از کویل ، دریچه هوای رفت یا برگشت خارج میشود.

سیستم کانال ثابت (Fixed Duct System): سیستمی که در آن با باز و بسته کردن دمپرها یا تغییر وضعیت کویل ها و فیلترها مقاومت در برابر جریان هوا ثابت بماند. برای یک سیستم کانال ثابت ، افت فشار فقط با تغییر مقدار هوا تغییر می کند . این تغییر مقاومت روی منحنی سیستم صورت میگیرد.

فوت در دقیقه (Feet Per Minute): سرعت هوا

سیستم های فشار بالا (High Pressure Systems): سیستمی است که در آن فشار استاتیک بالای ۶ اینچ ستون آب و سرعت هوا بیش از ۲۰۰۰ فوت در دقیقه باشد.

کانال گرم (Hot DecK): در سیستم های چند منطقه ای یا دو کاناله ، کانال گرم محفظه ایست که هوا پس از عبور از روی کویل گرمایی وارد آن می شود.

جریان یکنواخت هوا (Laminar Air Flow) : جریان هوایی که خطوط آن کاملاً با هم موازی ، سرعت آن یکنواخت و حداقل گرداب (Eddy) را داشته باشد.

سیستم فشار پائین (Low Pressure Systems): سیستمی است که درآن فشاراستاتیک حداکثر ۲ اینچ ستون آب و سرعت هوا تا ۲۰۰۰ فوت در دقیقه باشد.

هوای کمکی (Make-Up Air): هوایی که برای جبران هوای تخلیه ، یا تعویض هوای اتاق یا تحت فشار قرار دادن آن به هوای ثانویه تزریق میشود.

سیستم با فشار متوسط (Medium Pressure Systems): فشار استاتیک بین ۲ تا ۶ اینچ و سرعت هوابین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ فوت در دقیقه.

هوای مخلوط (Mixed Air): هوای اولیه باضافه هوای ثانویه .

سرعت خروجی (Outlet Velocity): سرعت میانگین هوا که از بادزن یا دریچه خارج میشود.

پلنوم (Plenum) : یک محفظه یا اتاقکی که هوا وارد آن میشود.

هوای اولیه (Primary Air): هوای رفت .

شعاع نفوذ (Radius of Diffusion): فاصله افقی معینی که هوا پس از خروج از دریچه و قبل از رسیدن به سرعت انتهایی خود طی می کند.

سرعت باقیمانده (Residual Velocity): سرعت هوا در اتاق

سرعت هوادر اتاق (Room Velocity): سرعت هوا در منطقه زیست اتاق .

هوای ثانویه (Secondary Air) : هوای اتاق که برگشت میشود.

تک مسیری (Single path): سیستمی که هوا از روی کویل هایی که پشت هم قرار دارند عبور می کند. هوارسانهای یک منطقه ای و یک منطقه ای مجهز به کویل بازگرمکن از انواع این سیستم هستند.

سیاه کردن (Smudging) : نقاط سیاهی که در اطراف دریچه های هوا دیده میشود و علت آن وجود ذرات معلق موجود در هوای اتـاق است که با هـوای اولیه مخلوط شده و روی سطوح سقف و دیوار می نشیند. حلقه های ضد سیاه شدن ساخته شده است که دریچه را کمی از سقف دور می کند و اطراف آنرا می پوشاند.

پخش (Spread): دور شدن لایه های هوا از هم ، پس از خروج از دریچه .

اختلاف لایه ای (Stratification): لایه های هوا در دما و سرعت های متفاوت که دریک کانال یا پلنوم در جریان است . همچنین بنام هوای چند لایه ای خوانده میشود.

اثر سطح (Surface Effect): اثری که بواسطه القای هوای ثانویه بوجود می آید و علت آن حرکت موازی هوا با دیوار یا سقف مجاور است . اثر سطح برای سیستم های خنک کننده ، مخصوصاً در سیستم های با حجم متغییر ، مفید است . زیرا از ریزش هوای سرد جلوگیری می کند. اثر سطح بر سیاه شدن موثر است .

سرعت انتهایی (Terminal Velocity): حداکثر سرعت هوای مخلوط در انتهای پرتاب .

پرتاب (Throw): فاصله افقی و قائم که هوا پس از خروج از دریچه و قبل از رسیدن به سرعت انتهایی خود طی می کند.

سوراخ های ریز (Vena Contracta): کوچکترین سطحی که هوا از یک اوریفیس عبور می کند.

تعویض هوا(Ventilation): رساندن هوا به یک اتاق یا تخلیه هوا از یک اتاق بوسیله کوران طبیعی یا بادزن های مکانیکی.

تعاریف مربوط به اتاق تمیز (Clean Room Terms)

اتاق تمیز کلاس ۱۰ (Class 10 Clean Room): اتاقی است که مقدار کل هوای آن براساس سطح ناخالص سقف ۹۰ فوت در دقیقه یا بیشتر باشد . تعداد ذرات به قطر ۰/۵ تا ۵ میکرون نباید بیش از ۱۰ عدد در یک فوت مکعب هوای اتاق باشد.

اتاق تمیز کلاس ۱۰۰ (Class 100 Clean Room): اتاقی است که مقدار کل هوای آن براساس سطح ناخالص سقف حدود ۹۰ فوت در دقیقه(۲۰ ± فوت در دقیقه) باشد . تعداد ذرات به قطر ۰/۵ میکرون و بزرگتر در یک فوت مکعب هوای این اتاق نباید بیش از ۱۰۰ باشد.

اتاق تمیز کلاس ۱۰۰۰ (Class 1000 Clean Room): اتاقی است که مقدار هوای آن حدود ۶۰ الی ۹۰ بار تعویض در ساعت داشته باشد. تعداد ذرات به قطر ۰/۵ میکرون و بزرگتر در یک فوت مکعب هوای این اتاق نباید بیش از ۱۰۰۰ باشد.

اتاق تمیز کلاس ۱۰,۰۰۰ (Class 10,000 Clean Room): اتاقی است که مقدار کل هوای آن حدود ۵۰ الی ۶۰ بار تعویض در ساعت داشته باشد. تعداد ذرات به قطر ۰/۵ میکرون و بزرگتر در یک فوت مکعب حجم این اتاق نباید از ۱۰،۰۰۰ بیشتر باشد . در اتاق تمیز ۱۰،۰۰۰ ، اگر قطر ذرات ۵ میکرون و بزرگتر باشد تعداد آن نباید از ۶۵ ذره در هر فوت مکعب افزایش یابد.

اتاق تمیز کلاس ۱۰۰,۰۰۰ (Class 100,000 Clean Room): هوای این اتاق ۲۰ الی ۳۰ باردر ساعت باید تعویض شود. تعداد ذرات ۰/۵ میکرون و بزرگتر نباید از ۱۰۰،۰۰۰ در هر فوت مکعب بیشتر باشد و اگر قطر ذرات ۵ میکرون و بزرگتر باشد این عدد نباید از ۷۰۰ بیشتر شود.

اتاق تمیز (Clean Room): یک اتاق بسته که طوری ساخته شده است که شرایط محیط داخل آن از نظر ذرات معلق ، دما ، رطوبت ، الگوی حرکت هوا، فشارهوا، جریان هوا، لرزش ، سرو صدا و روشنایی قابل کنترل باشد.

سطح حساس (Critical Surface): سطحی که باید در برابر انتقال ذرات (Particulate Contamination) حفاظت شود.

شرایط طراحی (Design Conditions) : شرایط محیط که اتاق تمیز براساس آن طراحی می شود.

آزمایش DOP (Dop Test): آزمایشی که در آن با استفاده از روغن Dioctyl Phthalate (DOP) راندمان فیلترها را معین می کنند.

هوای دست اول (First Air): هوایی که ، قبل از رسیدن به هر محل کار ، مستقیماً از روی فیلتر "HEPA" می آید و با هیچ محل کاری در تماس نبوده است .

اولین محل کار (First Work Location): محل کاری که در مسیر هوای دست اول قرار دارد.

شرایط کار (Operational Conditions): وضعیت و محیطی که در اتاق تمیز برقرار است .

اندازه ذره (Particle Size): حداکثر طول خطی یک ذره

محل کار(Work Station): یک محل کار باز یا بسته که هوای مستقل خود را دارد. یک محل کار ممکن است الگوی حرکت یکنواخت (Laminar) یا غیر یکنواخت داشته باشد.

تعاریف مربوط به کنترل ، عمومی

کارانداز (Actuator): وسیله ایست که از کنترلر فرمان میگیرد و وضعیت کنترل کننده را تغییر می دهد. بنام موتور یا اپراتور هم خوانده می شود.

هشدار (Alarm) : پیامی که به صورت دیداری یا شنیداری یا هر دو از یک حالت بحرانی یا خطرناک خبر میدهد.

آماده باش (Alert) : پیامی که با آژیر همراه است و از یک حالت غیرعادی ولی نه بحرانی خبرمی دهد.

جبران کن محیط (Ambient Compensated) : ابزار کنترلی که برای دمای هوای محیط طراحی شده است.

سیگنال قیاسی (Analog Signal): یک نوع فرمان است که تغییرات دامنه و فرکانس آن پیوسته و یکنواخت باشد. بطورسنتی ، کنترل های HVAC ابزارآنالوگ بوده اند، مانند کنترلهای پنوماتیکی ، ترانسدیوسرها، رله ها و محرک ها.

شاخص (Authority) : تنظیم یک کنترلر که معین کننده اثر فرمان ثانویه بصورت درصدی از فرمان اولیه باشد.

عضو متوسط گیر (Averaging Element): یک عضو حس کننده دما که به دمای میانگین چند نقطه درمسیرهوا عکس العمل نشان میدهد.

سیستم مداربسته (Closed Loop System) : سیستم کنترلی است که اطلاعات خروجی به اطلاعات ورودی پس خور (Feedback) میشود تا فرمان اصلاح اشتباه احتمالی داده شود. این فرمان اصلاح کننده بعنوان فرمان جدید خروجی تلقی میشود.

مدار کنترل (Control Loop) : یک مدار کنترل پایه از متغیر کنترل شده، عضو حس کننده، کنترلر، محرک و ابزار کنترل تشکیل شده است.

نقطه کنترل (Control Point): دما ، فشار یا مقدار رطوبت واقعی که کنترلر دریافت می کند.

ابزار کنترل (Controlled Device) : یک وسیله کنترل جریان مثل دمپر برای هوا یا شیر برای آب یا بخار.

سیال کنترل شده (Controlled Medium): سیالی مانند هوا، آب یا بخار که متغیر آن حس شده و کنترل میشود.

متغیر کنترل شده (Controlled Variable) : حالت یا مقدار سیال ، مانند دما ، رطوبت ، فشار یا مقدار جریان که در حال کنترل است.

کنترل کننده (Controller): یک وسیله تناسبی (Proportional) که برای کنترل دمپر یا شیر ساخته شده که بوسیله آنها دما (ترموستات) رطوبت (هیومیدستات) فشار (پرشراستات) کنترل شود یا بتواند سایر کنترلرها(کنترلراصلی و فرعی) را کنترل نماید.

نقطه وصل (Cut -In) : نقطه ای از کنترل که یک دستگاه مانند کمپرسور یا دیگ شروع به کار می کند.

نقطه قطع (Cut - Out): نقطه ای از کنترل که دستگاه در آن نقطه خاموش میشود.

دامنه بی اثر(Deadband): محدوده ای از کنترل که در آن نیاز به گرما یا سرما نباشد.

انحراف (Deviation): اختلاف لحظه ای بین نقطه تنظیم و متغیر کنترل شده . به آن حدود خطا (Offset of Error) هم میگویند.

اختلاف (Differential): اختلاف بین مقادیر قطع و وصل . بعنوان مثال اگر مقدار وصل دمای ۵۵ درجه فارنهایت و مقدار قطع ۴۰ درجه فارنهایت باشد، اختلاف ۱۵ درجه است .

عمل مستقیم (Direct - Acting): یک کنترلر عمل کننده مستقیم ، کنترلی است که خروجی آن بر حسب افزایش شرایط حس شده افزایش می یابد.

کنترل صرفه جویی کننده (Economizer Control): سیستم کنترلی است که برای تغییر از حالت خنک کنندگی مکانیکی به خنک کنندگی طبیعی (با استفاده از هوای بیرون) طراحی میشود.

کنترل انتالپی (Enthalpy Control) : ابزار کنترلی است که انتالپی هوای برگشت را با انتالپی هوای خارج مقایسه نموده و دمپرهای جعبه اختلاط را طوری تنظیم می کند که از هوای با انتالپی پائین تر استفاده کند.

خرابی بی خطر (Fail Safe): سیستمی که در صورت قطع کنترل خودکار یا بروز اشکالات دیگر به طور خودکار در وضعیت ایمن قرار گیرد. در صنعت "HVAC " خرابی بی خطر سیستمی است که یک شیر یا یک دمپر را درصورت بروز حالت فوق العاده به حالت عادی خود بر می گرداند تا از خسارت دیدن اجزای تشکیل دهنده سیستم جلوگیری شود. این کار می تواند به صورت بازماندن یک شیرگرمایش یا بسته شدن یک شیر رطوبت زن ، در صورت قطع سیال مربوطه، عملی شود ، در اصطلاحات "EMCS" (سیستم کنترل مدیریت انرژی) خرابی بی خطر بدین معنی است که در صورت نقص در پانل کنترل مرکزی تمام ابزار کنترل به حالت معمولی خود برگردند.

پس خور (Feedback): انتقال اطلاعات درخصوص نتایج عملکرد کنترل .

فایر استات (Firestat): وسیله ای که در دستگاه هوارسان یا کانال هوا نصب میشود که در صورت احساس دمای بیش از نقطه تنظیم، فرمان خاموش شدن بادزن را می دهد.

کنترل شناور (Floating Control): دراین نوع کنترل ، کنترلر ابزار کنترل را با سرعت ثابت بسمت حالت باز یا بسته می برد. یک نقطه

بی اثر (Neutral) دردامنه این کنترل وجود دارد که در آنجا ابزار کنترل می تواند درصورتیکه مقدار متغیر کنترل شده با اختلاف کنترلر همسان باشد، متوقف گردد. اگر مقدار متغیر خارج از دامنه اختلاف کنترلر باشد، کنترلر ابزار کنترل را در جهت مناسب حرکت خواهد داد.

ضدیخ زدگی (Freezestat) : وسیله ای که در دستگاه هوارسان یا کانال هوا، به منظور حفاظت کویل در مقابل یخ زدگی، نصب میشود.

کنترل حد بالا (High Limit Control): کنترل محدودکننده ایست که سیال کنترل شده را تحت نظر میگیرد و درصورتیکه به حد نصاب فشار ، دما و رطوبت تعیین شده برسد ، دستگاه را خاموش می کند.

نوسان (Hunting): یک وضعیت نامطلوب است و موقعی اتفاق می افتد که کنترل سیال از دست کنترلر خارج می شود و نمی تواند جلو نوسانات شدید متغیر را بگیرد. حالتی است که کنترلر بطوردایم نوسان می کند و نقطه تنظیم دلخواه را نمی تواند برقرار کند.

تاخیر (Lag): فاصله زمانی بین عمل و عکس العمل مورد انتظار. تاخیری که در حس کردن عضو کنترل شده بوجود می آید بعلت زمانی است که عضو حس کننده برای متعادل شدن با متغیر کنترل شده لازم دارد.

کنترل حد (Limit Control): استفاده از کنترل دما ، فشار ، رطوبت یا هر متغیر دیگر برای جلوگیری از ایجاد شرایط غیر ایمن در سیستم کنترل .

خاموش شدن با عملکرد کنترل حد (Limit Shutdown) : وضعیتی است که سیستم به علت عملکرد بالاتر از حد تعیین شده، خاموش میگردد.

کنترل حد پائین (Low Limit Control) : کنترلی است که شرایط سیستم را از نظردما ، فشار و رطوبت کنترل میکند و چنانچه از حد تعیین شده کمتر شوند عمل کنترلر را متوقف می نماید.

کنترل تناسبی (Modulating Control): عمل تنظیم با افزایش (Increment) و کاهش (Decrement) حالت کنترل خودکاری است که عمل ابزار کنترل با مقدار انحراف متغیر کنترل شده از نقطه تنظیم متناسب است . به تعریف کنترل تناسبی مراجعه کنید.

گرمایش صبحگاهی (Morning Warm-Up) : سیستمی که دمپرهای هوای خارج را تا رسیدن دمای داخل به حد دلخواه بسته نگه میدارد.

تنظیم شب (Night Setback) : طرح کنترلی است که برای زمان خالی بودن ساختمان به هنگام شب و به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی تدارک دیده میشود. این تدارک از جمله می تواند شامل پائین آوردن دمای هوای اتاق ها ، بستن دمپر هوای تازه و قطع و وصل متناوب بادزنها باشد.

معمولاً بسته (Normally Closed (NC)) : به قسمت اصطلاحات پنومانیکی و الکتریکی و الکترونیکی مراجعه شود.

معمولاً باز(Normally Open) (ON): به قسمت اصطلاحات پنومانیکی و الکتریکی و الکترونیکی مراجعه شود.

انحراف (Offset): انحراف ماندگاری است بین نقطه کار واقعی و نقطه تنظیم یک متغیر درحالت بهره برداری پایدار.

کنترل خاموش و روشن (On - Off Control): یک سیستم کنترل ساده است که در آن ابزار کنترل یا خاموش است یا روشن و حالت بینابینی وجود ندارد.

سیستم مدار باز (Open Loop System): مدار کنترلی که خروجی اش فقط تابع ورودی آن باشد.

اپراتور (Operator): به محرک (Actuator) مراجعه کنید.

لغو کردن (Override): عمل دستی یا خودکار که موجب میشود سیستم یا ابزار کنترل بطور موقت کنارگذر شوند.

اضافه جهش (Overshoot): عملی است برای خنثی کردن انحراف از مسیر که خود موجب خطاهای جدیدی خلاف جهت حالت عادی کنترل میشود.

دستگاه پردازش (Process Plant) : دستگاه کنترل شونده متغیر مانند کویل ، بویلر ، چیلر ، بادزن یا رطوبت زن .

دامنه تناسب (Proportional Band): دامنه کار یک کنترلر تناسبی که یک متغیر باید طی کند تا بتواند عضو عمل کننده را در محدوده دامنه تناسبی نهایی خود حرکت دهد . نسبت دامنه تروتلینگ کنترلر به دامنه سنسور(Span) . بنام دامنه تدریج هم خوانده میشود. به دامنه تروتلینگ مراجعه شود.

کنترل تناسبی (Proportional Control): کنترلی است که ابزار کنترل برای واکنش به متغیر کنترل شونده بطور تناسبی تنظیم شده باشد. فرمان کنترل براساس اختلاف بین مقدار واقعی و مقدار مورد انتظار صادرمیشود. این اختلاف درشرایط داده شده بنام « خطا» یا «انحراف » خوانده میشود. همیشه مقدار کمی انحراف وجود دارد. فرمان خروجی کنترلر بطور مستقیم به مقدار بزرگی خطا ارتباط دارد.

دامنه (Range): دامنه کنترل اختلاف بین مقدار « وصل » و مقدار « قطع » است ولی با « اختلاف (Differential) » نباید اشتباه شود. به عنوان مثال اگر دمای وصل ۵۵ و دمای قطع ۴۰ درجه فارنهایت باشد می گویند اختلاف ۱۵ درجه است ولی دامنه بین ۴۰ و ۵۵ درجه فارنهایت است .

سیستم مدیریت انرژی (Energy Management System): سیستمی که براساس میکروپروسسور ، رایانه کوچک یا رایانه بزرگ باشد و وظیفه اصلی آن کاهش مصرف انرژی است . بنام سیستم کنترل مدیریت انرژی نیز خوانده می شود.

گیت (Gate): یک مدار تصمیم گیرنده الکترونیکی . یک مدار الکترونیکی که یک عمل هوشمند را انجام می دهد (مانند And یا Or) و هر گاه بوسیله منبع مستقل دیگری اجازه داده شود فرمان از آن عبور میکند.

سیم کشی سخت (Hard Wiring): یک سیم کشی دائمی .

کنتاکت های " IN " (Contacts "IN"): از نوع کنتاکت رله ای هستند که هرگاه بوبین رله برق دار شود کنتاکت آن بسته میشود و مدار را کامل می کند . بنام « کنتاکت معمولاً باز » نیز خوانده می شود.

کنترل یکپارچه (Integral Control): یک عمل کنترلی است که برای حذف انحراف در سیستم های کنترل تناسبی طراحی شده است.

مدار یکپارچه (Integrated Circuit): وسیله ایست که تمام اجزای تشکیل دهنده مدار الکتریکی آن بر روی یک قطعه نیمه هادی (سیلیکون) بنام « تراشه » ساخته شده باشد.

نمودار هوشمند پله ای (Ladder Logic Diagram): دیاگرامی است که نحوه ارتباط سیم کشی الکتریکی یک سیستم کنترل را نشان میدهد.

دیود نورانی (Light Emitting Diode) : یک لامپ با آمپر و ولتاژ ضعیف بعنوان نشان دهنده .

حد (Limit) : کنترلی است که روی مدار برق عادی یا مدار ولتاژ ضعیف کنترل قرار میگیرد و درصورتیکه شرایط متغیر کنترل شونده خارج از حدود از قبل تعیین شده برود ، مدار را قطع می کند. در موتور سوئیچی است که با رسیدن موتور به حالت خلاص دستور قطع برق آن را می دهد.

ولتاژ خط (Line Voltage): در صنعت کنترل ، ولتاژ نرمال تغذیه که معمولاً بین ۱۲۰ یا ۲۰۸ ولت است.

بار (Load): وسیله ای الکتریکی یا الکترونیکی است که برق مصرف می کند.

هوشمند (Logic): یک مدار تصمیم گیرنده در یک مدار یکپارچه .

ولتاژ ضعیف (Low voltage): در صنعت کنترل به ولتاژ ۲۴ ولت و کمتر اطلاق میشود.

رله مغناطیسی (Magnetic Relay) : یک کنتاکت یا رله ای که بوسیله میدان مغناطیسی (سولونوئید) عمل می کند. یک رله سوئیچی که از بوبین برای ایجاد قطع و وصل استفاده می کند.

راه انداز مغناطیسی (Magnetic Starter): کنتاکتورهایی که رله حفاظت در مقابل افزایش بار دارند. گاه به آنها "Mags" یا "Mag Starter" هم میگویند.

راه انداز دستی (Manual Starter): سوئیچ مخصوص موتورها که برای حفاظت بار بیش از حد در نظر گرفته می شود. معمولاً برای موتورهای ۱۰ اسب و کمتر استفاده می شود.

حافظه (Memory): یک زیر سیستم رایانه ای برای ذخیره اطلاعات و دستورالعمل ها.

ریزپردازنده (Microprcessor): یک مدار یکپارچه چند منظوره برای انجام عملیات هوشمند. رایانه کوچکی که برای تنظیم بار دستگاهها استفاده می شود و دستگاه ها را به ترتیب خاموش و روشن می کند تا در مصرف انرژی صرفه جویی شود.

کنترلر با ساختار ریزپردازنده (Microprocessor - Based Controller): وسیله ای شامل واحد ریز پردازنده، ورودی و خروجی شماره ای، مبدلهای شماره ای به قیاسی و قیاسی به شماره ای ، تغذیه برق و یک برنامه نرم افزار برای انجام برنامه های هوشمند دیجیتال مستقیم.

موتور تدریجی (Modulating Motor): یک موتور الکتریکی دو طرفه که بعنوان محرک شیر یا دمپر استفاده میشود و می تواند آنرا درهر وضعیت بین کاملاً باز و کاملاً بسته در تناسب با متغیر کنترل شده قراردهد.

کنترلر موتور (Motor Controller): کنترلرهایی که برای خاموش و روشن کردن موتورهای صنعتی استفاده میشوند و به سه گروه تقسیم میشوند : راه اندازهای دستی ، کنتاکتورها و راه اندازهای مغناطیسی .

ترموستات چند مرحله ای (Multistage Thermostat): یک کنترل کننده دما که دو سویچ یا بیشتر دارد که در پاسخ به نیازهای گرمایی و سرمایی به ترتیب باز و بسته میشوند.

معمولاً بسته (Normally Closed): در رله، کنتالت های معمولاً بسته ، کنتاکت هایی هستند که وقتی رله بدون برق می شود، بسته میشوند.

معمولاً باز (Normally Open) : در رله ها، کنتاکت های معمولاً باز ، کنتاکت هایی هستند که وقتی رله بدون برق می شود در حالت باز باقی می مانند.

قطع و وصل بهینه (Optimum Start/Stop) : یک کنترل در سیستم «HVAC» بهینه تعریف میشود که بطور خودکار برنامه کار هوارسانها را با توجه به دما و رطوبت داخل و بیرون تنظیم میکند و تلاش دارد که روشن شدن دستگاهها را تا حد امکان دیرتر و خاموش

شدن آنها را هر چه ممکن است زودتر انجام دهد.

رله پیلوت (Pilot Duty Relay): رله ای که برای در مدار قرار دادن یک رله دیگر یا شیر سلونوئیدی یک کویل استفاده میشود. کنتاکتهای این رله در مدار ثانویه قرار دارد. طبقه بندی این رله ها با ولت آمپر (VA) است.

مقاومت متغیر (Potentiometer): یک وسیله الکترونیکی با مقاومت متغیر که ترمینالهای آن به دو سر یک مقاومت وصل است و ترمینال سوم به کنتاکت اصطکاکی اتصال دارد. ورودی الکتریکی با حرکت کنتاکت روی المان مقاومت تقسیم میشود و این امکان را میدهد که بطور مکانیکی مقاومت تغییر کند.

حامل فرعی خط قدرت (Power Line Subcarrier) : وسیله ای است که اجازه میدهد سیستم برق موجود ساختمان فرمانی را به سیستم مدیریت انرژی حمل کند.

پردازنده (Processor) : به واحد پردازنده مرکزی مراجعه شود.

حافظه فقط خواندنی برنامه پذیر (PROM)(Programmable Read Only Memory) : یک نوع حافظه است که محل آن در دسترس و مستقیماً قابل خواندن است. اپراتور می تواند پارامترهای آن از قبیل نقاط تنظیم ، حدود و زمان خاموشی را در حد کنترل معمولی تغییر دهد ولی برنامه هوشمند آن فقط با تعویض تراشه ها قابل تغییر است.

تناسبی - انتگرال - مشتقی (Proportional - Integral-Derivative): نوع کنترلی است که برای کنترل ابزار تدریجی مانند شیرها، دمپرها و دیگر ابزار با سرعت متغیر استفاده میشود. به کنترل تدریجی، کنترل یکپارچه و کنترل مشتقی مراجعه شود.

حافظه با دستیابی اتفاقی (RAM) (Random Access Memory) : نوع حافظه ای است که می توان آن را خواند و روی آن نوشت و میتوان مستقیماً محل آن را به راحتی و سریع تر از هر محل دیگری در دسترس قرارداد .

حافظه فقط خواندنی (ROM) (Read Only Memory) : حافظه ای است که محل آنرا می توان مستقیماً یافته و آنرا خواندولی نمی توان روی آن نوشت .

رله (Relay): یک وسیله الکترومکانیکی که دارای بوبین و کنتاکت های مستقل است و بواسطه عمل یک کنترل شونده باز یا بسته می شود. کنتاکت های رله ها بصورت معمولاً « باز » یا معمولاً « بسته » میباشند.

دتکتور مقاومتی دما (RTD) (Resistance Temperature Detector) : وسیله ایست که تغییرات مقاومت آن نسبت به دما محسوس و قابل پیش بینی است .

مقاومت (Resistor): یک وسیله الکترونیکی که حرکت جریان را کند می کند. جریان آن متناسب با ولتاژ اعمال شده و هدایت الکتریکی مواد اصلی رزیستور میباشد.

مرتب کننده (Sequencer): وسیله ای الکترونیکی است که می توان آن را برای اجرای یک سری عملیات پشت سر هم مرتب و تنظیم نمود.

کنترل ترتیبی (Sequencing Control): کنترلی است که وقتی نیاز به گرمایش یا سرمایش باشد به ترتیب یک سری دستور به دستگاههای گرم کننده یا خنک کننده صادر میکند. ممکن است الکترونیکی یا الکترومکانیکی باشد.

کابل حفاظ دار (Shielded Cable): یک کابل مخصوص که با دستگاهی که ولتاژ ضعیف تولید می کند بکار برده میشود. برای کم کردن سر و صدای ناشی از فرکانس در سیگنال خروجی استفاده میشود.

یکسو کننده سیلیکونی (SCR) (Silicon Controlled Rectifier): یک کلید الکترونیکی از نیمه هادیها که سه ترمینال دارد.

کنترلر پله ای (Step Controller): یک وسیله الکترو مکانیکی است که در سیستم الکتریکی یا پنوماتیکی استفاده میشود. و می توان آنرا برای به کار انداختن یک سری عملیات پشت سر هم تنظیم نمود.

رله قطع و وصل (Switching Relay): رله های قطع و وصل در مصارف عمومی به کار می رود و قابلیت سوئیچینگ سیستم و قطع کردن مدارهای الکتریکی را افزایش می دهد.

کنترلر سطح (System -level Controller) : یک کنترلر با ساختار ریز پردازنده که برای کنترل دستگاههای مرکزی مانند هوارسان، بویلر و چیلر و غیره استفاده میشود. این کنترلرها معمولاً دارای ورودی و خروجی قابل توسعه و برنامه های کنترل میباشند و ممکن است برای کنترل یک سیستم مکانیکی از یک یا بیشتر از یک کنترلر استفاده کند.

کنترل زمانی دو وضعیتی (Timed - Two Position Control): این وسیله یک نمونه اصلاح شده عمل الکتریکی دو وضعیتی است و معمولاً در ترموستات های الکتریکی و الکترونیکی اتاقی برای کاهش اختلاف شرایط استفاده میشود. در ترموستات الکتریکی از "Anticipation" استفاده میشود، ترموستات الکترونیکی از یک ساعت برنامه ریزی شده برای به حداقل رساندن زمان قطع و وصل استفاده می کند.

ترمیستور(Thermistor): وسیله ای که تغییرات مقاومت آن نسبت به دما بسیار محسوس و قابل پیش بینی است.

ترموکوپل (Thermocouple): اتصال بین دو ماده غیر مشابه که ولتاژی مناسب با دما در محل اتصال بوجود آورد. این ولتاژ تابع دمای

اتصال است .

برنامه ریزی براساس زمان (Time Based Scheduling): مراحل کار دستگاههای برقی که نسبت به ساعات روز ، روزهای هفته ، ماه یا سال برنامه ریزی شده و خاموش و روشن شوند.

ساعت زمانی (Time Clock): یک وسیله الکتریکی ، الکترونیکی یا مکانیکی که به دستگاههای الکتریکی وصل میشود و برای زمان قطع و وصل آنها برنامه ریزی شده است .

دامنه ولتاژ (Voltage Range) : تغییرات ولتاژ مورد نیاز خروجی کنترلر به منظورتغییر دامنه تروتلینگ. برای مثال ، یک سیستم ۶ تا ۹ ولت دارای دامنه ولتاژ ۳ است .

مبدل وات (Watt Transducer): وسیله ای که سیگنال جریان را به سیگنال تناسبی میلی ولتی تبدیل می کند. درنقطه مشترک ترانسفورماتورهای جریان و پانل مدیریت بار استفاده میشود.

کنترلر منطقه ای (Zone Level Controller): کنترلر با ساختار ریز پردازنده برای کنترل دستگاههای مختلف "HVAC " مانند جعبه های حجم متغیر ، فن کویل و هیت پمپ . این وسیله معمولاً قابلیت ورودی و خروجی محدود و ترتیب کنترل استاندارد دارد و معمولاً برای یک کاربرد خاص استفاده میشود.

تعاریف مربوط به کنترل ، بخش پنوماتیک

کمپرسور هوا(Air Compressor): یک پمپ ضربه ای یا جابجایی مثبت برای فشرده کردن هوا با فشارهای نسبتاً زیاد مانند ۶۰ الی ۱۰۰ پوند بر اینچ مربع .

خشک کن هوا (Air Dryer): یک وسیله تبریدی که رطوبت هوا را می گیرد.

فیلتر هوا (Air Filter): وسیله ای که در ورودی هوا به کمپرسور نصب میشود تا گرد و خاک و آلودگی هوا را بگیرد.

خطوط انتقال هوا (Air Lines): جنس لوله توزیع هوا معمولاً از مس یا پلی اتیلن است . خطوطی که به ابزار کنترل مانند ترموستات ، هیومیدستات و غیره می رود بنام خطوط اصلی خوانده میشود. و به خطوطی که از این ابزار به محرک ها مانند دمپر و شیر میرود خطوط انشعاب می گویند.

تخلیه خودکار(Automatic Drain) : تخلیه ایست که برای خشک کن تبریدی هوا نصب می کنند و بصورت خودکار رطوبت گرفته شده را تخلیه می کند.

فشار خنثی (Deadband Pressure): فشار خنثی فشار خروجی است که درآن فشارنه گرمایش وجود دارد نه سرمایش .

سیستم دو فشاری (Dual Pressure System): سیستمی که به دو فشار متفاوت نیاز دارد.

فشار سنج طرف پرفشار(High Pressure Gauge): فشار سنجی است که روی خطوط اصلی قبل از ایستگاه تقلیل فشار نصب میشود و فشار مخزن ذخیره هوا را نشان می دهد.

فشار سنج طرف کم فشار (Low Pressure Gauge): فشار سنجی که بعد از شیرهای فشارشکن نصب میشود و فشار خطوط اصلی بعد از آن را نشان میدهد.

تخلیه دستی (Manual Drain): شیر دستی برای تخلیه رطوبت و آلودگی مخزن ذخیره هوا.

معمولاً بسته ((Normally Closed (NC)): وضعیت ابزار کنترل پس از قطع نیروی محرک. به ابزار کنترلی که درصورت کم شدن فشار هوای خط انشعاب به سمت بستن میرود. « معمولاً بسته » می گویند. وضعیت شیر یا دمپر پس از قطع نیروی محرک.

معمولاً باز ((Normally Open (NO): وضعیت ابزار کنترل پس از قطع نیروی محرک. به ابزار کنترلی که با کم شدن فشار هوای خط انشعاب به سمت باز شدن میرود، « معمولاً باز » می گویند. وضعیت شیر یا دمپر پس از قطع نیروی محرک .

فشار خروجی کنترلر پنوماتیکی (Pneumatic Controller Output Pressure): فشار خروجی یک کنترلر پنوماتیکی معمولاً به پوند برانیچ مربع ذکر میشود و حدود تغییرات آن معمولاً ۱۲ پوند بر اینچ مربع است (بین ۳ تا ۱۵ پوند برانیچ مربع) و نقطه میانی ۹ پوند برانیچ مربع گرفته می شود. در مثال زیر، کنترلری که دامنه تروتلینگ آن ۶ درجه فارنهایت ، از ۷۲ تا ۷۸ درجه فارنهایت است، و در نقطه ۷۵ درجه فارنهایت تنظیم شده است ، فشار خروجی بشرح زیر است و بستگی به نوع کنترلر دارد که از نوع مستقیم یا معکوس عمل کننده باشد.

دمـا درجه فارنهایت	خروجی عمل کننده مستقیم پوند بر اینچ مربع	خروجی عمل کننده معکوس پوند بر اینچ مربع
۷۲	۳	۱۲
۷۵	۹	۹
۷۸	۱۲	۳

موقعیت یاب مثبت (Positive Positioner): هر گاه نیاز باشد که موقعیت و وضعیت یک ابزار کنترل بطور مثبت و دقیق کنترل شود از این وسیله استفاده می شود.موقعیت یاب مثبت برای دست یابی به موقعیت مناسب ابزار کنترل طبق درخواست کنترلر حتی میتواند تمام فشار خط را در اختیار محرک قراردهد.

دامنه فشار (Pressure Range): تغییرات فشار خروجی کنترلر برای دست یابی به دامنه تروتلینگ . برای مثال دریک سیستم با فشار ۳ الی ۱۵ پوند بر اینچ مربع ، دامنه فشار ۱۲ پوند بر اینچ مربع است .

شیرفشار شکن (Pressure Reducing Valve): شیر فشار شکن (PRV) ، فشارقوی مخزن ذخیره هوا را تا فشار قابل استفاده خط ابزار کنترل، کاهش میدهد.فشارخط اصلی معمولاً برای ۱۸تا۲۰ پوند بر اینچ مربع تنظیم می شود.

کلید فشار (Pressure Switch): کلیـدی کـه کمپرسور هـوا را دریـک نقطه فشار از پیش تعیین شده (Set Point) روشن و خاموش میکند. برای مثال ، ممکن است کلید، زمانیکه فشار در مخزن هوا به ۶۵ پوند بر اینچ مربع میرسد، کمپرسور را روشن و در۸۵ خاموش کند.

مخزن ذخیره (Receiver Tank): مخزنی که هوای فشرده شده از کمپرسور به آن میرسد و برای توزیع در سیستم، ذخیره می شود.

رله (Relay): کلیدی پنوماتیکی است.

شیر اطمینان (Relief Valve): بطور کلی دو نوع شیر اطمینان در سیستم هوای فشرده وجود دارد. یک شیر اطمینان فشار قوی که روی مخزن ذخیره نصب میشود و مخزن را در مقابل ازدیاد فشارحفاظت می کند و دیگری که روی خطوط اصلی و برای حفاظت ابزار کنترل نصب میشود.

سیستم تک فشاری (Single Pressure System): سیستمی که تنها به یک فشار اصلی نیاز دارد.

دامنه کار فنر(Spring Range): فنری که حرکت ابزار کنترل را دریک دامنه از پیش تعیین شده محدود میکند. دامنه فنر معمول برای محرکهای پنوماتیکی ۳ الی ۷ ، ۳ الی ۸ ، ۸ الی ۱۳ و ۹ الی ۱۳ پوند برایچ مربع است .

تعاریف الکتریکی

جریان متناوب (Alternating Current): یک مدار الکتریکی است که در آن جریان بطور دائم جهت حرکت خود را تغییر می دهد.

آمپراژ (Amperage): جریان الکترون به کولن در ثانیه که از یک نقطه عبور می کند.

آمپر (Ampere): انـدازه گیـری مقـدار جـریـان الکتـریکی . یک آمپر برابر است با یک کولن در ثانیه یا $۶/۳ \times ۱۰^{۱۸}$ الکترون در ثانیه.

هادی (Conductor): موادی که اجازه عبور الکترون می دهند. سیم های نقره ، مس و آلومینیوم هادی های خوبی هستند که دراین میان مس بعنوان ردیف دوم از بهترین هادیها، بعلت ارزانی و دردسترس بودن، بیشترین مصرف را در سیم کشی الکتریکی دارد.

جریان (Current): انتقال انرژی الکتریکی از یک هادی .

جریان مستقیم (Direct Current): یـک نوع مدار الکتریکی که در آن جریان همیشه دریک جهت حرکت می کند.

نیروی محرکه (الکتریکی) (Electromotive Force): سنجش نیروی الکتریکی یا پتانسیل که به آن ولتاژ هم می گویند.

فرکانس (Frequency): تعداد سیکل کامل جریان متناوب در ثانیه .

زمین (Ground): ضعیف ترین ولتاژ ممکن یک سیستم الکتریکی .

هرتز (Hertz) : تعداد سیکل کامل جریان متناوب در ثانیه .

سیم داغ (Hot Wire): هر سیمی که ولتاژ آن از ولتاژ زمین یا ولتاژ خنثی بیشتر باشد.

امپدانس (Impedence): جمع کل مقاومتی که بر سر راه جریان متناوب وجود دارد که شامل ترکیبی از مقاومتها، خازن ها و خود القاءها(Inductance) باشد . امپدانس به اهم اندازه گیری میشود.

القاء (Induction): روند تولید جریان الکترون با حرکت نسبی یک میدان مغناطیسی در یک هادی. در ترانسفورماتورها جریان الکتریکی در سیم پیچ اول یک میدان مغناطیسی بوجود می آورد. این میدان در سیم پیچ دوم جریان الکتریکی ایجاد میکند.

نارسانا(Insulator): موادی که به راحتی اجازه عبور الکترون نمی دهند. برخی از بهترین نارساناها لاستیک، شیشه و پلاستیک است .

مدار ذاتاً ایمن (Intrinsically Safe Circuit): مداری که بطور ذاتی ایمن باشد مداری است که در آن هر جرقه ای ناشی از حرارت زیاد یا هر وضعیت غیر عادی دیگر ، در شرایط تست ، نتواند مواد سوختنی یا قابل اشتعال را در مخلوطی با تراکم حداکثر برای سوختن ، در هوا آتش بزند.

دستگاه ذاتاً ایمن (Intrinsically Safe Device): دستگاهی که تمام مدارهای آن بطور ذاتی ایمن باشند.

کیلوولت آمپر (Kilo - Volt -Ampere): هزار ولت آمپر

کیلو وات (Kilowatt): هزار وات

کیلو وات ساعت (Kilowatt- Hour): هزار وات ساعت

خنثی (Neutral): قسمتی از مدار برقی که اختلاف ولتاژ آن نسبت به زمین صفر باشد.

اهم (Ohm) : اندازه گیری مقاومت در مدار الکتریکی

مدار باز (Open Circuit): حالتی که در آن (عمداً یا سهواً) یک هادی جریان یا اتصال بوسیله یک کلید یا وسایل ایمنی و یا اینترلاک باز می شود. یک مدار باز جریان برق را متوقف می کند.

فاز (Phase): تعداد بالاترین ولتاژ جریان متناوب ، با فاصله های زمانی متفاوت ، که دریک مدار وجود دارد.

اتصال کوتاه (Short Circuit): حالتی که در آن سیم برق دار ، بازبین یا سیم خنثی تماس پیدا می کند.

ولتاژ (Voltage): سنجش یک نیروی الکتریکی یا پتانسیل. بنام نیروی محرک الکتریکی نیز خوانده می شود.

ولت - آمپر (Volt- Ampere): واحد توان ظاهری

وات (Watt): واحد توان حقیقی

وات ساعت (Watt- Hour): یک روش اندازه گیری انرژی

تعاریف مربوط به انرژی

بی تی یو (Btu) : یک واحد اندازه گیری انرژی

انرژی (Energy): سنجش توان مصرف شده. قابلیت انجام کار. کار ذخیره شده. واحدهای انرژی به فوت - پوند، بی تی یو و کیلو وات ساعت است .

انتروپی (Entropy) : آن مقدار از انرژی سیستم که برای تبدیل به کار مفید قابل دسترس است .

فوت - پوند (Foot - Pound): یک واحد انرژی

گرما (Heat): انتقال انرژی از یک ماده به ماده دیگر در اثر اختلاف دما. شکلی از انتقال انرژی بواسطه اختلاف دما ، انرژی گرمایی همیشه از جسم گرمتر به سمت جسم سردتر حرکت می کند. در تاسیسات HVAC از سیالات هوا ، آب و مبرد برای انتقال گرما از یک محل به محل دیگر استفاده میشود.

کیلووات ساعت (Kilowatt- hour) : هزار وات - ساعت - یک واحد انرژی

انرژی جنبشی (Kinetic Energy): انرژی حرکتی یک جسم

قانون بقا انرژی (Law of Conservation of Energy) : انرژی نه بوجود می آید نه از بین میرود بلکه از یک صورت به صورت دیگر تبدیل می شود.

معادل انرژی مکانیکی (Mechanical Energy Equivalent): ۷۷۸ فوت - پوند برابراست با یک بی تی یو.

انرژی پتانسیل (Potential Energy): انرژی ذخیره شده.

انرژی کل (Totol Energy): انرژی کل = انرژی جنبشی + انرژی پتانسیل

وات - ساعت (Watt- Hour): یک واحد انرژی

تعاریف مربوط به بادزن

طرف محرک (Drive Side): برای بادزن های تک ورودی تک چرخی ، طرف محرک طرف مقابل ورودی محسوب میشود . برای بادزنهای با دو دهانه ورودی و دو چرخ ، طرف محرک طرفی است که محرک قرار گرفته است .

حجم هوادهی بادزن (Fan Air Volume): میزان جریان هوا در ورودی بادزن که به فوت مکعب در دقیقه بیان میشود و مستقل از چگالی هوا است .

سطح وزش بادزن (Fan Blast Area): سطح خروجی بادزن منهای سطوح مانع جریان (Cutoff).

راندمان بادزن (Fan Efficiency): نسبت انرژی مفید خروجی به توان داده شده . توان اسب بخار هوا به توان حقیقی .

سطح خروجی بادزن (Fan Outlet Area): سطح ناخالص داخلی بادزن در دهانه خروجی که به فوت مربع ذکر میشود.

سرعت خروجی بادزن (Fan Outlet Velocity): سرعت تئوریکی هوا هنگام خروج از بادزن. سرعتی که در شرایط حرکت یکنواخت هوا می تواند وجود داشته باشد . سرعت خروجی بادزن از تقسیم میزان هوادهی به سطح خروجی بادزن بدست می آید.

منحنی عملکرد بادزن (Fan Performance Curve): منحنی عملکرد بادزن نمایش گرافیکی عملکرد بادزن از وزش آزاد تا حد بدون جریان هوا میباشد .

راندمان استاتیکی بادزن (Fan Static Efficiency): توان اسب بخار استاتیکی هوا تقسیم بر توان اسب بخار حقیقی .

فشار استاتیک بادزن (Fan Static Pressure): فشار کل بادزن منهای فشار سینتیک .

راندمان کل بادزن (Fan Total Efficiency): توان کل (به اسب بخار) تقسیم بر توان حقیقی (اسب بخار).

فشار کل بادزن (Fan Total Pressure): مقدار افزایش فشار کل ورودی نسبت به فشار کل خروجی بادزن، سنجش انرژی مکانیکی کل که توسط بادزن به هوا داده میشود.

فشار سینتیک بادزن (Fan Velocity Pressure): فشاری که مربوط به سرعت میانگین حرکت هوا در خروجی بادزن است .

بادزن بدون اضافه بار (Nonoverloading): به بادزنی گفته میشود که منحنی توان آن ، با افزایش مقدار هوا، تا نقطه سمت راست راندمان حداکثر افزایش می یابد ولی بعد از آن نقطه توان کاهش می یابد.

چنانچه موتور براساس حداکثر توانی که روی منحنی مشخصه قرار دارد انتخاب شود هیچگاه اضافه بار (Overload)نمی گیرد. بادزن های نوع پره خمیده به عقب از دسته بادزن های بدون بار اضافی شمرده میشوند.

فشار استاتیک (Static Pressure): فشار یا نیرویی که در دستگاه یا کانال وجود دارد و یا فشاری که به تمام دیواره و جداره آنها وارد می کند و هوا را به سمت جلو می راند.

سرعت نوک (Tip Speed): سرعت نوک پره بادزن بر حسب فوت در دقیقه .

فشار کل (Total Pressure): جمع جبری فشاراستاتیک و سینتیک در یک نقطه .

فشار کل استاتیک (Total Static Pressure): افزایش فشار استاتیک ورودی بادزن تا فشار استاتیک خروجی.

فشار سرعتی (Velocity Pressure): فشار سرعتی فشاری است که بعلت حرکت هوا بوجود می آید و از نظر ریاضی نسبت مستقیم با سرعت هوا دارد.

تعاریف مربوط به تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع و دستگاه ها و اجزای تشکیل دهنده آنها

پولی قابل تنظیم (Adjustable Sheave): شیارهای جا تسمه ای این پولی ها از نوع قابل تنظیم است. به این پولی ها پولی سرعت متغیر یا پولی قطر گام متغیر هم می گویند.

واحد تهویه مطبوع (Air Conditioning Unit): واحدی که در آن اجزای مختلف برای مطبوع کردن هوا درکنار هم قرار گرفته اند.مانند هوارسان (در سیستم های بزرگ) وفن کویل (درسیستم های کوچکتر).

جداکننده هوا (Air Separator): جداکننده وسیله ایست که هوای سیستم های هیدرونیک را از سیستم خارج می کند . چند نوع جداکننده هوا وجود دارد . نوع گریز از مرکز بر اساس عمل نیروی گریز از مرکز در سرعت های پائین عمل می کند. نیروی گریز از مرکز یک حالت گردابی در مرکز مخزن بوجود می آورد و آب سنگین تر و بدون هوا را به قسمت بیرونی مخزن پرت می کند و اجازه می دهد که مخلوط آب و هوای سبک با سرعت کم به توری که در مرکز گرداب قرار گرفته است وارد شود. هوای جدا شده محبوس که سبک تر است به مخزن انبساط وارد میشود . جداکننده هوا از نوع لوله غوطه ور در قسمت بالایی دیگ ها نصب میشود. وقتی آب گرم میشود ، هوا جدا شده و در نقطه بالایی دیگ جمع میشود. لوله غوطه ور (DipTube)اجازه می دهد که این هوا وارد

مخزن انبساط (Compression Tank) بشود. مخزن جداکننده هوا با لوله غوطه ور که روی خط نصب میشود نوع دیگری از جداکننده ها است و وقتی از آن استفاده می شود که بویلر محل مناسبی برای جداکردن هوا نباشد.

جریان سنج حلقوی (Annular Flow Meter): این جریان سنج ها دارای چند سوراخ اندازه گیرجریان هستند که در لوله آب نصب میشوند. سوراخ های سنسور شبیه سوراخ های لوله پیتوت برای نقاط عرضی کانال طوری در لوله قرار میگیرند که هر کدام یک سطح معین و مشخص را پوشش دهند . جریان سنج ، سرعت عبور آب را از نقاطی که سنسور دارد اندازه می گیرد. سوراخ بالادست جریان سنج فشار بالا و سوراخ های پائین دست،فشار ضعیف را اندازه می گیرد. اختلاف حاصله ، یا افت فشار بوسیله فشارسنج مناسب اندازه گرفته می شود. نمودار کالیبره شده که مقدار جریان (gpm) را نسبت به افت فشار نشان میدهد با جریان سنج تحویل داده می شود.

هواگیر خودکار(Automatic Air Vent): دو نوع هواگیر خودکار وجود دارد،نوع هیدروسکپ (آب گیر) از موادی تشکیل شده که وقتی خیس باشد انبساط می یابد و شیرهواگیر را می بندد اگر هوا در سیستم موجود باشد، رطوبت مواد یاد شده را می گیرد و باعث انقباض آنها و باز شدن شیر میشود.

هواگیر دیگر نوع شناور است که در واقع تا زمانی که آب در آن باشد شیر هوا را بوسیله شناور بسته نگه میدارد. اگر هوا در سیستم باشد به سمت هواگیر میرود و به شناور میرسد و با افتادن آن شیر هوا باز شود.

دمپر خودکار کنترل دما (Automatic Temperature Control Damper): دمپرهائی که با دمای سیستم کنترل می شوند و معمولاً از نوع پره موازی یامخالف هستند ممکن است دو وضعیتی یا تدریجی عمل کنند. کنترل دو وضعیتی بدین معنی است که دمپر یا باز است یا بسته ، کنترل تدریجی دمپر را به تدریج بسمت باز یا بسته می برد. این نوع دمپرها در وضعیت بسته باید کاملاً هوابند باشند.

شیر خودکار کنترل دما(Automatic Temperature Control Valve): از این شیرها برای کنترل جریان آب، مخلوط کردن یا انحراف مسیر آن ، استفاده می شود . ساختمان این شیرها دو راهه یا سه راهه است و کنترل آن از نوع تدریجی یا دو وضعیتی است .

دمپر پس خور (Backdraft - Damper): دمپری است که چنانچه در جهت مسیر عبور هوا در آن افت فشاری بوجود آورد باز میکند و پس از متوقف شدن جریان با نیروی ثقل می بندد.

جایگاه متعادل سازی (Balancing Station) : از جایگاه متعادل سازی برای اندازه گیری و کنترل جریان آب یا هوا استفاده میشود و شامل ابزار اندازه گیری ، وسیله کنترل حجم و قطعه مستقیم لوله و یا کانال ورودی و خروجی جایگاه میباشد.

شیرتوپکی (Ball Valve): شیر توپکی یک شیر دستی است که برای تنظیم مقدار جریان آب استفاده میشود. مشابه شیر سماوری (Plug valve) است و اغلب برای متعادل کردن سیستم آب استفاده می شود. افت فشار کم و مشخصه جریان بسیار خوبی دارد.

شیر پروانه ای (Butterfly Valve): شیر پروانه ای یک شیردستی تنظیم جریان آب است . یک حلقه سنگین دارد که یک دیسک چرخان را که روی محور خود میگردد احاطه می کند و در اصول شبیه دمپر یک پره ای در کانال گرد است . افت فشار کمی دارد و بعنوان شیر تعادل استفاده میشود ولی مشخصه ترو تلینگ آن بخوبی شیرهای توپکی و سماوری نیست .

شیر تعادل کالیبره شده (Calibrated Balancing Valve): یک شیر تعادل با جریان سنج های مختلف مانند اورفیس ، وانتوری و حلقوی ، برای تنظیم جریان به کار می رود. شیر تعادل کالیبره شده هر دو کار را تواماً انجام می دهد. این شیرها شبیه شیرهای تعادل هستند جز اینکه سازنده معمولاً در دو طرف ورودی و خروجی آنها دهانه های فشار تعبیه می کندو شیررا در وضعیت های مختلف با جریان شناخته شده کالیبره می کند (افت فشار را نسبت به جریان اندازه می گیرد) . شیر یک صفحه مدرج دارد که اندازه باز شدن آن را نشان می دهد. نمودار ارتباط افت فشار با جریان (gpm) همراه با شیر به خریدار داده میشود. افت فشار بوسیله اختلاف فشار سنج اندازه گرفته می شود.

دیفیوزر سقفی (Ceiling Diffuser) : الگوی حرکت هوا از این دریچه معمولاً افقی و چسبیده به سقف است که اثر سطح (Surface Effect) خوبی ایجاد می کند . دیفیوزرهای سقفی چهارگوش (مستطیلی یا مربع) معمولاً هوارا در یک ، دو ، سه یا چهار طرف پرتاب می کنند . دیفیوزهای سقفی گرد هوا را در تمام جهات پرتاب می نمایند.

شیر یکطرفه (Check Valve): شیر یکطرفه شیری دستی است که جهت جریان را بیک سمت مشخص محدود می کند. شیر یکطرفه اجازه می دهد که جریان به یک سمت برود ولی از برگشت آن ممانعت می کند، شیرهای یکطرفه لولایی یک دیسک دارند که وقتی سیستم روشن میشود و فشارایجاد میگردد آنرا بیک سمت حرکت می دهد و وقتی سیستم خاموش میشود با وزن خود می بندد. شیرهای یکطرفه فنری ، فنری دارند که شیر را در حالت بسته نگهمیدارد. فشار آب در جهت درست حرکت به فنر وارد میشود و شیر را باز می کند.

پروانه تمام بسته (Closed Impeller): پروانه ای که دارای پوشش و یا دیواره باشد و مخصوص مایعات تمیز و غیر آلوده مانند آب

طراحی شده باشند.

کویل (Coil): کویلها وسیله انتقال حرارت (مبدل حرارت) هستند و ساخت آنها بسیار متنوع است و برای سیالات مختلف کاربرد دارند. در کاربرد هیدرونیک کویلها برای گرم کردن ، سردکردن و رطوبت گیری هوا استفاده میشوند. کلکتورها و لوله های کویل های هیدرونیک اکثراً مسی با پره آلومینیومی یا مسی و با قاب از جنس ورق فولاد گالوانیزه ساخته میشوند.

شیر ترکیبی (Combination Valve) : شیر ترکیبی جریان را تنظیم و جهت آن را محدود می کند. این شیر ترکیبی از شیر یکطرفه ، شیر تعادل کالیبره شده و شیرقطع و وصل است و ساختار آن مستقیم یا گوشه ای است . شیر بعنوان یک شیر یکطرفه درخروجی پمپ نصب میشود و جریان معکوس را ممانعت می کند و هم چنین برای بسته شدن و آب بند کردن استفاده میشود و می تواند جریان را نیز تنظیم کند . در دو طرف آن سه راهی اتصال (Tap) برای نصب فشار سنج و خواندن افت فشار و مقدار جریان وجود دارد. نموداری برای تبدیل افت فشار به مقدار جریان به همراه شیر داده میشود. شیر هم چنین یک نقطه توقف جهت یادآوری دارد. شیرهای ترکیبی گاهی بنام شیرهای چند منظوره یا شیر سه منظوره خوانده می شوند.

مخزن انبساط (Compression Tank): مخزنی که برای پاسخ گویی به انقباض و انبساط آب در سیستمهای هیدرونیک استفاده میشود . وقتی سیستم پراز آب میشود هوایی که در مخزن است ($^{2}/_{3}$ آب ، $^{1}/_{3}$ هوا) فشرده شده و مثل یک فنر یا بالشتک هوا برای نگهداری فشار مناسب و تغییرات حجم آب سیستم و کنترل تغییرات فشار سیستم عمل می کند. مخزن انبساط سیستم باید درمکش پمپ قرار گیرد. نقطه ای که مخزن هوای فشرده به سیستم وصل می شود بنام « نقطه بدون تغییر فشار » خوانده میشود.

جعبه حجم ثابت (Constant Volume Box): جعبه پایانه ای که مقدار ثابتی از هوا را توزیع می کند. این جعبه ها ممکن یک کاناله یا دو کاناله باشند.

جعبه حجم ثابت دو کاناله (Constant Volume Dual Duct Box): جعبه پایانه ای که دو کانال هوای گرم و هوای سرد به دو ورودی مستقل آن وصل میشود . این جعبه مقدار مناسب هوای گرم و سرد را مخلوط کرده و برای ایجاد شرایط آسایش مقداری هوای ثابت وارد اتاق می کند. ممکن است دراین جعبه برای کنترل حجم ثابت هوا از دمپر موتور مکانیکی استفاده شود.دمپرهای هوای مخلوط بوسیله ترموستات اتاق کنترل میشوند. زمانیکه فشار ورودی افزایش می یابد ، رگولاتور بسته میشود تا مقدار ثابت هوا از جعبه عبور کند. یک نوع دیگر کنترل جعبه حجم ثابت از دو موتور ، دو دمپر مخلوط کننده و یک سنسور فشار استفاده می کند تا بتواند مقدار جریان هوا و دمای آنرا کنترل نماید. موتور کنترل کانال هوای گرم با ترموستات باز و بسته میشود تا دمای اتاق را حفظ کند . دهانه ورودی کانال سرد نیز به ترموستات متصل است ولی یک رله دارد که اختلاف فشار دو طرف سنسور را حس می کند. این دمپربا ترموستات اتاق باز و بسته می شود و اختلاف فشار هوای عبوری از سنسور و حجم هوا را ثابت نگه میدارد.

جعبه حجم ثابت یک کانالی (Constant Volume Single Duct Box): جعبه ای است که یک دهانه ورودی دارد که از آن هوا (معمولاً سرد) با حجم و دمای ثابت وارد جعبه میشود. جریان هوای عبوری از جعبه بوسیله دمپر دستی یا رگولاتور حجم ثابت مکانیکی کنترل میشود. این رگولاتور با استفاده از فنر و صفحه سوراخ دار یا پره های دمپر ، سطح مفید عبور هوا را با افزایش و کاهش فشار ورودی کم و زیاد می کند. یک کویل باز گرمکن یا یک کویل سرمایی ممکن است در جعبه یا در خروجی آن نصب شود . ترموستات اتاق کویل را کنترل می کند.

کویل سرمایی (Cooling Coil): کویل آب سرد یا مبرد.

لوله های کویل سرمایی (Cooling Coil Tubes): لوله های کویل سرمایی معمولاً مسی است ولی ممکن است از فولاد، فولاد زنگ ناپذیر و برنج نیز گاهی استفاده شود. در کاربردهای ویژه از آلیاژ مس - نیکل استفاده میشود . برای کاربردهایی که حالت خورندگی دارد، روکشهای حفاظتی گوناگونی در دسترس است. تعداد لوله های کویل در ردیف و ارتفاع متغیراست ولی معمولاً ۱ تا ۱۲ ردیف (Row) در جهت حرکت هوا و ۴ تا ۳۶ لوله در ارتفاع میباشد. هر چه تعداد لوله ها بیشتر باشد تبادل حرارتی بیشتری صورت میگیرد ولی مقاومت هوا نیز افزایش یافته و البته کویل گرانتر تمام میشود. قطر لوله ها معمولاً $^{5}/_{8}$ اینچ است .

کویل های با جریان مخالف (Counter Flow Coil): جریان مخالف بدین معنی است که هوا وآب در دو جهت مخالفت یکدیگر حرکت می کنند. آب در نقطه ای وارد کویل میشود که هوا در حال خروج است. برای حداکثر تبادل گرمایی درشرایط معین معمولاً کویلهای بصورت جریان مخالف ساخته می شوند.

صفحه برنده (Cutoff Plate): صفحه ایست که در خروجی بادزن های گریز از مرکز نصب میشود و چنانچه در وضعیت درست قرار نگیرد هوا به سمت چرخ بادزن بر میگردد و باعث کاهش عملکرد بادزن می شود.

دمپر (Damper): وسیله ای برای تنظیم جریان هوا.

دیفیوزر (Diffuser): دریچه خروج هوا که معمولاً در سقف دیده میشود. این دریچه پره های گوناگون برای مخلوط کردن هوای اولیه با هوای اتاق دارد. انواع دیفیوزرها عبارتند از : گرد ، مربع ، مستطیل، خطی و ترفرها (ترکیب دریچه با چراغ Troffers). ساختار

بعضی از دیفیوزرها ثابت و بعضی دیگر متغیر و قابل تنظیم در کارگاه میباشند.

سه راه منحرف کننده (Diverting Tee): وسیله ایست در سیستم تک لوله ای که با ایجاد مقاومت ، مقدار آب مناسب رابه پایانه میرساند.

بادزن دو دهانه دو چرخ (DIDW)(Double Inlet , Double Wide Fan): بادزنی که دو چرخ دارد که در کنار یکدیگر روی یک محور و در یک پوسته محفظه قرار میگیرند. هوا از دو طرف وارد بادزن می شود. دراین نوع بادزن ها معمولاً یاتاقان در مسیر هوا قرار دارد و نسبت به دهانه ورودی حجم زیادی را اشغال می کند. و چنانچه بادزن کوچک باشد باعث کاهش عملکرد آن میشوند . بهمین دلیل کاربرد این بادزنها در ظرفیت کوچک نادر است و بیشتر برای کاربردهای با حجم زیاد انتخاب میشود. این نوع بادزن برای پلنومهای با ورودی باز مناسب است.

پمپ های دو مکشی (Double Suction Pump): پمپی است که آب از دو طرف وارد پروانه آن میشود. پروانه این پمپ شبیه دو پروانه تک ورودی است که در کنار یکدیگر قرار گرفته باشند. پمپ های دو مکشی ورودی و خروجی با دهانه ثابت دارند . قطر دهانه اتصال ورودی معمولاً یک یا دو سایز بزرگتراز دهانه خروجی است .

موتور دو جریانی (Dual Current Motor): موتوری که بطورایمنی با دو جریان حک شده روی پلاک کار کند . آمپر کار هر یک بسته به ولتاژ تغذیه دارد.

جعبه دو کاناله (Dual Duct Box) : جعبه پایانه دو ورودی که با هوای گرم یا سرد یا رطوبت گیری شده تغذیه می شود. کانال گرم هوای گرم را وارد جعبه می کند که ممکن است هوای گرم شده یا هوای برگشت اتاق باشد . کانال دیگر هوای سرد وارد جعبه می کند که ممکن در زمان کار چیلر هوای سرد و رطوبت گیری شده باشد، یا در زمان (Free Cooling) از هوای سرد بیرون استفاده کند. ترموستات اتاق دمپر مخلوط کن را کنترل می کند و امکان می دهد که هوای خروجی سرد یا گرم یا مخلوطی از این دو باشد. جعبه های دو کانالی مستقل از فشارکار می کنند و ممکن است با حجم ثابت یا متغیر باشند.

موتور دو ولتاژی (Dual Voltage Motor): موتوری که بادو ولتاژ بطور ایمن کارکند.موتور تک فاز دو ولتاژی ممکن است ۲۲۰ / ۱۱۰ یا ۲۳۰ / ۱۱۵ ولت باشد.موتور سه فاز دو ولتاژی ۴۴۰/ ۲۲۰یا۴۶۰ /۲۳۰ یا ۴۸۰ / ۲۴۰ ولتی است .

کانال (Duct): مجرایی است از ورق های فولادی یا مواد مناسب دیگر که برای انتقال هوا استفاده می شود.

کوپلینگ متعادل ساز فنری (Equalized Spring Coupling): زمانیکه نیاز به کارآرام و بدون سروصدا باشد ازین نوع کوپلینگ ها استفاده میشود . موتور محور پمپ را از طریق چهار فنر بگردش در می آورد. کشش فنرها بوسیله یک میله کنترل میشود. اگر میزان نصب شده باشد این کوپلینگ به نگهداری نیازی ندارد. چنانچه سروصدا کند و یا بشکند، میزان بودن آن را وارسی کنید.

کویل اواپراتور (Evaporator Coil): کویلی که در آن مبردی بغیر از آب باشد ، از آن برای خنک کردن هوا استفاده می شود.

مخزن انبساط (Expansion Tank): مخزنی که انقباض و انبساط آب را در سیستم های گردش آب جبران می کند. آب متناسب با دمای خود انبساط می یابد. در سیستم های آبی برای این انبساط باید راه حلی پیشنهادی دیده شود. در غیر اینصورت آب محلی برای انبساط نمی یابد و ممکن است باعث ترکیدگی لوله و دیگرزی اجزای سیستم شود.

در سیستم های باز ، یک مخزن انبساط که به هوای خارج ارتباط دارد حدود ۳ فوت بالاتراز بالاترین نقطه سیستم نصب میشود. زمانیکه دمای آب بالا میرود وحجم آن افزایش می یابد، سطح آب در مخزن بالا میرود. کاربرد مخازن انبساط باز محدود به سیستمهایی است که دمای آن ۱۸۰ درجه فارنهایت و کمتر از آن باشد (بعلت مشکلات جوشیدن و تبخیر زیاد آب در دمای بالاتر).

چون این مخزن به محیط باز ارتباط دارد بنا براین همواره با هوا در تماس است و ممکن است اثرات خوردگی بوجود آورد.

دریچه تخلیه هوا (Exhaust Air Inlet): دریچه تخلیه هوا (بادمپر یا بدون دمپر) که اجازه می دهد هوای اتاق به کانال تخلیه وارد شود.

هوابر (Extractor): وسیله ای که در سیستم های هوارسانی با فشار ضعیف کار می کند و هوا را از کانال اصلی به انشعاب هدایت میکند.

بادزن (Fan) : ماشین با حجم ثابت که هوا را به حرکت در می آورد و با تبدیل انرژی گردشی مکانیکی باعث ازدیاد فشار کل هوای جاری میگردد.

پولی بادزن (Fan Sheave): پولی متحرک روی محور بادزن .

پره (Fins): پره کویل باعث گسترش سطح تبادل گرما و ازدیاد راندمان کویل میشوند. کویل های تهویه مطبوع معمولاً دارای ۱۱ الی ۱۴ پره در هر اینچ هستند.

پولی ثابت (Fixed Sheave): شیارهای تسمه روی پولی ثابت هستند.

اتصالات قابل انعطاف (Flexible Connectors): اتصالات قابل انعطاف بین پمپ و لوله کشی که برای کاهش انتقال سر وصدا و لرزش نصب میشود . جنس آنها پلاستیکی ، لاستیکی یا فلزی چند لایه ای است.

کوپلینگ دیسکی قابل انعطاف (Flexible Disc Coupling): از دیسک های قابل انعطاف در کاربردهای سخت که به محیط خیلی

آرام نیاز نباشد استفاده میشود.موتور محور پمپ را بوسیله دیسک قابل انعطاف می گرداند.
اگر صدای غیر عادی شنیده شود ممکن است دیسک فرسوده شده باشد. دیسک قابل انعطاف بهیچ وجه نمیتواند بین دو نیمه کوپلینگ محکم و استوار گردد. با سازنده درباره مقدار خلاصی مجاز مشورت کنید.

جریان سنج (Flow Meters): جریان سنج های صفحه ای ، وانتوری ، حلقوی و شیرهای تبادل کالیبره شده وسایل دایمی هستند که در لوله کشی نصب می شوند و برای اندازه گیری جریان پمپها، مبدل گرمایی،لوله های توزیع و پایانه ها استفاده میشوند. برای اینکه جریان سنج درست نشان دهد لازم است که از محل های گردابی آب فاصله معینی داشته باشد و پروفیل حرکت آب قبل از رسیدن به آنها یکنواخت شده باشد . سازندگان جریان سنج ها معمولاً طول قطعه مستقیم لوله لازم ، قبل و بعد از جریان سنج خود را مشخص می کنندو ممکن است ۵ تا ۲۵ برابر قطر لوله (در بالادست) و ۲ تا ۵ برابر قطر لوله (برای پائین دست) باشد.

تسمه های V شکل با توان جزئی (Fractional Horspower V-Bolts): تسمه های قابل انعطاف برای کارهای سبک در اندازه های ۲ L تا ۵ L عرضه میشوند . ازین تسمه ها روی پولی های کوچک استفاده می شود زیرا از تسمه های صنعتی قابل انعطاف تر هستند.

شیر کشویی (Gate Valve): شیردستی برای قطع و وصل که هنگام سرویس ونگهداری یا باز کردن دستگاهها مورد نیاز است. جریان آب در این شیر مسیر مستقیم دارد لذا افت فشار آن کم است . بعنوان تنظیم کننده جریان فقط ممکن است کاملاً باز یا کاملاً بسته باشد.

شیر کف فلزی (Globe Valve): از این شیرهای دستی در مسیر آب تغذیه استفاده می شود. این شیر میتواند در حالت نیمه باز بهره برداری شود، لذا برای مناسب است . اما این شیر حتی در حالت باز هم افت فشار زیادی دارد و فشار پمپ را بالا میبرد و از این شیر نباید برای متعادل کردن استفاده شود.

دریچه هوا (Grille): دهانه های ورودی هوا به صورت پره ای یا صفحه سوراخ دار مخصوص نصب روی دیوار ، سقف و کف . برای کنترل الگوی جریان هوا. پره های بعضی از گریلها قابل برداشتن است. حرکت دورانی و تغییر وضعیت پره ها جهت جریان هوا را عوض میکند. بعضی دریچه ها مجهز به میله های (Bars) قائم و افقی هستند که با حرکت آنها جهت ، مقدار پرتاب و مسیر توزیع هوا می تواند کنترل شود.

مبدل گرمایی (Heat Exchanger): وسیله که برای تبادل گرما بین دو سیال جدا از هم طراحی شده است. واژه مبدل گرمایی می تواند به هر وسیله ای که ، گرما را تبادل می کند ، مانند کویل ، اطلاق شود. مبدلهای گرمایی در شکل و اندازه های مختلف ساخته میشوند (پوسته و تیوب ، تیوبهای U شکل و حلقه ای و صفحه ای) و برای ترکیب سیالات مختلف استفاده میشوند مانند : بخار به آب (کنورتر) ، آب به بخار (مولد)، مبرد به آب (کندانسور) ، آب به مبرد (چیلر) ، آب به آب (مبدل گرمایی) ، هوا به مبرد (کویل) و بالاخره هوا به آب یا آب به هوا (کویل).

کویل گرمایی (Heating Coil): کویل گرمایی برقی یا آبی یا بخاری .

فیلترهای با راندمان بالا (High Effeciency Particulate Air Filters): فیلترهای"HEPA" با راندمان بالاتر از ۹۹/۹۷ درصد برای ذرات ۰/۳ میکرون کـه بوسیله تست "Dop" (Dioctyl Phthalate) آزمایش می شوند.

جعبه القایی (Induction Box): هوای اولیه با دمای ثابت ازطریق یک نازل یا وانتوری عبور داده می شود و هوای اتاق یا برگشت را بطرف داخل جعبه می کشد و با هوای رفت مخلوط می کند. سرعت زیاد هوای اولیه باعث ایجاد منطقه کم فشار شده و هوای ثانویه را همراه خود میکشد (القاء می کند) . هوای مخلوط اولیه و ثانویه وارد اتاق می شود.
بعضی از جعبه ها به کویل گرمایی یا سرمایی مجهز هستند که هوای القاء شده از روی آن گذر می کند. این جعبه ها ممکن است با حجم هوای ثابت یا متغیر ، مستقل یا وابسته به فشار باشند.

تسمه های V شکل صنعتی (Industrial V-Belts): تسمه های در اندازه A الی E .

دریچه چراغ دار (Light Troffer): یک نوع دیفیوزر سقفی که در بالای یک چراغ فلورسنت قرار میگیرد و هوا را از شکاف تعبیه شده در طول پایه چراغ توزیع می کند. این نوع دریچه در انواع مختلف موجود است. یک نوع از آن هوا را از دو طرف چراغ و نوع دیگر فقط از یک طرف آن پرتاب می کند.

دیفیوزر خطی شیاردار (Linear Slot Diffuser): این نوع دریچه در طول های مختلف با تعداد سوراخ متعدد ساخته میشود و میتواند الگوی پرتاب هوای مختلف داشته باشد.

شیر دستی هواگیری (Manual Air Vent): شیر دستی که برای تخلیه هوای سیستم باز میشود .

شیر دستی (Manual Valve): از شیرهای دستی برای تنظیم یا محدود کردن مقدار یا جهت جریان استفاده میشود. شیر کشویی ، کف فلزی، سماوری ، توپکی و پروانه ای جریان را تنظیم می کنندو درحالی که شیر یکطرفه جهت جریان را محدود می کند. یک نوع شیر که بنام « شیر ترکیبی » خوانده میشود هر دو کار را انجام می دهد.

یادآوری نقطه توقف (Memory Stop): بعضی از شیرهای سماوری ، شیر تعادل کالیبره شده و شیر ترکیبی دارای وسیله یادآوری نقطه تنظیم هستند. پس از متعادل کردن نهایی شیر دریک نقطه، وسیله یادآوری درآن نقطه متوقف میشودتا چنانچه شیر تصادفی باز یا بسته شود بتوان آن را براحتی به نقطه دلخواه بازگرداند.

آب بند مکانیکی (Mechanical Seal): آب بندهای مکانیکی از یک رینگ ثابت و یک رینگ متحرک تشکیل یافته است . جنس رینگ ثابت از مواد سرامیکی و رینگ متحرک از مواد گرافیتی است . رینگ ثابت در شیار بدنه پمپ جا میگیرد و پشت آن یک واشر لاستیکی قراردارد که یک آب بند محکم را تشکیل می دهد. پشت رینگ گرافیتی یک قطعه آکاردئونی لاستیکی و یک فنر آب بند قرار دارد. این فنر کارش اینست که رینگ متحرک را بسمت رینگ سرامیکی فشار داده و آب بند مناسبی بوجود آورد . از آنجا که فنر دائماً رینگ گرافیتی را بسمت جلو می راند فرسودگی رینگ جبران می شود و بدین ترتیب این آب بند به نگهداری و تنظیم احتیاج ندارد. بسیار مهم است که یک فیلم آب بین دو سطح تماس برای خنک کردن و روان سازی وجود داشته باشد. بهره برداری و روشن کردن پمپ بدون وجود این آب موجب آسیب دیدن آب بند مکانیکی میشود.وقتی آب بند نشت می کند آنرا تعویض کنید.

پولی موتور (Motor Sheave): پولی محرک روی محور موتور . پولی موتور ممکن است از نوع شیاردار قابل تنظیم یا ثابت باشد.

پمپ چند طبقه (Multistage Pump): به پمپی اطلاق می شود که دو یا چند پروانه بطور سری سوار شده روی یک محور مشترک در یک پوسته داشته باشد. سیال پس از خروج از پروانه اول از طریق یک شیار به پره های پروانه بعدی هدایت میشود و عبور از هر پروانه باعث افزایش فشار مایع گذرنده از پمپ می گردد.

دمپرهای با پره مخالف (Opposed Blade Damper): دمپری است که پره های آن طوری اهرم بندی شـده اند که در جهت مخالف یکدیگر حرکت می کنند و زمانیکه دمپر می بندد مجرای عبور هوا تنگتر میشود. این نوع حرکت پره ها باعث الگوی جریان یکنواخت و مستقیم میشود که گاهی به آن « غیر منحرف » گفته میشود . معمولاً از این دمپرها در کنترل مقدار حجم هوا استفاده می شود.

صفحه اوریفیس (Orifice Plate) : صفحه اوریفیس در حقیقت یک باز شوی گرد ثابت دریک کانال است. زمانیکه هوا از کانال بزرگتر وارد و ازین بازشو کوچک عبور میکند افت فشار بوجود می آید که بطور دایم و همیشگی قابل اندازه گیری است . این تغییر ناگهانی سرعت باعث گردابی شدن جریان و مقداری اصطکاک می شود که افت فشار دو طرف اوریفیس را موجب میگردد. با اوریفیس، نمودار کالیبره شده که افت فشار را نسبت به جریان نشان می دهد، به خریدار داده میشود. اختلاف فشار ایجاد شده بوسیله یک مانومتر خوانده میشود.

دمپر با پره موازی (Parallel Blade Damper): معمولاً ازین دمپرها در کاربردهای اختلاط هوا استفاده میشود زیرا بعلت آن که حرکت موازی پره ها نسبت بیکدیگر الگوی حرکت « انحرافی » ایجاد میکند.این نوع دمپر در حالت نیمه بسته هوا را به اطراف یا بالا و پائین کانال پرتاب می کند. این الگوی حرکت باعث بهم خوردن منحنی عملکرد بادزن و کویل و یا مقدار هوای انشعاب میشود (اگر دمپر خیلی نزدیک به این وسایل و بالادست آنها نصب شده باشد).

کویل با جریان موازی (Parallel Flow Coil): جریان موازی باین معنی است که جهت حرکت آب و هوا یکسان است . بعبارت دیگر هوا و آب از یکطرف وارد کویل می شوند.

دیفیوز با صفحه سوراخ دار (Perforated Face Diffuser): این نوع دیفیوزرها در سقفهای کاذب قابل برداشت (Lay - in) استفاده میشوند و از هر نظر شبیه دیفیوزر سقفی استاندارد هستند ولی سطح بیرونی آنها مشبک (Perforated) است . معمولاً دمپر قابل تنظیم دارند تا بتواند هوا را به یک طرف، دو طرف ، سه طرف یا چهارطرف پرتاب نماید.

لوله (Pipe): مجرای عبور آب که از فولاد ، آهن یا مواد مناسب دیگری ساخته شده باشد.

شیر سماوری (Plug Valve): شیر سماوری از نوع شیرهای دستی است که برای متعادل کردن جریان آب استفاده میشود. این شیرها افت فشار کم و مشخصه تروتلینگ بسیار خوبی دارند و در نتیجه کمی به فشار پمپ اضافه می کنند. از آنها برای قطع جریان نیز می توان استفاده کرد.

جعبه متکی به فشار (Pressure Dependent Box): مقدار هوای عبوری از این جعبه پایانه بستگی به فشار استاتیک هوا در ورودی آن دارد.

جعبه مستقل از فشار (Pressure Independent Box): مقدار هوای عبوری ازین جعبه به فشار ورودی هوا بستگی ندارد (در محدوده طرح شده باقی می ماند).

شیر فشار شکن (Pressure Reducing): این شیرها فشار آب شهر را به مقدار مورد نیاز برای پرکردن کامل سیستم کاهش می دهند و در همان حد ثابت نگه میدارند. این نوع شیر معمولاً روی خط آب تغذیه سیستم نصب میشود.

شیر اطمینان فشار (Pressure Relief Valve): این شیرها بعنوان وسیله ایمنی برای حفاظت از پرسنل و دستگاه ها استفاده میشوند. هنگامی که فشار به نقطه تنظیم آنها میرسد باز می شوند تا فشار بیش از آن بالا نرود.

پمپ (Pump): ماشینی برای انتقال دادن انرژی به سیال. اضافه کردن انرژی به معنی انجام کار است که سیال را به ارتفاع بالاتر می برد یا باعث به جریان افتادن سیال میگردد.

دریچه دمپر دار (Register): گریلی است که مجهز به دمپر است .

دریچه برگشت (Return Air Inlet): گریلی با دریچه دمپر دار یا هر نمونه دریچه ورودی دیگر مانند دریچه باصفحه سوراخ دار ، خطی سوراخ دار (Slot) ، دریچه چراغ دار (Troffer) و غیره برای اینست که هوا از اتاق تهویه شده به کانال برگشت و از آنجابه پلنوم اختلاط هوا بر گردد.دریچه های برگشت معمولاً با توجه به طراحی معماری و نمای ظاهری برای هماهنگ شدن با دریچه های رفت انتخاب می شود.

کوپلینگ محور (Shaft Coupling): کوپلینگهای محور برای جبران ناهماهنگی ناچیز بین حرکت محور پمپ و محور موتور ساخته می شوند (در حدودی که سازنده اعلام می کند). این کوپلینگ ها « دو نیمه » هستند. بطوریکه پمپ یا موتور مستقل ازیکدیگر میتواند باز شود. برای کار بدون صدا و حداقل فرسودگی یاتاقانها بسیار مهم است که محور پمپ و محور موتور بدقت نسبت به هم میزان شوند زیرا وظیفه کوپلینگ برقراری ارتباط است نه جبران نامیزانی . نامیزانی خیلی زیاد باعث کار با سرو صدا و خسارت دیدن کوپلینگ و فرسودگی یاتاقان پمپ و موتور میشود.

پولی (Sheave): پولی روی محور.

جعبه تک کانالی (Single Duct Box): یک جعبه پایانه که معمولاً به دهانه ورودی آن کانال هوای خنک متصل میشود . جعبه ممکن است با حجم ثابت یا متغیر و متکی به فشار یا مستقل ازفشار باشد. این جعبه ممکن است به کویل آبی (گرمایی یا سرمایی) کویل بخاری یا برقی مجهز باشد.

بادزن تک چرخی تک ورودی (SISW) (Single Inlet , Single Wide Fan): این بادزن ها یک چرخ (Wheel) و یک ورودی دارند . این نوع بادزن ها برای اتصال به کانال ورودی مناسب تر از بادزن های دو دهانه دو چرخی (DIDW) هستند.

موتور تک فاز (Single Phase Motor): موتوری که با جریان یک فاز تغذیه شود.

پمپ یک مرحله ای (Single Stage Pump): پمپی که فقط یک پروانه داشته باشد.

پمپ تک ورودی (Single Suction Pump): پمپی است که آب از یک طرف وارد دهانه ورودی پروانه آن میشود. دهانه ورودی این نوع پمپ معمولاً در انتهای محور قرار دارد . بدنه طوری است که دهانه خروجی آن می تواند در هر جهت قرار گیرد . اندازه دهانه اتصال ورودی این نوع پمپ معمولاً یک یا دو اندازه بزرگتر از اتصال خروجی است .

دمپر تقسیم کننده (Splitter Damper): وسیله ایست که در سیستم های با فشار پائین از آن برای منحرف کردن جریان هوا استفاده میشود.

صافی (Strainer): صافی ها معمولاً مواد معلق و دیگر اجسام خارجی آب را می گیرند.

توری صافی (Strainer , Screen): صافی ها معمولاً یک توری مشبک ریز دارند که در غلاف یا سبد صافی پمپ جا میگیرد. این غلاف می بایست باز شود و تمیز گردد. صافی یا غلاف کثیف یا توری که سوراخ مشبک آن خیلی ریز باشد باعث افت فشار زیاد در صافی شده و دبی آب را کاهش می دهد. شیرهای کنترل خودکار یا نازل های پاشش آب نیز ممکن است، برای جلوگیری از مسدود شدن، در ورودی خود مجهز به صافی باشند.

کاسه نمد (Stuffing Box) : این جعبه دارای حلقه های «آببند» ساخته شده از رشته های فیبر گرافیتی یا مواد دیگری است که بصورت حلقه های مجزا در جعبه سوار میشود .برای فشرده کردن حلقه ها در جعبه از گلند(Gland) استفاده میشود . مقدار سفت کردن و فشردن گلند بر کار پمپ تاثیر فراوان دارد. اگر خیلی سفت باشد از کاسه نمد قطره آب نمی چکد که این باعث خط خوردگی محور وگرم شدن آببند میشود. مشکل دیگر اینست که بمرور حلقه ها ی گرافیتی خورده میشود و اگر گلند خیلی فشرده شود ، آببندها حالت لغزندگی خود را از دست داده و باعث گرم شدن کاسه نمد میشوند و اگر گلند عقب کشیده شود نشتی زیاد میشود . اگر به این مشکل برخوردید حلقه های گرافیتی را عوض کنید.

دریچه های هوای رفت (Supply Air Outlet) : دیفیوز یا گریل (با دمپر و بدون دمپر) بمنظور وارد کردن هوای مطبوع به اتاق مورد نظر استفاده میشود . این هوا پس از خروج از دریچه با هوای اتاق مخلوط میشود تا دمای اتاق را در یک نقطه مطلوب نگهدارد. انتخاب این دریچه ها با توجه به ملاحظات معماری و برای جلوگیری از کوران هوا یا ایجاد هوای ساکن در بخش هایی از فضا صورت میگیرد.

انباری دما (Temperature Well) : برای اندازه گیری دمای آب در لوله ها ، معمولا" در یک نقطه مشخص غلافی برای جادادن ترمومتر در نظر میگیرند . به این نقطه اصطلاحا" (انباری دما) میگویند.

نقاط اندازه گیری دما معمولاً در ورودی و خروجی چیلرها، بویلرها، کندانسورها و کویلها است. طول انباری دما باید به اندازه ای باشد که بتواند با آب تماس خوبی برقرار کند . انباری دما شکل فنجان دارد که در آن یک مایع هادی گرما (معمولا" روغن) ریخته

میشود تا گرمای آب از طریق روغن به ترمومتر برسد . بنابراین انباری ها باید بصورت قائم یا حداکثر ۴۵ درجه نسبت به قائم نصب شوند که مایع آنها نریزد . وارد کردن ترمومتر به یک غلاف خشک مانع اندازه گیری دقیق دما است چون هوا بعنوان یک عایق گرما عمل میکند.

جعبه پایانه (Terminal Box) : وسیله یا واحدی است که مقدار هوا، دما ورطوبت اتاق تهویه شده را تنظیم میکند . طبقه بندی جعبه های پایانه عبارتند از : تک کاناله ، دو کاناله ، حجم ثابت ، حجم متغیر، فشار متوسط ، فشار قوی ، متکی به فشار ، مستقل از فشار، تغذیه از سیستم، تغذیه بوسیله بادزن، القایی (Induction)، پایانه بازگرمکن و کنار گذر . پایانه ها ممکن است که به کویلهای گرمایی و سرمایی ، دمپر و وسایل صدا خفه کن نیز مجهز باشند. مقدار جریان هوا از این جعبه ها معمولا" در کارخانه تنظیم میشود ولی امکان دست کاری در کارگاه نیز وجود دارد .

این جعبه ها فشار ورودی را به مقداری که مناسب کار کانال کم فشار متصل به خروجی آنها است کاهش میدهند ،صدایی که ناشی از این کاهش فشار است در جعبه خفه میشود . تیغه های منحرف کننده (Baffles) یا وسایل دیگری در جعبه نصب میشود که صدا رابه جعبه برمیگرداند تا بوسیله عایق صوتی جدارهای داخلی آن گرفته شود. معمولا" عایق صوتی جدارهای داخلی پایانه از جنس فایبرگلاس است که بعنوان عایق گرمایی نیز عمل میکند تا هوای داخل جعبه با هوای اطراف آن تبادل حرارتی نکند. فشار استاتیک برای ورودی به این جعبه ها یک مقدار معین و حداقل دارد تا بتواند افت فشار داخل جعبه ، کانال خروجی ، دمپرها و دریچه ها را پاسخگو باشد.

حفاظت گرمایی بار بیش از حد (Thermal Overloal Protection): حفاظت های گرمایی بار بیش از حد که گاهی بنام " هیترها" خوانده میشوند برای حفاظت موتور در مقابل گرم شدن بیش از حد نصب میشوند . اگر بار بیش از حد به موتور وارد شود یا یکی از فازها قطع شود ، جریان زیادی از موتور عبورخواهد کرد که باعث گرم شدن آن میگردد. اگر این جریان خیلی بیشتر از جریان نامی موتور باشد و موتور برای مدت زمان زیادی با این جریان کارکند ، سیم پیچی موتور بیش از حد گرم شده و عایق آن را میسوزاند و باعث سوختگی موتور میشود. از آنجا که اکثر موتورها در شرایط گوناگون از بدون بار تا بارجزیی وبار نامی کار میکنند و ممکن است برای لحظه کوتاهی با بار زیاد کار کنند ، حفاظت بار بیش از حد آنها باید قابل انعطاف باشد تا بتواند شرایط متغیر کار موتور و متحرک آن را بپوشاند. حفاظت حرارتی موتورهای تک فاز در داخل آن قرار دارد . این ابزار گرمای حاصل را حس نموده و مدار را قطع میکند تا موتور خاموش شود. بعد از سرد شدن حفاظت حرارتی، موتور با فشار دادن شستی دستی یا خودکار دوباره به کار می افتد. حفاظت حرارتی سایر موتورهای تک فاز و سه فاز خارج از موتور آنها نصب میشود.

حفاظت گرمایی : (Thermals) به حفاظت گرمایی بار بیش از حد مراجعه شود.

موتور سه فاز (Three-phase Motor) : موتوری که سه فاز جریان الکتریکی به آن میرسد. نسبت به یک موتور هم اندازه تک فاز ، موتورهای سه فاز دارای ۱۵۰ درصد قدرت بیشتر ، هزینه اولیه کمتر و نگهداری ساده تر میباشد و بطور کلی بهتر از آنها کار میکند.

شیرسه راهه کنترل خودکار (Three -way Automatic Control Valve) : شیرهای سه راهه معمولاً از نوع مخلوط کننده یا تقسیم کننده هستند. آنها با یک نشیمن (مخلوط کننده (Mixing) یا دونشیمن (تقسیم کننده (Diverting) ساخته میشوند . شیر مخلوط یک نشیمنی متداول تراست. واژه «مخلوط کننده» یا "تقسیم کننده" به ساخت داخلی شیرها اشاره دارد نه به کاربرد آنها . شیر مخلوط کن دو ورودی و یک خروجی و شیرتقسیم کننده یک ورودی و دو خروجی دارد . هریک از این شیرها ممکن است برای عمل کنترل جریان (کاربرد کنار گذری) یا عمل کنترل دما (کاربرد مخلوط کنندگی) استفاده شوند که این بستگی به محل نصب شیر در سیستم لوله کشی دارد . ولی بهرحال شیرهای تقسیم کننده نباید بجای شیرهای مخلوط کننده (وبرعکس) استفاده شوند. استفاده غلط از این شیرها باعث قطع و وصل مداوم و ناخواسته مدار میشود.

شیر دو راهه کنترل خودکار(Two-way Automatic Control Valve) : این شیرها دبی آب را کنترل میکنند و ممکن است از نوع یک نشیمنی یا دو نشیمنی (شیرتعادل) باشند. شیریک نشیمنی متداولتر است. شیر باید طوری نصب شود که جهت جریان مخالف جهت حرکت بستن شیر باشد. از شیرهای دو نشیمنی (یا شیرهای تعادلی) در جایی استفاده میشود که اختلاف فشار دو طرف شیر زیاد باشد و بستن محکم و آببندی کامل مورد نظر نباشد . جهت جریان در این شیرها طوری است که یک نشیمن را میبندد و دیگری را باز میکند. این ساختار اجازه میدهد که شیر باوجود اختلاف فشار زیاد براحتی و آسانی و بدون ایجاد ضربه قوچ بسته شود.

تسمه V شکل (V-belts) : طبقه بندی این تسمه ها بر اساس توان (اسب بخار) هرتسمه ، طول وحداقل قطر گام (Pitch Diameter) توصیه شده است. در تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا وتهویه مطبوع دو نوع تسمه استفاده میشود . یکی برای کارهای سبک و توان جزیی و دیگری تسمه های استاندارد صنعتی است. در این تاسیسات معمول است که برای اجزای محرک از تسمه های با مقطع کوچک و پولی کوچک بجای تسمه بزرگ با پولی بزرگ استفاده میشود. برای جلوگیری از کشش زیاد از پولی چند تسمه ای استفاده میشود.

جعبه هوا با حجم متغیر (Variable Air Volume Box) : انواع جعبه های با حجم متغیر هوا مانند مستقل از فشار ، متکی به فشار، یک کانالی ، دو کانالی ، فقط سرمایش ، گرمایش وسرمایش ، القایی، کنارگذر و مجهز به بادزن موجود میباشد. طبقه بندی این جعبه ممکن است بوسیله کنترل حجم هوا (تروتلینگ ، کنارگذر یا مجهز به بادزن) یا بوسیله کنترل ورودی و سنسورها (پنوماتیک ، برقی، الکترونیکی یا تغذیه از سیستم (System Powered) یا عمل ترموستات (عمل مستقیم یا معکوس) یا وضعیت جعبه در حالت غیرکار (معمولاً باز یا معمولاً بسته) صورت گیرد. جعبه ساده "VAV" یک کانال ورودی دارد. مقدار هوای عبوری از جعبه بوسیله شیر هوا یا دمپر داخلی تغییر میکند . اگر جعبه از نوع متکی به فشارباشد ، ابزار کنترل حجم هوا از ترموستات اتاق فرمان میگیرد. نوع مستقل از فشار، رگولاتوری دارد که حجم هوا را بین حداکثر و حداقل از پیش تعیین شده نگهمیدارد.

در داخل جعبه مستقل از فشار یک سنسور قرار دارد . خارج از جعبه یک کنترلر است که به سنسور و دمپرحجمی و ترموستات اتاق متصل شده است . مقدار هوا بین حداکثر (طراحی) و حداقل هوادهی (فوت مکعب در دقیقه) متغیراست . ویژگی اصلی جعبه VAV اینست که حجم هوای ورودی به اتاق را نسبت به بار حرارتی آن تغییر میدهد. وقتی حجم هوای کل سیستم کاهش میابد، بادزن هوای رفت نیز مقدار هوای خود را کاهش میدهد. بدین ترتیب در مصرف انرژی و راه بری بادزن صرفه جویی میشود . در میان انواع این جعبه ها البته جعبه "VAV" نوع کنارگذر استثنا است.

نوع کنترلهایی که برای تنظیم جریان هوای عبوری جعبه های " VAV "استفاده میشود بر حسب نوع جعبه ها متغیراست . خیلی از جعبه ها نیروی محرکه را از خارج میگیرند مانند محرکهای پنوماتیک ، برقی و الکترونیکی به این جعبه ها گاهی "تغذیه از غیرسیستم" گفته میشود.

جعبه های دیگر از نوع تغذیه از خود سیستم میباشند بدین معنی که کنترل آنها بوسیله فشار استاتیک کانال اصلی سیستم صورت میگیرد.

جعبه های اخیر نیازی به کنترل سیستم جداگانه پنوماتیکی یابرقی ندارند.گرچه هزینه اولیه این جعبه ها کمتر است ولی از آنجا که بادزن اصلی باید فشار استاتیک بالاتری را تامین کند ، معمولا" هزینه بهره برداری بالاتری دارند ، تمام کنترلها ، باستثنای نوع کنارگذر ، حجم هوادهی بادزن را کاهش میدهند.

شیر (Valve) : در لوله کشی های مدار آب از شیر برای کنترل جریان آب و قطع کردن یک قسمت از آن استفاده میشود.

جعبه پایانه کنارگذر با حجم متغیر هوا(VAV Bypass Terminal) : جعبه نوع کنارگذر از بادزن با حجم ثابت استفاده میکند ولی حجم هوای ورودی به اتاق تهویه شونده را تغییر میدهد. هوای رفت ورودی به جعبه میتواند از طریق کانال خروجی وارد اتاق شود یا بوسیله دمپر کنار گذر به کانال برگشت برگردد. با فرمان ترموستات ممکن است تمام یا قسمتی از هوای رفت وارد اتاق شود . یا بوسیله یک دمپر کنار گذر به کانال برگشت برگردد . طبق نیاز ترموستات ممکن است تمام یا قسمتی از هوای رفت وارد اتاق شود. از آنجا که در حجم هوای ورودی به جعبه تغییری داده نمی شود ، این نوع سیستم ها در مصرف انرژی بادزن صرفه جویی ایجاد نمی کنند.

جعبه القایی سقفی با حجم متغیر هوا (VAV Ceiling Induction Box): جعبه القایی (Induction) سقفی یک محفظه اولیه در ورودی و یک محفظه القایی در داخل جعبه دارد که اجازه می دهد هوا از پلنوم سقف وارد آن شود. وقتی ترموستات نیاز به سرمایش اعلام کند ، دمپر اولیه کاملاً باز و دمپر القایی کاملاً بسته میشود. زمانیکه اتاق خنک شود. دمپر اولیه بسته می شود و دمپر القایی آنقدر باز میشود که هوای کافی و متناسب مخلوط را به اتاق بفرستد. دریک نقطه معین، دمپر القایی کاملاً باز میشود و دمپر اولیه برای حفظ نسبت حداکثر القاء (حدود ۷۵ درصد) باز می ماند. نوع دیگر جعبه القایی نازل فشار ثابت دارد که هوای اولیه را القاء می کند یا از پلنوم برگشت هوا را میکشد. ترموستات اتاق دمپر کنارگذر هوای اولیه را برای القای هوای اولیه یا برگشت باز و بسته می کند . این جعبه برای کاهش حجم هوای ورودی به اتاق از رگولاتور استفاده می کند. بعضی از جعبه هاممکن است کویل باز گرمکن داشته باشند.

جعبه دو کانالی با حجم متغیر هوا (VAV Dual Duct Box): به دو ورودی این نوع جعبه ها دو کانال جداگانه گرم و سرد متصل میشود. طرحهای گوناگون برای تغییر حجم هوا و دمای خروجی دردسترس است. یک نوع آن از ترموستات نوع "Deadband " استفاده می کند که هوای گرم و یا هوای سرد (و نه مخلوط آنها را) به اتاق وارد می کند.

جعبه حجم متغیر بادزن دار (VAV Fan Powered Box): این نوع جعبه پایانه ازنظر صرفه جویی درمصرف انرژی همان مزایای جعبه های یک کانالی و حجم متغیر معمولی را دارد ، با این تفاوت که آن که با روشهای گوناگون گرمایی هوای با حجم ثابت را به فضای تهویه شونده می فرستد. جعبه شامل یک بادزن و یک دهانه ورودی هوا است که هوا از سقف کاذب وارد آن میشود. وقتی ترموستات اتاق هوای خنک را طلب می کند، جعبه همان طور عمل می کندکه در جعبه های حجم متغیر استاندارد صورت میگیرد. اما وقتی ترموستات هوای گرم می طلبد، بادزن هوای گرم (ثانویه) را از پلنوم سقف کاذب می کشد و آن را به داخل اتاق به

گردش در می آورد. مقدار متغیری از هوای خنک (اولیه) از سیستم اصلی، از قسمت ورودی یا خروجی بادزن ، وارد جعبه میشود و با هوای ثانویه مخلوط میگردد. سیستمی از دمپرها ، به صورت یک طرفه (Backdraft) یا موتوری ، جریان هوا و مخلوط دو مسیر هوا را کنترل می کند. وقتی ترموستات اتاق به طور پیوسته هوای گرم طلب می کند دمپر ورود هوای اولیه می بندد و هوای بیشتری از دمپر ثانویه درجعبه وارد میشود و همین هوا به تنهایی به گردش در می آید. به همین جهت جریان هوا در اتاق ثابت است. اگر گرمای بیشتری لازم شود می توان در داخل جعبه کویل بازگرم کن نصب کرد . ممکن است بادزن به طور دائمی کار کند یا به طور دستی یا خودکار خاموش شود. استفاده از جعبه های حجم متغیر بادزن داردر فضاهای مجاور محیط خارجی ساختمان (Perimeter)، در نقاطی که در زمان خاموشی بادزن اولیه هوای راکد مشکل ساز میشود ، در مناطقی از ساختمان که به گرما یا سرمای فصلی نیاز دارند، در ساعاتی که بعلت خالی بودن فضاها از جمعیت بادزن، اصلی خاموش است ولی به گرما نیاز باشد یا وقتی که بتوان با استفاده ازهوای برگشت به بار گرمایی فضا پاسخ گویی کرد، متداول و معمول است .

جعبه حجم متغیر کنارگذر بادزن دار (VAV Fan Powered Bypass Box): این جعبه همانند جعبه معمولی نوع کنارگذر است و فقط یک بادزن ثانویه به آن اضافه شده است . جعبه نوع کنار گذر از بادزن اولیه با حجم ثابت استفاده می کند ولی جریان هوا به اتاق را کم و زیاد می کند. هوای اولیه وارد جعبه میشود و می تواند از طریق بادزن ثانویه وارد اتاق شود یا از طریق دمپر کنار گذر به سیستم برگشت برگردد. بادزن داخل جعبه هوای اولیه یا هوای برگشت را در اتاق می چرخاند . هوایی که وارد اتاق می شود برحسب فرمان ترموستات می تواند هوای اولیه ، هوای برگشت یا مخلوطی از این دو باشد. از آنجا که مقدار هوای اولیه کاهش نمی یابد، دراین سیستم در مصرف انرژی بادزن اولیه صرفه جویی نمی شود.

جعبه متکی به فشار با حجم متغیر (VAV Pressure Dependent Box): این جعبه در اصل بعنوان کاهش دهنده فشار و خفه کننده صدا عمل می کند و دمپر موتورآن بوسیله توموستات اتاق کنترل میشود.این جعبه ها فقط وضعیت دمپر یاد شده را نسبت به فرمان ترموستات تغییر می دهند. از آنجا که مقدار هوای ورودی به این نوع جعبه بستگی به فشار استاتیک ورودی آن دارد ، محتمل است که جعبه نزدیک به بادزن اولیه هوای بیشتری دریافت کند و به جعبه های پائین دست هوای کمتری برسد. بنابراین جعبه های متکی به فشار باید فقط در سیستم هایی نصب شوند که محدودیت کنترل نداشته باشند و فشار استاتیک سیستم باندازه ای ثابت بماند که نیازی به مستقل کردن فشار نباشد.

از جعبه های متکی به فشار تنظیم شده با حداکثر حجم هوادهی می توان در سیستم هایی که نیاز به استقلال فشار دارند استفاده کرد بشرطی که در همه حال به حداکثر حجم هوادهی نیاز باشد و تغییرات فشار استاتیک در حداقل نگهداشته شود. این جعبه ها فقط حداکثر جریان را کنترل می کنند ولی مقدار هوای کمتر با فشار استاتیک ورودی تغییر خواهد کرد. این امر ممکن است باعث «نوسان شدید» شود.

جعبه مستقل از فشار با حجم متغیر(VAV Pressure Independent Box): این جعبه ها می توانند فارغ از فشار استاتیک ورودی مقدار هوا را در هر نقطه حد فاصل بین حداکثر و حداقل تنظیم کنند بشرط آنکه فشار سیستم در دامنه کار آنها باشد. ابزار حساس جریان، مقدار هوای عبوری از جعبه را با توجه به فرمان ترموستات تنظیم میکند.

جعبه مستقل از فشار یک کانالی با حجم متغیر(VAV Single Duct Pressure Independent Box) برای اینکه مقدار جریان هوا در سیستم های مستقل از فشار با تغییرات احتمالی دامنه فشار استاتیک ورودی به جعبه در حد مناسب باقی بماند ، یک سنسور در ورودی جعبه نصب می شود و اختلاف فشار در نقطه ورودی را اندازه گرفته و به کنترلر می فرستد. ترموستات اتاق نیز با توجه به بار اتاق فرمانی به کنترلر میفرستد. کنترلر نسبت به این داده ها واکنش نشان داده و وضعیت دمپر حجمی را تغییر میدهد، بطوریکه مقدار هوا بین حداکثر و حداقل از پیش تعیین شده باقی بماند. برای مثال زمانی که ترموستات نیاز به هوای خنک داشته باشد دمپر باز میشود و وقتی اتاق سرد شود دمپر می بندد. اگر جعبه کویل باز گرمکن داشته باشد با فرمان ترموستات برای گرمایش، دمپر حجمی به وضعیت حداقل خود بر میگردد (معمولاً کمتر از ۵۰ درصد حالت حداکثر نیست) و کویل بازگرم کن فعال میشود.از آنجا که جعبه مستقل از فشاراست ، مقدارهوای عبوری از آن تغییر نمیکند. دمپر سایر جعبه های VAV به حرکت در آمده و فشار ورودی کل سیستم تغییر می کند.

جعبه تغذیه از سیستم باحجم متغیر (VAV System Powered Box): این جعبه ها از فشار استاتیک کانال هوای ورودی برای تغذیه کنترلهای "VAV" استفاده می کنند. حداقل فشار استاتیک ورودی دراین نوع جعبه ها معمولاً بیشتر از سایر سیستم های " VAV " است تا بتواند کنترلها را به حرکت در آورده و مقدار جریان هوای مورد نیاز را تنظیم نماید.

وانتوری (Venturi): اصول کار وانتوری شبیه صفحه اوریفیس (Orifice Plate) است ولی شکل آن طوری است که تغییرات سرعت در آن تدریجی است وافت فشار " دایمی " آن کمتر ازاورفیس میباشد. نمودار ارقام کالیبراسیون که مقدار هوا (فوت مکعب دردقیقه) را نسبت به افت فشار نشان میدهد معمولاً با آن فروخته میشود. افت فشار بوسیله یک اختلاف فشارسنج اندازه گرفته میشود.

دمپرهای حجمی (Volume Dampers) : دمپرهای حجمی دمپرهای دستی هستند که باایجاد افت فشار در سیستم باعث تغییر مقدار هوا میشوند . اگر بدرستی انتخاب نشوند وبطورصحیح نصب نگردند ومحل نصب آنها نامناسب باشد ودرست تنظیم نشوند نه تنها نمیتوانند مقدار هوا را تنظیم کنند بلکه باعث افت فشار ناخواسته وسروصدا هم میشوند. مقاومتی که دمپر حجمی درکانال کشی ایجاد میکند بستگی به پیچیدگی سیستم دارد .برای مثال اگر سیستم کانال کشی کوتاه وساده باشد وافت فشار دمپربخش بزرگی از افت فشار سیستم باشد ، دراینصورت هرتغییر وضعیت دمپر، مقدار هوا را تغییر داده و جریان هوا را بخوبی تنظیم خواهد نمود . ولی اگر افت فشار دمپر نسبت به افت فشارسیستم ناچیز باشد کنترل موثری صورت نخواهد گرفت .برای مثال ، اگر دمپر کمی بسته شود مقاومت آنرادرمقابل جریان هوا بالا خواهد برد ولی باتوجه به نسبت افت فشاردمپر نسبت به افت فشار کل سیستم ممکن است کم شدن مقدار هوا متناسب با مقدار بسته شدن دمپر نباشد . بعبارت دیگر اگردمپر ۵۰ درصد بسته شود بدان معنی نیست که مقدار هوا نیز ۵۰ درصد کاهش یافته است .برای مثال ، وقتی یک دمپربازاست ، افت فشارش حدود ۱۰ درصد افت فشارکل سیستم است . وقتی این دمپر تانیمه می بندد، مقدارهوا ۸۰ درصد مقدار حداکثر خواهد شد . ولی همین دمپر دریک سیستم دیگر ، زمانیکه کاملاً باز باشد افت فشارش ۳۰ درصد کل سیستم خواهد بود. اگر دمپر دراین سیستم تانیمه بسته شود، مقدار هوا ۵۵ درصد سیستم کل میشود. رابطه بین وضعیت دمپر و درصد مقدار هوای آن "مشخصه جریان (Flow Characteristic)" خوانده میشود. معمولاً برای سیستم های کانال کشی بزرگ دمپرهای باپره مخالف (Opposed Blade) پیشنهاد میشود زیرا درحالت کاملاً بسته افت فشار زیادی ایجاد میکنند . بنابراین مشخصه جریان آنها بهتراز دمپرهای پره موازی است . ولی ، مشخصه جریان دمپرها ثابت نیست و از یک سیستم به سیستم دیگرمتفاوت خواهد بود. اثربستن یک دمپر روی مقدار جریان رافقط با اندازه گیری محلی میتوان مشخص نمود.

انتخاب درست محل نصب دمپرهای تعادل نه تنها باعث متعادل شدن افت فشارهای سیستم درمسیرهای مختلف کانال کشی خواهد شد بلکه توزیع مناسب هوارانیز امکان پذیر میسازد . درهر کانال انشعاب که به دریچه ها ختم میشود یک دمپر دستی باید نصب شود. این دمپرها باید در کانال اصلی،شاخه های اصلی،انشعاب و زیرانشعاب نیز نصب شود . دمپرهای دستی پره مخالف یادمپرهای حجمی نوع یک ربعی تک پره ای (Single Blade quadrant Type) باید در هر منطقه ازسیستم های چند منطقه ای نصب شود.

از دمپرهای حجمی پره مخالف یا یک پره ای که بلافاصله پشت دریچه و دیفیوزر نصب میشوند نباید برای متعادل سازی استفاده کرد، زیراوقتی که به نسبتی بسته میشوند سرو صداایجاد می کنند و سطح موثر (AK) دریچه را تغییر می دهند . انتخاب محل و نصب درست دمپرهای تعادل در انشعابات کانالها لزوم کنترل حجم هوا در گریل ها و دیفیوزرها را منتفی می سازد.

علاوه بر دمپرهای خودکار ممکن است دمپرهای حجمی دستی در کانال هوای خارج ، هوای برگشت، هوای تخلیه و پلنوم اختلاط هوا نیز نصب شود.این دمپرهای حجمی دستی برای متعادل سازی افت فشارهای کانالهای مختلف نصب میشود تا با تغییر مقدار هوای تازه و برگشت (به نسبت نیاز بار ساختمان) افت فشار سیستم تقریباً ثابت باقی بماند. دمپرهای دستی و اهرم های آن باید از مصالح مقاوم ساخته شوند و برای فشار کار سیستم طراحی شده باشند. برای کانالهای کوچک یک دمپر یک پره ای کافی است. برای کانالهای بزرگ دمپر نوع پره مخالف باید نصب شود هر دمپر باید دسته ربع گرد قفل کننده و یا رگولاتور داشته باشد.

تعاریف مربوط به ابزار دقیق (Instrumentation Terms)

فشارسنج مرکب (Compound Pressure Gage) : فشار سنجی که قادر باشد فشار بیشتر و کمتر از فشارآتمسفر را اندازه بگیرد (واحد اندازه گیری پوند بر اینچ مربع یا اینچ جیوه).

فشار سنج (Pressure Gage): فشار سنجی که فقط قادر است فشار بالاتر از فشار آتمسفر را اندازه بگیرد. (پوند براینچ مربع ، Psi).

فشار سنج خلاء (Vacuum Pressure Gage): فشارسنجی که فشار کمتر از فشار آتمسفر را اندازه میگیرد (اینچ جیوه،inHg).

تعاریف مربوط به آزمایشگاه (Laboratory Terms)

بازشوی دسترسی (Access Opening): آن قسمت از هود آزمایشگاه که از طریق آن به محل انجام کار دسترسی حاصل میشود.

آنچه نصب شده (AI : As Installed): آنچه که قبل از اشغال درساختمان نصب شده است . منظور از آزمایش « آنچه نصب شده » هود آزمایشگاهی اینست که بتوان هود را تحت شرایط مختلف قابل کنترل آزمایش نمود. یک هود آزمایشگاهی که ، در آزمایشگاهی با هوارسانی متعادل ، بدرستی طرح و نصب شده باشد باید بتواند طبق استانداردهای اشری (Ashrae) به شاخص"4.0 AI 0.10" دست یابد.

قطعه آئرودینامیکی (Airfoil): قطعات منحنی شکل یا حلقوی که در مدخل هوای ورودی هود، و برای خنثی کردن اثر تراکم در اوریفیس (Vena Contracta) که در باز شوی هود ایجاد می گردد نصب میشود .

حجم هوا (Air Volume) : مقدارجریان هوا که به فوت مکعب در دقیقه (CFM) بیان میشود.

طبق آنچه تولید شده (AM: As Manufactured) : منظور از آزمایش « آنچه تولید شده » در هود آزمایشگاهی اینست که یک هود، طبق شرایط نسبتاً ایده ال موجود ، در آزمایشگاه سازنده آزمایش شود، در این آزمایش شرایطی که اثرات نامطلوب برعملکرد هود دارند عملاً وجود ندارد. هودهای نو طبق استانداردهای اشری (Ashrae) باید قادر باشند به شاخص 4.0 AM 0.05 دست یابند.

پیش ورودی (Air Lock): فضایی که با درهای هوابند شده بین دو اتاق که شرایط یکی کنترل شده و دیگری غیر کنترل شده است قرار گیرد.

برای آنچه ساخته شده (AU: As Used): منظور از آزمایش « برای آنچه ساخته شده » در هود آزمایشگاهی اینست که هود در شرایطی که معمولاً از آن بهره برداری میشود آزمایش شود . شرایطی که مصرف کننده تحت آن قرار می گیرد بسیار متنوع است و بستگی به نوع وسایل آزمایشگاهی و اینکه این وسایل در هود انبار میشوند یا خیر و یا اینکه شرایط آزمایش مصرف کننده را مجبور می کند که خیلی از هود دور بایستد یا نه ، دارد .

هوای کمکی (Auxiliary Air): هوای کمکی که به هود آزمایشگاهی داده میشود تا استفاده از هوای مورد نیاز فضای خود آزمایشگاه کاهش یابد. مقدار هوای مورد نیاز تخلیه هود و سایر وسایل جنبی آن معمولاً بیش از مقدار هوایی است که آزمایشگاه برای گرم و سرد شدن لازم دارد . برای رفع این کمبود می توان هوای کمکی را مستقیماً به هود وارد نمود یا به هوای اتاق اضافه کرد. هوای کمکی باید مطبوع شود تا به شرایط دما و رطوبت آزمایشگاه برسد. اگر نیازهای گرمایش و سرمایش آزمایشگاه به حداقل برسد می توان در مصرف انرژی صرفه جویی نمود. در بعضی از ساختمانها یک راهرو اتاق های اداری را از فضای آزمایشگاه جدا میسازد. اتاق های اداری تحت فشارمثبت هستند. بنا بر این هوا از این اتاق ها خارج و وارد کریدور میشود. کریدور بعنوان یک پلنوم عمل می کند (NFPA 90A) . سپس هوا به آزمایشگاه که تحت فشار منفی است وارد میشود . بنابراین ممکن است با استفاده ازین هوا مقدار هوای کمکی را کاهش داد یا بطورکلی حذف نمود.

صفحه منحرف کننده (Baffle): تیغه هایی که درپانل عقبی هود و از طرف داخل نصب میشود تا الگوی حرکت هوای هود را کنترل نماید. این صفحات قابل تنظیم باید طوری ساخته و نصب شوند که نتوان مقدار هوا را بیش از ۲۰ درصد نامی آن کاهش داد.

هود قابل نصب روی میزکار (Bench Mounted Hood): نوعی هود است که روی میزکار قرار میگیرد.

کابینت ایمنی بیولوژیکی (Biological Safety Cabinet): یک نوع کابینت ایمنی که جریان هوای آن با رعایت ایمنی مصرف کننده طراحی شده است و معمولاً برای میکروارگانیسم های بیماری زا استفاده میشود. به این نوع هود ، کابینت ایمنی (Safety Cabinet) ، کابینت با جریان هوای یکنواخت (Laminar Flow) و همچنین جعبه های دستکش دار نیز اطلاق می شود.

کنار گذر (Bypass): یک بازشوی فرعی که مقدار هوای تخلیه شده هود را بدون در نظر گرفتن موقعیت قاب آن ثابت نگهمیدارد . وظیفه بازشوی کنارگذر اینست که حداکثر سرعت عبوری را در زمان بسته شدن قاب محدود نماید.

هود کالیفرنیا(Colifornia Hood): یک محفظه مستطیلی که برای در برگرفتن دستگاههای آب مقطرسازی و سایر وسایل تحقیق استفاده میشود . این محفظه از تمام جهات دید دارد و در طول آن قابهای افقی بازشو قرار می گیرد. هود کالیفرنیا بعنوان هود آزمایشگاهی تلقی نمیشود. اندازه آن در حدود ۶ فوت عرض ، ۸ فوت ارتفاع و ۳ فوت عمق می باشد.

هود کانوپی (Canopy Hood): یک وسیله تخلیه آویخته که فقط برای تخلیه گرما ، بخارآب و بو استفاده میشود. این هود بعنوان هود آزمایشگاهی تلقی نمی گردد.

سرعت لازم برای جذب (Capture Velocity): سرعت هوایی که در مدخل هود (Hood Face) لازم است تا بتواند جریانهای مخالف را خنثی نموده و هوای آلوده داخل هود را بگیرد و تخلیه کند.

کوران تقاطعی (Cross Draft): جریان هوایی که در عرض یا بداخل هود می وزد. کورانهای تقاطعی که بعلت حرکت افراد ، سیستم تهویه اتاق و یا باز و بسته شدن درهای مجاور بوجود می آیدبر عملکرد هود بسیار اثر می گذرد و ممکن است حتی در بعضی موارد جریان هوا را معکوس نموده و از هود بیرون بزند.

هود با هوای راکد (Dead Air Space): کمبود حرکت هوا در داخل هود.

پره منحرف کننده (Deflector Vane): یک پره با شکل آئرودینامیک که در قسمت پائین باز شوی هود قرار میگیرد و هوای ورودی را در عرض محل کار حرکت داده و به سمت صفحات بازشوی منحرف کننده پائین میبرد. بازشوی بین سکوی کار هود و پره های منحرف کننده، حتی در زمان بسته شدن قاب، باز میماند.

ضریب همزمانی (Diversity Factor): این ضریب اجازه می دهد که ظرفیت سیستم تخلیه کمتراز مجموع مقادیر هوای تخلیه تمام

واحدها باشد.

تراونده (Effluent): ریزش به بیرون

دهانه تخلیه (Exhaust Collar): محل اتصال کانال و خروجی هود که از طریق آن تمام هوای تخلیه عبور می کند.

سرعت عبوری (Face Velocity): میانگین سرعت هوا که از طریق بازشو وارد هود میشود و به فوت در دقیقه (fpm) بیان می گردد.

سیستم تخلیه هود آزمایشگاهی (Fume Hood Exhaust System): مجموعه ای متشکل از هود، محیط اتاق اطراف آن و دستگاهها (مانند کانال هوا و مکنده) که برای کار کردن سیستم مورد نیاز است.

جعبه دستکش دار (Glove Box): جعبه ای برای انبار کردن مواد خطرناک که تنها نقطه دسترسی آن سوراخ یا بازشوهایی است که دستهای دستکش دار وارد آن میشود . جعبه های دستکش دار ایمنی بیشتری برای مصرف کننده ایجاد می کنند. ولی نسبت به هود آزمایشگاهی و کابینتهای ایمنی بیولوژیکی محدودیت های بیشتری دارند و بهمین دلیل مقدار هوای تخلیه آنها از دستگاههای یاد شده بسیار کمتر است .

مواد شیمیایی خطرناک (Hazardous Chemical): به موادی اطلاق می شود که براساس اصول علمی گواهی شود که برای پرسنلی که با آن سر و کار دارند اثرات مزمن و حادی بوجود می آورد. این مواد شامل مـواد سرطـان زا ، سمـی ، خراش دهنده و موادی است که به ریه ها ، پوست و چشم و ماهیچه ها آسیب می رساند.

بازشوی هود (Hood Face): حداقل سطح جلوی هود (زمانی که قاب کاملاً باز باشد) که هوا از طریق آن وارد هود میشود.

هودهای آزمایشگاهی نوع دستی با کنترل انرژی (HOPEC Laboratory Fume Hood) : هود آزمایشگاهی نوع دستی با کنترل مثبت انرژی. هودهایی است که مجهز به قاب افقی و عمودی است. به قاب (Sash) مراجعه شود.

هوای نفوذ کرده (Infiltrated Air): هـوای کمکی که از طریق کریدورها یا سایر نقاط وارد آزمایشگاه می شود.

آزمایشگاه (Laboratory): تسهیلاتی که در آن مختصری مواد شیمیایی خطرناک وجود داشته باشد که از آن برای منظورهای غیر تولیدی استفاده شود.

هود آزمایشگاهی (Laboratory Fume Hood): هود آزمایشگاهی یک جعبه بسته تهویه شونده ای است که محل کار با مواد خطرناک را محبوس می کندو به منظور گرفتن و دفع کردن بوها ، بخارها، مواد معلق و سایر مواد زیان آوری که در آن ایجاد میشود، درآزمایشگاه نصب می شود . هود دارای سطوح جانبی و عقبی است و سطح جلوی آن دارای بازشویی است که همیشه باز یا به مقدار جزیی باز است . هود دارای قاب متحرک و پلنوم تخلیه هوا است . که برای تنظیم جریان هوا صفحات منحرف کننده در پانل پشتی آن نصب میشود . هود معمولاً روی میز کار قرار میگیرد و برای تخلیه آلودگی ها هوا به آن داده می شود.

هود معمولی آزمایشگاهی دارای حجم هوای ثابت تخلیه است و قابی دارد که بصورت قایم بالا و پایین میشود. در حالتی که قاب کاملاً باز باشد، سطح هواخور حدوداً ۱۰ تا ۱۳ فوت مربع و سرعت عبور هوا از این سطح حدود ۱۰۰ فوت در دقیقه است. بنابراین حجم هوای ورودی حدود ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ فوت مکعب در دقیقه است. زمانیکه قاب به سمت بسته شدن حرکت داده میشود حجم هوا کاهش و سرعت آن افزایش می یابد (گاهی به حدود ۴۰۰ فوت در دقیقه میرسد). این سرعت زیاد باعث جریان گردابی هوا میشود و ممکن است باعث گردد که هوای آلوده در جهت معکوس حرکت کرده و وارد فضای آزمایشگاه گردد. برای اینکه سرعت هوا در حدود ۱۰۰ فوت در دقیقه ثابت بماند از هودهای کنارگذر استفاده میشود. قاب این هودها نیز بصورت قایم حرکت میکند. ساختمان این هود مشابه هود معمولی اسـت فقط کنارگذر برای ثابت نگهداشتن مقدار هوای تخلیه به آن اضافه میشود. بعبارت دیگر وقتی قاب هود بسته میشود مقدار هوای عبوری کاهش مییابد. در همین زمان کنارگذر باز میشود و مقدار هوای بیشتری وارد هود میشود. بدین ترتیب مقدار و سرعت آن ثابت میماند. در یکی دیگر از انواع هودها از قابهای با حرکت قائم و افقی استفاده میشود. هود ، نوع با «هوای کمکی» نیز قاب با حرکت قائم دارد . وقتی قاب در حالت باز است ، هوای کمکی از طریق بازشوی آن وارد هود میشود و وقتی قاب بسته است هوا بطور مستقیم وارد هود می شود.

هود با هوای کمکی برای کاهش تخلیه هوای آزمایشگاه که یک هوای تهویه مطبوع شده است استفاده میشود. برای مثال ممکن است یک هود برای تخلیه کامل از ۳۰٪ هوای آزمایشگاه و۷۰٪ هوای کمکی استفاده کند. در تئوری این نوع هود ازنظر انرژی باصرفه تر است زیرا فقط هوای کمکی تا حدودی گرم یا سرد می شود (در مقایسه با تمام هوای آزمایشگاه).

ولی آزمایش نشان داده است که بهترین عملکرد ایمن این نوع هود زمانی است که هوای کمکی کمی گرمتر از هوای اتاق باشد. بنابراین یکی از مسایلی که در رابطه با هود هوای کمکی مطرح است اینست که اگر فقط هوای کمکی تا حدودی تهویه شود ، هوا بدرستی وارد هود نمیشود. مشکل دیگر اینست که هوای کمکی ایجاد گرداب و کوران می کند و باعث می شود که هوای آلوده از هود وارد فضای آزمایشگاه شود.

هودهای آزمایشگاهی نوع حجم متغییر ممکن است از قاب افقی یا قائم استفاده کنند. این نوع هود دارای سیستم کنترل مشخصی

است که حجم هوای تخلیه را برای ثابت نگهداشتن سرعت ورودی هوا تغییر می دهد.

سیستم هود آزمایشگاهی (Laboratory Fume Hood System) : سیستم هودهای آزمایشگاهی ممکن است با حجم ثابت هوا، حجم متغیر هوا یا ترکیبی از این دو باشد. آنها ممکن است از نوع هوای کمکی ، سیستم برگشت جزیی یا سیستم صد در صد تخلیه با استفاده از هوای اتاق باشند. در سیستم صد در صد هوای اتاق تمام هوای تخلیه شده با هوای تهویه مطبوع شده جایگزین می گردد. چون برگشت هوا وجود ندارد تاسیسات گرمایی و سرمایی باید قاعدتا" انرژی بیشتری صرف گرم و سرد کردن هوای اتاق بکنند. برای کاهش مقدار انرژی ، از سیستم های با حجم متغیر استفاده می شود.

استفاده از آزمایشگاه (Laboratory Use) : منظور از آزمایشگاه ، کار با مواد شیمیایی است بطوریکه در جریان فرآیند از چند ماده شیمیایی مختلف استفاده شود ولی مراحل کار شکل خط تولید ندارد. در آزمایشگاه دستگاه ها و تجهیزات ایمنی مختلف برای حفاظت افراد وجود دارد.

کابینت با جریان یکنواخت (Laminar Flow Cabinet): کابینت ایمنی رومیزی که از جریان یکنواخت هوا برای گرفتن و تخلیه ذرات هوا استفاده می کند. کابینت با جریان یکنواخت بعنوان هود آزمایشگاهی تلقی نمی گردد.

آستری (Liner): پوشش و آستر سطوح داخلی هود آزمایشگاهی (اضلاع جانبی ، عقبی و بالایی) و همچنین کانال تخلیه و صفحات منحرف کننده آن .

نعل درگاه (Lintel) : آن قسمت از هود آزمایشگاهی که درست بالای قسمت بازشوی جلو آن قرار میگیرد.

لیتر در دقیقه (Lpm) : این واحد برای آزمایش ردیابی سازمان اشری (ASHRAE) استفاده می شود:

۱ لیتر در دقیقه ، زمان تقریبی ریختن پشت سرهم یک محلول فرار

۴ لیتر در دقیقه ، واحدی است که بین ۱ الی ۸ لیتر در دقیقه استفاده می شود

۸ لیتر در دقیقه ، زمان تقریبی جوشاندن سریع آب روی یک منقل برقی (hotplate) ۵۰۰ واتی

ذرات معلق (Particulates) : ساخته شده از ذرات جداگانه .

هود اسید پرکلریک (Perchloric Acid Hood) : یک هود ویژه که برای کار با اسید پرکلریک ساخته شده است. چون این ماده خطر انفجار دارد بنابراین در جاییکه از آن برای تحقیقات استفاده می شود باید حتماً هود یاد شده وجود داشته باشد.

سقف مشبک (Perforated Ceiling) : یک وسیله توزیع هوا است . از سقف های مشبک یا پانل های فیلتردار برای توزیع یکنواخت هوا از سقف (یا قسمتی ازآن) استفاده می شود.

عملکرد یا آزمایش شرایط نامی (Performance or Test Rating): عملکرد هود آزمایشگاهی (یا آزمایش شرایط نامی) یک سری عدد دو رقمی است که میزان آزاد کردن گاز ردیاب را به لیتر در دقیقه نشان می دهد. حروف A M بمعنی " آنطور که ساخته شده است" می باشد و عدد دو یا سه رقمی بعد از آن نشان دهنده سطح کنترل گاز ردیاب به " قسمت در میلیون " به نسبت حجم هوا میباشد. برای مثال شاخص 1.O AM 10 نشان می دهد که هود می تواند ۱۰ قسمت در میلیون (ppm) ۱ لیتر در دقیقه گاز آزاد شده را کنترل نماید.

پلنوم (Plenum) : یک محفظه هوا

پی پی ام (ppm) : قسمت در میلیون . قسمتی از گاز ردیاب نسبت به یک میلیون قسمت حجم هوا.

هود رادیو ایزوتوپ (Radioisotope Hood): یک هود ویژه ساخته شده برای کار با مواد شیمیایی رادیو اکتیو. این هود نیاز به فیلتر و پوشش مسلح مخصوص دارد. این نوع هود کانال تخلیه، فلنجی با واشرهای نئوپرین دارد تا بتوان آنرا خیلی سریع و راحت برای پالایش (Decontamination) باز نمود.

میزان آزاد سازی (Release Rate) : میزان آزاد سازی به لیتر در دقیقه ، هنگام آزمایش گاز ردیاب هود.

جریان هوای معکوس (Reverse Air Flow) : حرکت هوا به سمت جلوی هود .

قاب (Sash) : یک قاب شفاف متحرک که در جلوی هود نصب می شود. این قابها ممکن است قائم یا ترکیبی از قائم و افقی باشد. قابهای ترکیبی ، یک قاب لغزنده افقی دارند که در قاب بالا رونده قائم کار گذاشته شده است. در قاب های ترکیبی ، قاب قائم برای دسترسی راحت به دستگاه ها و تجهیزات داخل هود میباشد، در حالیکه قاب افقی کار فرد استفاده کننده را تسهیل می کند و همچنین حجم هوای تخلیه را کاهش میدهد.

سرعت شیار (Slot Velocity) : سرعت عبور هوا از سوراخ های صفحات منحرف کننده داخل هود.

شمع دود (Smoke Candle) : یک وسیله تولید دود که برای رویت جهت حرکت هوا استفاده می شود.

ظرفیت مشخص شده (Specified Rating) : میزان عملکرد هود که مشخص ، پیشنهاد یا تضمین شده است .

هود جمع کننده نقطه ای (Spot Collector Hood): یک هود کوچک که در یک نقطه مشخص قرار میگیرد و معمولاً بوسیله کانال قابل

انعطاف به یک مکنده هوا متصل میشود. این هود بعنوان هود آزمایشگاهی تلقی نمی شود.

فاصله کوتاه تخلیه (Stretched String Distance): کوتاه ترین راه بین بازشوی تخلیه هوا و دریچه ورود هوا، در طول ارتفاع ساختمان .

دریچه هوای رفت (Supply Air Devices): وسایل یا بازشوهایی که از طریق آنها هوا وارد فضای آزمایشگاه میشود.

حد مجاز (TLV: Threshold Limit Values): مقدارمواد سمی معلق در هوا که بعنوان شاخص کنترل سلامتی انسان بکار میرود. این اعداد نماینده « وزن زمان تمرکز » هستند که افراد می توانند ۸ ساعت در روز و بطور دایم ، بدون اینکه سلامتی آنها بخطر بیفتد، با آن ماده سرو کار داشته باشند.

تتراکلراید تیتانیم (TiCl: Titanium Tetrachloride): این ماده شیمیایی دود سفید تولید می کند و برای مشخص کردن الگوی حرکت هوا در هودهای آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می گیرد. این ماده شیمیایی خورنده است و باعث خارش میشود . روی سطوح هود لکه ایجاد می کند که حتماً باید تمیز شود.

فشاردار کردن منطقه ای (Zone Pressurization): فشاردار کردن منطقه ای روشی است که برای جداسازی یک منطقه با هوای زیان آور بکار میرود . دراین راه حل ، منطقه ای که آلاینده زا است از طریق سیستم توزیع هوا تحت فشار منفی قرار میگیرد تا مواد آلوده در همان فضا باقی بمانند.

تعاریف مربوط به موتور

آمپر بار نامی (Full Load Amperage): جریان الکتریکی بار نامی در ولتاژ و توان (اسب بخار) مشخص شده.

آمپر روتور قفل شده (Locked Rotor Amperage): آمپر روتور قفل شده بین سرعت صفر و سرعت نامی موتور، و هنگامیکه جریان راه اندازی از خط تغذیه کشیده شود ، روتور متوقف (قفل) باشد و ولتاژ نامی به موتور داده شود ، اتفاق می افتد . دراین لحظه بسیار کوتاه (برای موتورهای کوچک چند صدم ثانیه و برای موتورهای بزرگ دو یا سه ثانیه) ، آمپر روتور قفل شده بسیار بیشتر از آمپر دربار نامی است و حدوداً ۵ تا ۶ برابر آن است . این جریان سریع با سرعت گرفتن موتور کاهش می یابد.

دور موتور (Motor rpm): سرعت نامی موتور به دور در دقیقه . موتورهای الکتریکی بر حسب نوع ، ساختار و تعداد قطب ، سرعت های متفاوت دارند . بعضی از موتورهای تک فاز با تغییر سیم پیچی می توانند چند سرعته باشند (۲ تا ۴ سرعت مختلف). دیاگرام سیم کشی موتور معمولاً روی بدنه آن چسبیده است.

ولتاژ موتور (Motor Voltage): ولتاژ نامی کار موتور .

موتور غیر قابل سربار شدن بادزن (Nonoverloading Fan Motor): موتوری که برای بادزن انتخاب میشود و منحنی عملکرد بادزن طوری است که توان (اسب بخار) آن با زیاد شدن مقدار هوا تا نقطه حداکثر راندمان روی منحنی و پس از آن کاهش می یابد. اگر موتور برای حداکثر توانی که روی منحنی بادزن داده شده انتخاب شود ، این موتور در هر حالت دیگر سربار (Overload) نمیشود.

ضریب سرویس (Service Factor): عددی است که در توان یا آمپر نامی ضرب می شود تا بتوان حداکثر بار ایمن که موتور می تواند در ولتاژ فرکانس نامی تحمل کند بدست آید . ضریب سرویس برای موتورهای بزرگ ۱ ، ۱/۱ و ۱/۵ وبرای موتورهای کوچک ۱/۲۰ ، ۱/۲۵، ۱/۳ و ۱/۴ است.

تک فاز شدن (Single Phasing): حالتی است که یکی از فازهای موتور سه فاز قطع یا باز میشود. دراین وضعیت موتور روشن نمیشود ولی اگر در حال کار باشد، به کار خود ادامه می دهد اما توان خروجی کمتری خواهد داشت و احتمال بیش از حد گرم شدن آن نیز میرود.

تعاریف مربوط به توان

توان هوا (Air Horsepower): توانی (اسب بخار) که به طور تئوریک برای چرخاندن یک بادزن با راندمان صددرصد لازم است .

توان حقیقی (Brake Horsepower): کل توانی که به محور محرک یک دستگاه چرخنده داده میشود. توان واقعی که برای بکار انداختن بادزن یا پمپ لازم است . توان هوا تقسیم بر راندمان بادزن - توان آب تقسیم بر راندمان پمپ .

بی تی یو در ساعت (Btuh or Btu/hr): واحد توان .

اسب بخار (Horsepower): واحد توان ، یک اسب بخار معادل ۷۴۶ وات است .

کیلو وات (Kilowatt): واحد توان .

توان (Power): میزان انجام کار . توان الکتریکی به وات یا کیلووات اندازه گیری میشود. سایر واحدهای توان عبارتند از اسب بخار و بی تی یو بر ساعت.

ضریب توان (Power Factor): نسبت توان واقعی به توان ظاهری .

ولت - آمپر (Volt- Ampere): واحد توان ظاهری .

توان آب (Water Horsepower): مقدار توانی (اسب بخار) که به طور تئوریک برای بکار انداختن پمپی با راندمان صد درصد لازم است.

وات (Watt): واحد توان واقعی .

تعاریف مربوط به منحنی سایکرومتریک

بی تی یو (Btu): یک واحد گرما . بی تی یو مخفف "British Thermal Unit " یا واحد گرمایش انگلیسی است و آن مقدار گرمایی است که دمای یک پوند آب را یک درجه فارنهایت افزایش دهد. از واحد بی تی یو در ساعت برای محاسبات بار گرمایی و سرمایی و مشخص کردن ظرفیت دستگاههای مرکزی استفاده می شود.

ضریب کنار گذر کویل (Coil Bypass Factor): مقدار هوایی است که از کنار کویل عبور می کند و تحت تاثیر دمای کویل قرار نمیگیرد. این ضریب مساوی است با نسبت دمای خشک خروجی منهای دمای کویل تقسیم بر دمای خشک ورودی منهای دمای کویل. هر چقدر تعداد ردیف و پره در اینچ کویل بیشتر باشد ضریب کنار گذر کمتر و راندمان کویل بهترست .

نقطه شبنم (Dew Point): دمایی است که در آن نقطه رطوبت هوا شروع به تقطیر شدن می کند.

دمای خشک (Dry Bulb Temperature): دمای هوا که بوسیله ترمومتر معمولی خوانده میشود.

آنتالپی (Enthalpy): اندازه گیری مقدار گرمای هوا که به واحد بی تی یو در هر پوند هوای خشک نشان داده میشود.

خنک کنندگی تبخیری (Evaporative Cooling): تبادل گرمایی آدیاباتیک بین هوا و پاشش آب یا سطح خیس دیگر . دراین فرآیند دمای مرطوب ثابت می ماند ولی دمای خشک کاهش می یابد.

گرمای نهان (Latent Heat): مقدار گرمایی است که وقتی بیک جسم داده میشود باعث تغییر حالت آن میشود ولی دمای جسم ثابت باقی می ماند . واحد گرمای نهان بی تی یو بر هر پوند هوای خشک است .

رطوبت نسبی (Relative Humidity): نسبت مقدار رطوبت موجود در هوا به کل رطوبتی که هوا میتواند در همان دما در خود نگهدارد. رطوبت نسبی به درصد نشان داده میشود.

گرمای محسوس (Sensible Heat): مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای ۱ پوند از هر جسم بمیزان ۱ درجه فارنهایت در مقایسه با مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای ۱ پوند آب بمیزان ۱ درجه فارنهایت ، گرمای ویژه هوا ۰/۲۴ بی تی یو بر پوند در درجه فارنهایت است. گرمای ویژه آب ۱ بی تی یو بر هر پوند در درجه فارنهایت است .

رطوبت ویژه (Specific Humidity) : وزن بخار آب در یک پوند هوای خشک . رطوبت ویژه به گرین رطوبت بر پوند هوای خشک یا هر پوند رطوبت در هر پوند هوای خشک نشان داده میشود. ۷۰۰۰ گرین مساوی یک پوند است . به آن نسبت رطوبت (Humidity Ratio) هم گفته میشود.

حجم مخصوص (Specific Volume): حجم هر جسم در واحد وزن . برای هوا، حجم مخصوص به فوت مکعب بر پوند ذکر میشود حجم مخصوص عکس چگالی است .

شرایط هوای استاندارد (Standard Air Conditions): هوای خشک که شرایط زیر را دارد : دما ۷۰ درجه فارنهایت، فشار ۲۹/۹۲ اینچ ستون جیوه ، ۱۳/۳۳ فوت مکعب در پوند و ۰/۰۷۵ پوند بر فوت مکعب.

گرمای کل (Total Heat): جمع گرمای محسوس و نهان - واحد گرمای کل بی تی یو بر هر پوند هوای خشک است .

اختلاف دمای مرطوب (Wet Bulb Depression): اختلاف دمای خشک و دمای مرطوب

دمای مرطوب (Wet Bulb Temperature): دمای مرطوب بوسیله ترمومتر معمولی اندازه گیری میشود که عضو حساس آن (Bulb) به وسیله پنبه خیس پوشانده شده و هوای با سرعت ۷۰۰ فوت در دقیقه از روی آن عبور کند. در دمای مرطوب زیر ۳۲ درجه فارنهایت عضو خیس یخ می زند.

تعاریف مربوط به پمپ

کاویتاسیون (Cavitation): هر گاه فشار یک مایع جاری کمتر از فشار بخار جزئی (Vapor Pressure) آن مایع بشود و باعث تبخیر شدن مایع گردد و تشکیل حباب دهد می گویند پدیده کاویتاسیون حاصل شده است.
حباب ها در جریان مایع به جلو رانده شده و وارد پروانه پمپ می شوند و در منطقه فشار بالا بانیروی زیاد بهم برخورد می کنندیا می شکنند. علایم زیر در پمپ نشانه کاویتاسیون است : صدای تق تق در ورودی پمپ، لرزش زیاد، افت در فشار و توان پمپ ، کاهش یا توقف کامل جریان .

فشار دینامیکی خروجی (Dynamic Discharge Head): مجموع فشار استاتیک خروجی و افت فشار و فشار سینتیک .

فشار دینامیکی ورودی (Dynamic Suction Head): فشار مکش استاتیک منهای افت فشار و فشار سینتیک .

فشار اصطکاک (Friction Head): فشاری که برای فائق آمدن بر مقاومت در برابر جریان لازم است و به پوند بر اینچ مربع یا فوت ستون آب ذکر میشود.

فشار مکش مثبت (Net Positive Suction Head): حداقل فشار لازم در مکش که تمام عوامل محدود کننده ورودی پمپ را پاسخگو باشد، مانند: افت های داخلی ، ارتفاع لوله مکش ، افت اصطکاک ، فشار جزئی بخار و ارتفاع نصب پمپ .

فشار مکش مثبت دردسترس (Net Positive Suction Head Available): فشار مکش مثبت در دسترس (NPSHA) مشخصه سیستمی است که پمپ در آن کار می کند. عوامل موثر در (NPSHA) عبارتند از: تراز نصب لوله ورودی نسبت به مکش پمپ ، افت فشار اصطکاکی در لوله ورودی ، ارتفاع نصب پمپ (یا فشار مکش) و فشار جزئی بخار. هنگام محاسبه (NPSHA) این عوامل باید مد نظر قرار بگیرد و پمپ برای بدترین شرایط پیش بینی شده انتخاب گردد. بعنوان یک ضریب ایمنی عدد (NPSHA) همیشه باید حدود ۲ تا ۳ فوت بیش از (NPSHR) باشد.

فشار مکش مثبت لازم (Net Positive Suction Head Required): فشار مکش مثبت لازم (NPSHR) فشار مطلق واقعی است که برای فائق آمدن به افت های داخلی پمپ لازم بوده و موجب میشود پمپ بطور رضایت بخشی کارکند. (NPSHR) بوسیله سازنده و با روش آزمایش بدست می آید. عدد (NPSHR) یک عدد ثابت برای ظرفیت معین است و با دما و ارتفاع نصب تغییر نمی کند. ولی برای هر پمپ ظرفیت و سرعت آن تغییر می کند.
عدد (NPSHR) برای یک پمپ مشخص بوسیله سازنده در کاتالوگ یا مدارک فروش ذکر میشود . منحنی پمپ نیز اعداد (NPSHR) برای هر سایز پروانه و ظرفیت های مختلف بدست می دهد.

پمپ غیر قابل سربار شدن (Nonoverloading Pump): پمپی است که توان آن با نقطه ای نزدیک حداکثر ظرفیت ، با افزایش آبدهی ، زیاد میشود و بعد از آن نقطه کاهش می یابد . اگر موتوری که برای این پمپ انتخاب میشود برای حداکثر ظرفیت انتخاب شود ، آن موتور در هر وضعیت کار پمپ بدون مشکل کار خواهد کرد و دچار اضافه بار نخواهد شد.

منحنی عملکرد پمپ (Pump Performance Curve): منحنی عملکرد پمپ نمودار گرافیکی عملکرد یک پمپ است . معمولاً پمپها طوری انتخاب میشوند که نقطه کارشان وسط یا $\pm$ ۱/۴ نقطهِ وسط منحنی منتشره باشد تا جبران وضعیت های مختلف نصب بشود.

پمپ های اولیه - ثانویه (Primary - Secondary Pump): وظیفه پمپ اولیه در یک مدار از نوع اولیه- ثانویه اینست که آب را در مدار اولیه به جریان اندازد. وظیفه پمپ ثانویه تغذیه پایانه ها(Terminals) است.

راندمان پمپ (Pump Efficieney): انرژی مفید خروجی تقسیم بر توان داده شده. توان آب (اسب بخار) تقسیم بر توان حقیقی (اسب بخار).

فشار هنگام بستن شیر خروجی (Shut- off Head): فشاری که پمپ در زمان بسته بودن شیر خروجی ایجاد می کند. روی منحنی پمپ نقطه تلاقی منحنی ظرفیت - فشار با خط ظرفیت صفر است .

فشار استاتیک (Static Head): فشار استاتیک سیال که به ارتفاع یا ستون یک مایع بیان میشود.

فشار استاتیک خروجی (Static Discharge Head): فاصله قایم از مرکز پمپ تا محل خروج آزاد مایع.

فشار استاتیک مکش (Static Suction Head): فاصله قایم از مرکز پمپ تا سطح آزاد مایع .

ارتفاع استاتیک مکش (Static Suction Lift):فاصله قایم از مرکز پمپ تاسطح آزاد مایع که پائین تر از پمپ قرار دارد.

فشار مکش (Suction Head): زمانی که منبع تغذیه پمپ بالاتر از مرکز پمپ قرار گرفته باشد.

ارتفاع مکش (Suction Lift): زمانیکه منبع تغذیه پمپ پائین تر از مرکز پمپ قرار گرفته باشد.

ارتفاع کل خروجی (Total Discharge Head): فشار استاتیک خروجی باضافه افت فشار و باضافه فشار سینتیک .

فشار کل دینامیکی (Total Dynamic Head): فشار کل خروجی منهای فشار کل مکش یا فشار کل خروجی باضافه ارتفاع مکش . فشار

مکش زمانی وجود دارد که منبع تغذیه آب پمپ بالاتر از مرکز پمپ قرار گرفته باشد. ارتفاع مکش زمانی وجود دارد که منبع تغذیه آب پمپ پائین تر از مرکز پمپ قرار گرفته باشد. به منظورهای آزمایش متعادل سازی ، "TDH " اختلاف بین عدد فشار سنج خروجی و فشار سنج ورودی پمپ محسوب میشود.

فشار کل (Total Head): برای یک سیال جاری ، مجموع فشار استاتیکی و سینتیک در محل اندازه گیری محسوب میشود.

فشار کل استاتیک (Total Static Head): فاصله قایم به فوت از سطح آزاد مایع در مکش تا سطح آزاد مایع در خروجی پمپ . مجموع ارتفاع استاتیک مکش و فشار استاتیک خروجی . اختلاف بین فشار استاتیک مکش و فشار استاتیک خروجی .

فشار سرعتی (Velocity Head): فشاری که برای جاری کردن سیال لازم است . ارتفاع سیال معادل با فشار سرعتی آن است .

پمپ حلزونی (Volute Pump): پمپی است که بدنه آن به شکل مارپیچ یا حلزونی ساخته شده باشد. بدنه حلزونی با مقطع کوچک در مجاورت پروانه شروع شده و بتدریج در خروجی پمپ مقطع آن بزرگتر میشود.

تعاریف مربوط به تبرید

جاذب (Absorbent): در سیستم مبرد بعنوان خشک کننده استفاده می شود. ماده ای که قادر است ماده دیگر را در خود جذب کند. ماده جاذب ، رطوبت را بوسیله فرآیند شیمیایی جذب می کندو آب موجود ماده را به ترکیبات دیگر تبدیل می کند. در بعضی از سیستمهای جذبی، لیتیوم برماید و در بعضی دیگر آب نقش جاذب را بعهده دارند.

جذب کننده (Absorber): مخزنی که درآن مایع جذب کننده گاز مبرد قرار دارد.

جاذب سطحی (Adsorbent): در سیستم های تبرید بعنوان خشک کننده استفاده میشود. جاذب سطحی آب را میگیرد و بدون عملیات شیمیایی و بشکل آب در خود نگهمیدارد.

پس فشار (Back Pressure): به تعریف فشار اواپراتور مراجعه شود.

انتهای کورس پیستون (Bottom Dead Center): زمانیکه پیستون در کمپرسورهای ضربه ای به انتهای حرکت پائین رونده خود می رسد.

خلاصی (Clearance): فاصله بین سر پیستون و انتهای بالایی سیلندر ، زمانیکه پیستون به انتهای حرکت بالا رونده خود می رسد.

ضریب عملکرد (COP: Coefficient of Performance): نسبت کار انجام شده به انرژی داده شده.

برج خنک کن (Cooling Tower): برج خنک کن آب گرم خروجی کندانسورهای آبی را خنک می کند. زمانیکه هوای خارج از برج خنک کن می گذرد ، گرمای آب کندانسور را می گیرد. آب تا دمای مرطوب هوای محیط می تواند خنک شود.

کمپرسور (Compressor): پمپ سیستم تبرید . کمپرسور گاز مبرد با دما و فشار پائین را از اواپراتور دریافت می کند و آن را تحت فشار قرار می دهد تا به گازبا دما و فشار بالا تبدیل شود.

ضریب تراکم (Compression Ratio): نسبت فشار خروجی به فشار مکش را ضریب تراکم گویند. به شکل رابطه ، فشار خروجی مطلق (Psia) تقسیم بر فشار ورودی مطلق (Psia) است . ضریب تراکم هنگامی اهمیت زیادی پیدا می کندکه به حداکثر مجاز خود برسد. ضریب تراکم زیاد (یعنی فشار خروجی بالا و فشار مکش کم) موجب کاهش راندمان و بیش از حد گرم شدن گاز خروجی (Superheat) میشود و موجب خسارت کمپرسور می گردد.

محلول غلیظ (Concentrated Solution): محلولی که درآن غلظت جاذب نسبت به مقدار مبرد محلول خیلی زیاد باشد.

واحد تغلیظ (Concentrator): مخزنی که حاوی محلول جاذب و مبرد باشد و برای تبخیر قسمتی از مبرد محلول به آن گرما داده شود.

کندانسور (Condenser): از کمپرسور، گاز داغ فشار بالا وارد کندانسور میشود و به شکل مایع با دما و فشار بالا از آن خارج می گردد. کندانسور می تواند با هوا یا آب خنک شود.

ضریب کندانس (Condenser Rise): اختلاف بین دمای آب ورودی و دمای آب خروجی کندانسور.

فشار کندانس (Condensing Pressure): فشار اشباع هم ارز دمای مخلوط مایع - بخار در کندانسور.

دمای کندانس (Condensing Temperature): دمایی که گاز مبرد در کندانسور تقطیر میشود و در واقع دمای اشباع بخار هم ارز فشار موجود کندانسور است .

کنارگذر سیلندر (Cylinder Bypass): روشی برای کنترل ظرفیت کمپرسور.

بارانداز سیلندر (Cylinder Unloader): به تعریف بارانداز‌ها مراجعه کنید.

بارانداز کردن سیلندر(Cylinder Unloading): روشی برای کنترل ظرفیت کمپرسور.

محلول رقیق (Dilute Solution): محلولی که در آن غلظت جاذب نسبت به مبرد محلول بسیار کم باشد.

دمای خروجی (Discharge Temperature): دمایی که گاز مبرد از کمپرسور خارج میشود.

انتالپی (Enthalpy): اندازه گیری مقدار گرمای داخلی.

تبخیر(Evaporation): گرم کردن مایع مبرد برای تبدیل آن به گاز مبرد.

اواپراتور (Evaporator): قسمتی از سیکل تبرید که در آن مبرد بخار شده و گرما را جذب می کند . مایع مبرد از کندانسور خارج میشود و پس از عبور از جریان سنج (Metering Device) وارد اواپراتور میشود . در اواپراتور مایع با دما و فشار پائین گرما را بخود می گیرد و به گاز با دما و فشار پائین تغییرحالت می دهد. اواپراتور که در صنعت تهویه مطبوع استفاده می شود به نام اواپراتور کویل ، اواپراتور یا کویل DX (انبساط خشک / انبساط مستقیم) خوانده می شود.

کویل اواپراتور (Evaporator Coil): کویلی که در آن مایع مبرد (بغیر از آب) قراردارد و برای خنک کردن هوا استفاده میشود. هم چنین به نام کویل مبرد یا اواپراتور خوانده میشود.

فشار اواپراتور (Evaporator Pressure): فشار بخار مبرد در مکش . هم چنین به نام فشار مکش ، پس فشار (Back Pressure) یا فشار طرف ضیعف نیز خوانده میشود.

فیلتر - خشک کن (Filter Drier): به تعریف خشک کن - صافی رجوع کنید.

تبخیر لحظه ای (Flash - Gas): تبخیر لحظه ای قسمتی از مایع مبرد در شیر انبساط که مایع باقی مانده مبرد را خنک می کند و به دمای دلخواه اواپراتور می رساند. مایع مبرد که به جوش می آید یا فلاش میشود به بخار تبدیل میشود. فلاشینگ ناخواسته ممکن است در خط مایع یا در شیر انبساط بوجود آید که به این حالت فلاشینگ مازاد (Excess Flash Gas) گفته میشود.

ژنراتور (Generator): به تعریف واحد تغلیظ رجوع کنید.

فشار خروجی (Head Pressure): فشار گاز مبرد خروجی از کمپرسور . به نام فشار خروجی یا فشار طرف قوی نیز خوانده میشود.

گرمای جذب (Heat of Absorption): گرمای آزاد شده هنگام اختلاط دو مایع .

گرمای تراکم (Heat of compression): انرژی معادل کار انجام شده برای متراکم کردن گاز مبرد. گرمای تراکم در کمپرسور اتفاق میافتد. این گرما به گرمای گرفته شده در اواپراتور و مقدار گرمای مربوط به سوپر هیت شدن اضافه می گردد تا کل گرمایی که باید از سیستم خارج شود بدست آید.

گرمای ترقیق (Heat of Dilution): به تعریف گرمای جذب رجوع کنید.

کنارگذر گاز داغ (Hot Gas Bypass): یک روش کنترل ظرفیت کمپرسور.

گرمای نهان کندانسیت (Latent Heat of Condensation): مقدار گرمایی که از یک پوند مبرد آزاد می شود تا از حالت بخار به حالت مایع در آید.

گرمای نهان تبخیر (Latent Heat of Vaporization): گرمای لازم برای تغییر حالت یک پوند مایع مبرد به گاز مبرد . گرمایی که مایع بخود میگیرد وقتی از حالت مایع به حالت بخار در می آید. گرمایی که هنگام تغییر حالت بخار به مایع مبرد آزاد می شود.

جریان لخته ای مایع (Liquid Slugging) : حالتی است که مایع مبرد وارد کمپرسور میشود. جریان لخته ای باعث کاهش ظرفیت ، ایجاد سر و صدا و ازدیاد توان مصرفی میشود و امکان دارد به کمپرسور خسارت وارد شود.

وسیله سنجش (Metering Device): وسیله ایست که فشار مبرد و دمای هم ارز آن را کاهش داده و مقدار جریان مبرد به اواپراتور را کنترل می کند. این وسیله ممکن است یک لوله مویین (Capillary Tube)، شیر انبساط ترموستاتیکی یا شیر انبساط خودکار باشد. وسیله سنجش فشار و دمای مبرد را کاهش می دهد.

وسیله سنجش مقدار جریان مبرد را کنترل نموده و مایع با دما و فشار بالا، رسیده از کندانسور را به یک مایع با دما و فشار پائین تبدیل می کند.

مقدار نم (Moisture Content): درصد وزنی مایع در هر نوع مخلوط بخار و مایع .

کیفیت بخار (Quality of Vapor): درصد وزنی بخار در هر مخلوط بخار و مایع .

مخزن (Receiver): وسیله ای که مایع مبرد از کندانسور وارد آن شده و ذخیره می گردد.

مبرد (Refrigerant): هر ماده ای که با جذب گرما از ماده یا جسم دیگر بعنوان عامل سرد کننده عمل می کند. به سیالات مبرد که در سیستم های تبرید استفاده میشوند و برای گرفتن گرما از طریق تبخیر شدن و آزاد کردن گرما از طریق تقطیر شدن، بکار میروند اطلاق میشود.

مبرد سیکلهای جذبی معمولاً آب است که در آن لیتیوم بروماید بعنوان جاذب است یا آمونیاک بعنوان مبرد و آب بعنوان جاذب است.

اثر تبرید (Refrigerating Effect): مقدار گرمایی که هر واحد جرم مبرد از اتاق تهویه شونده میگیرد. اثر تبرید در هر واحد جرم مایع مبرد تقریباً برابر با گرمای نهان تبخیر آن مبرد است . به علت فرایند تبخیر ناگهانی (Flash Gas) اثر تبریدی همیشه کمتر از مقدار کل گرمای نهان تبخیر است .

تبرید (Refrigeration): شاخه ای از علم است که با فرآیند کاهش دمای اتاق یا موادبه زیر دمای محیط سر و کار دارد. انتقال گرما از محلی که بدان نیاز نیست به محلی که اعتراض برانگیز نباشد تبرید نامیده میشود. این انتقال گرما از طریق تغییر حالت مبرد میسر است .

بار تبرید (Refrigeration Load): سرعت گرفتن گرما از اتاق یا مواد است تا بتوان دمای مورد نظر را ایجاد کرد.

دمای اشباع (Saturation Temperature): دمایی است که در آن مایع به بخار یا بالعکس تبدیل میشود. بالا بردن فشار مایع باعث افزایش دمای اشباع میشود. دمای اشباع بستگی به فشار مایع دارد. دمای اشباع با زیاد کردن فشار افزایش یافته و با کم کردن فشار کاهش میابد.

مایع اشباع (Saturated Liquid): مایعی که در دمای اشباع خود باشد . یک مایع نمی تواند بصورت مایع باقی بماند اگر دمای آن بالاتر از دمای اشباع هم ارز فشار مایع باشد. هیچ مایعی نمی تواند در فشار کمتر از فشار اشباع خود بصورت مایع باقی بماند.

بخار اشباع (Saturated Vapor): بخاری که در دمای اشباع خود باشد . هیچ بخاری نمی تواند در دمای کمتر از دمای اشباع هم ارز فشار خود بصورت گاز باقی بماند . هیچ بخاری نمی تواند در فشاربالاتر از فشار اشباع خود بصورت بخار باقی بماند.

لخته ای (Slugging): به تعریف سیال لخته ای رجوع کنید.

خشک کن - صافی (Strainer - Drier): وسیله ای که هم بعنوان صافی و هم بعنوان رطوبت گیر استفاده میشود . رطوبت و ذرات جامد مبرد را قبل از ورود به وسایل سنجش می گیرد . معمولاً روی خط مایع نصب میشود . همچنین به نام فیلتر - خشک کن هم خوانده میشود.

فشار مکش (Suction Pressure): فشار طرف ضعیف ، فشار اواپراتور یا پس فشار.

خنک کنندگی جزئی (Subcooling): خنک کردن مایع خروجی از کندانسور به زیر دمای کندانسیت .

مایع جزئی خنک شده (Subcooled Liquid): یک مایع در هر دمایی پائین تر از دمای اشباع آن وقتی که دمای مایع به زیر دمای اشباع آن رسیده باشد. خنک کنندگی جزیی یک نوع خنک کنندگی محسوس است.

سوپر هیت (Superheat): مقدار گرمای محسوس که به بخار و بعد از تبخیر اضافه می شود. دمای محسوس بخار بالاتر از دمای به جوش آمدن آن .

بخار سوپر هیت (Superheated Vapor): بخاری که دمای آن بالاتر از دمای اشباع باشد . زمانیکه دمای بخار به دمای بالاتر از دمای اشباع برسد . سوپر هیت کردن یک فرآیند گرمای محسوس است.

تصعید(Sublimination): تبدیل جسم از حالت جامد به حالت بخار بدون عبور از حالت مایع .

مرکز مرگ بالایی (Top Dead Center): وقتی که پیستون به بالاترین حد خود می رسد .

گرمای کل خارج شده (Total Heat Rejected): مقدار کل گرمایی که در کندانسور گرفته میشود و آن شامل گرمای گرفته شده در اواپراتور ، گرمای تراکم در کمپرسور باضافه هر مقدار سوپرهیت در خروجی اواپراتور است .

تقرب برج (Tower Approach): اختلاف دمای بین آب خروجی از برج و دمای مرطوب هوای ورودی به آن .

دامنه برج (Tower Range): اختلاف دمای بین آب خروجی و ورودی برج .

باراندازها(Unloaders): باراندازهای سیلندر بعنوان یک روش کنترل ظرفیت در کمپرسور های ضربه ای استفاده میشود.

بخار (Vapor): یک گاز

سیکل تراکم بخار (Vapor - Compression Cycle): یک فرآیند چهار مرحله ای شامل انبساط ، تبخیر، تراکم و تقطیر .

تبخیر شدن (Vaporization): تبدیل جامد یا مایع به بخار

تعاریف مربوط به آب

سیستم بسته (Closed System): سیستم بسته سیستمی است که لوله کشی آن در هیچ نقطه ای قطع نشود و آب با فضای خارج (آتمسفر) در تماس نباشد.

سطح آزاد کویل (Coil Face Area): سطح کویل (عرض × ارتفاع) که از روی آن هوا عبور می کند.

برگشت مستقیم (Direct Return): در سیستم برگشت مستقیم ، آب از کوتاه ترین مسیر به پمپ برگشت داده میشود . پایانه ها بصورت «اول رفت» ، «اول برگشت» یا «آخر رفت»، «آخربرگشت» لوله کشی میشوند. سیستم برگشت مستقیم متداول تر است زیرا بطور معمول به طول لوله اصلی کمتری نیاز است . ولی چون آب در مدار کمترین مقاومت گردش می کند معمولاً به اولین پایانه بیش از حد آب میرسد و باعث میشود که اصطلاحاً آخرین پایانه « گرسنه » بماند . برای جبران این قضیه روی خطوط انشعاب باید شیر

تعادل نصب شود.

فوت در ثانیه (FPS: Foot Per Second): سرعت آب .

سیستم لوله کشی ثابت (Fixed Pipe System): سیستمی است که در آن مقاومت سیستم با باز و بسته کردن شیر یا تغییر وضعیت کویلها و صافی ها تغییر نمی کند. در یک سیستم ثابت ، ازدیاد یا کاهش مقاومت فقط براثر تغییرات دبی (گالن دردقیقه) حاصل میشود. این تغییر مقاومت روی منحنی سیستم اتفاق می افتد.

سیستم چهارلوله ای (Four - Pipe System): سیستم چهارلوله ای دو سیستم جداگانه دو لوله ای است که هر یک مقدار جریان خود را دارد. یک سیستم دو لوله ای برای آب سردکننده و یک سیستم دو لوله ای برای آب گرم کننده است . هیچ اختلاطی بین این دو سیستم صورت نمی گیرد. اتصال برگشت پایانه ها میتواند بصورت مستقیم یا معکوس باشد.

آب گرم کننده با دمای بالا (High Temperature Water): دمای بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ درجه فارنهایت

هیدرونیک (Hydronic): علم سرد کردن و گرم کردن با مایعات .

آب گرم کننده با دمای پائین (Low Temperature Water): دمای آب تا ۲۵۰ درجه فارنهایت .

آب تغذیه سیستم (Make -Up Water): آبی که جایگزین آب هدر رفته از طریق نشتی و تبخیر میشود. برای جلوگیری از مشکلات هواگیری، بهتر است آب تغذیه سیستم های بسته بر نقطه ای از خط هوای مخزن انبساط (بسته) وصل شود یا به ته مخزن یاد شده متصل گردد.

آب گرم کننده با دمای متوسط (Medium Temperature Water): دمای بین ۲۵۰ تا ۳۵۰ درجه فارنهایت.

سیستم تک لوله ای (One - Pipe System): سیستم تک لوله ای در منازل مسکونی مستقل یا ساختمانهای تجاری و صنعتی کوچک استفاده میشود. این نوع لوله کشی فقط از یک مدار لوله اصلی استفاده می کند و با لوله کشی سری تفاوت دارد ، زیرا هر پایانه بوسیله یک لوله رفت و یک لوله برگشت به لوله اصلی وصل میشود. از آنجا که افت فشار در پایانه بیش از افت فشار خط اصلی است ، آب تمایل دارد که در شاخه مستقیم سه راهی جریان یابد و این باعث « گرسنه (Starve)» ماندن پایانه ها میشود.

برای رفع این عیب ، یک سه راه منحرف کننده در خط رفت یا خط برگشت و بعضی اوقات هر دو خط نصب میشود . مزایای سیستم تک لوله ای نسبت به سیستم متوالی اینست که هر پایانه بطور مستقل می تواند کنترل شود و بوسیله شیر قطع و وصل سرویس شود . ولی همانند لوله کشی متوالی امکان دارد که دمای آب پایانه ای که از بویلر بسیار دور است بمقدار کافی نباشد.

به همین دلیل سیستم دو لوله ای استفاده میشود تا دمای تمام پایانه ها مساوی دمای آب تولید شده باشد.

سیستم باز (Open System): سیستم باز سیستمی است که در آن لوله کشی دست کم در یک نقطه از مدار قطع شده باشد و آب با محیط اطراف (آتمسفر) تماس پیدا کند.

نقطه کار (Operating Point): نقطه تلاقی منحنی سیستم با منحنی پمپ .

مدار - اولیه ثانویه (Primary - Secondary Circuit): مدارهای اولیه - ثانویه توان مصرفی پمپ را کاهش میدهند و کنترل سیستم را بهبود میبخشند اگر نحوه اتصال دو مدار درست انجام شود پمپهای مدار اولیه - ثانویه هیچ اثری بر کار یکدیگر ندارند. جریان مدار ثانویه ممکن است کمتر ، برابر یا بیش از جریان مدار اولیه باشد.

برگشت معکوس (Reverse Return): در سیستم برگشت معکوس ، برگشت آب طوری لوله کشی میشود که طول مدار از پمپ به هر پایانه و برگشت به پمپ تقریباً مساوی باشد. پایانه ها بصورت «اول رفت» «آخر برگشت» ، «آخر برگشت» «اول رفت» لوله کشی میشوند. از آنجا که طول لوله کشی هر مدار تقریباً برابر است ، لوله کشی برگشت معکوس معمولاً بیش از برگشت مستقیم است ولی متعادل کردن آن آسان تر است. اما بهر صورت به شیرهای متعادل در هر انشعاب نیاز است .

مدار سری (Series Loop): از مدار لوله کشی سری برای منازل مسکونی و ساختمانهای کوچک تجاری استفاده میشود . در مدار سری، آب رفت از پمپ به پایانه ها که بطور سری بسته شده اند میرسد و به بویلر بر میگردد. مزیت این سیستم سادگی و ارزانی آنست. عیب این سیستم اینست که اگر یک پایانه نیاز به تعمیر داشته باشد تمام سیستم باید خاموش شود . همچنین با نصب شیر کنترل برای هر پایانه نمی توان بطور مستقل آنرا کنترل کرد زیرا بستن شیر کنترل یک پایانه باعث کم شدن مقدار جریان به پایانه بعدی خواهد شد. ولی کنترل دمای اتاق بوسیله کم و زیاد کردن مقدار هوا میسر است .

این معایب سیستم را می توان تا حدودی با طرح دو یا چند مداری لوله کشی و نصب شیرهای تعادل روی خطوط انشعاب برطرف نمود . به این نوع لوله کشی مدار سری جدا می گویند.

طول و اندازه لوله در لوله کشی مدار سری اهمیت دارد چون بر دما و دبی و افت فشار اثر می گذارند. برای مثال زمانیکه آب از یک پایانه عبور می کند دمای آن مرتب کاهش می یابد و بنابراین اگر تعداد پایانه ها خیلی زیاد باشد، دمای آب درآخرین پایانه سرد خواهد بود .

سیستم سه لوله ای (Three-Pipe System): سیستم سه لوله ای ، دو لوله رفت و یک لوله برگشت دارد. یک مدار آب سردکننده چیلر

و مدار دیگر آب گرم کننده بویلر را به گردش در می آورد.

سیستم دو لوله ای (Two- Pipe System): سیستم لوله کشی دو لوله ای دو خط اصلی دارد یکی برای رفت و دیگری برای برگشت . هر پایانه بوسیله انشعاب رفت و برگشت به خط اصلی متصل است این نوع لوله کشی نه تنها اجازه می دهد که هر پایانه بطور مستقل کنترل و تعمیر شود بلکه از آنجا که دمای آب ورودی به هر پایانه مساوی است می توان ازین نوع لوله کشی درکاربردهای مختلف استفاده نمود.

نازک سازی (Wiredrawing): نازک سازی وقتی اتفاق می افتد که آب با سرعت زیاد از شیر رد بشود و باعث فرسودگی نشیمنگاه شیر بشود و این فرسایش بتدریج آنقدر نشیمنگاه را نازک می کند که هنگام بستن شیر نشت می کند.

پیوست B - اختصارات

پیوست B - اختصارات

a	acceleration	شتاب
A/D	analog to digital	قیاسی به رقمی
ADP	apparatus dew point	نقطه شبنم دستگاه
AEV,AXV	automatic expansion valve	شیرانبساط خودکار
AHU	air handling unit	دستگاه هوارسان
ATM	atmosphere	آتمسفر
B	boiler	بویلر- دیگ
bhp	brake horsepower	توان حقیقی
Btu	British thermal unit	واحد گرمایی انگلیسی
Btuh, But/hr	British thermal unit per hour	واحد گرمایی انگلیسی درهرساعت
BTUHl	British thermal unit per hour latent	واحد گرمایی انگلیسی درهرساعت(نهان)
BTUHs	British thermal unit per hour sensible	واحد گرمایی انگلیسی درهرساعت(محسوس)
BTUHt	British thermal unit per hour total	واحد گرمایی انگلیسی درهرساعت(جمع کل)
Btum	British thermal unit per minute	واحد گرمایی انگلیسی درهردقیقه
c	coil	کویل
C	condenser	کندانسور
CD	ceiling diffuser	دریچه سقفی
cf	cubic feet	فوت مکعب
CFC	chloroflurocarbons	کلروفلورکربن
cfm	cubic feet per minute	فوت مکعب در دقیقه
CH	chiller	چیلر
CHWR,CHR	chilled water retum	برگشت آب سرد کننده
CHWS,CHS	chilled water supply	رفت آب سرد کننده
C-HWS	chilled-heating water Supply	رفت آب سرد کننده وآب گرم کننده
C-HWR	chilled-heating water return	برگشت آب سردکننده وآب گرم کننده
ci	cubic inches	اینچ مکعب
comp	compressor	کمپرسور
cond	condenser	کندانسور
CWR.CR	condenser water return	برگشت آب کندانسور
CWS.CS	condenser water supply	رفت آب کندانسور
D	density	چگالی
DA	direct acting	عمل کننده مستقیم
D/A	digital to analog	رقمی به قیاسی
DB	dry bulb temperature,decibels	دمای خشک ، دسی بل
DIDW	double inlet,double wide	دو ورودی ، دو عرضی
DDC	Direct digital control	کنترل مستقیم رقمی
DP	delta(∆)P , Pressure difference, differential	دلتا(∆)P،اختلاف فشار، اختلاف
DP.dp	dew point temperature	دمای نقطه شبنم
DTW	dual temperature water	آب با دمای دو گانه
DX	direct exchange or direct expansion	تبادل مستقیم یا انبساط مستقیم
EA	exhaust air,exhaust air duct or inlet	هوای تخلیه،کانال تخلیه هوا یا ورودی تخلیه هوا

EAT	entering air temperature	دمای هوای ورودی
econ	economizer	اکونومایزر
EF	exhaust fan	مکنده تخلیه هوا
eff	efficiency	راندمان
EMCS	Energy Management Control System	سیستم کنترل مدیریت انرژی
EMS	Energy Management System	سیستم مدیریت انرژی
EP, E-P	electric to pneumatic	الکتریکی به پنوماتیکی
evap	evaporator	اواپراتور
EWT	entering water temperature	دمای آب ورودی
FCU.F-C	fan coil unit	فن کویل
ft.hd	feet of head	فوت ستون مایع
ft.H_2O	feet of water	فوت ستون آب
ft-lb	foot-pounds	فوت - پوند
fpm	feet per minute	فوت در دقیقه
fps	feet per second	فوت در ثانیه
FSP	fan static pressure	فشار استاتیک بادزن
FSE	fan static efficiency	راندمان استاتیک بادزن
FTE	fan total efficiency	راندمان کل بادزن
FTP	fan total pressure	فشار کل بادزن
ft.wc	feet of water column	فوت ستون آب
ft.wg	feet of water gauge	فشارسنج ستون آب (فوت)
G	Standard Acceleration of Gravity	شتاب ثقل استاندارد
G	grille,grains	گریل ، گرین
Gr,gr	grains	گرین ، گرم
h	enthalpy	انتالپی
hp	horsepower	اسب بخار
HTR	high temperature return	برگشت دمای بالا
HTS	high temperature supply	رفت دمای بالا
HTW	high temperature water	آب با دمای بالا
HWR,HR	heated water return	برگشت آب گرم شونده
HWS.HS	heated water supply	رفت آب گرم شونده
HX	heat exchanger	مبدل گرمایی
IAQ	indoor air quality	کیفیت هوای داخل
in.Hg	inches of mercury	اینچ جیوه
in.wc	inches of water column	اینچ ستون آب
in.wg	inches of water gauge	اینچ فشار سنج
K	Kilo,1,000	کیلو ، ۱۰۰۰
kw	Kilowatt, 1,000 watts	کیلو وات ، ۱۰۰۰ وات
kwh	Kilowatt-hour,1,000 watt-hours	کیلو وات ساعت ،۱۰۰۰ وات ساعت
LAD	linear air diffuser	دریچه خطی
LAT	leaving air temperature	دمای هوای خروجی
lbs	Pounds	پوند
lbs/cf	pounds per cubic feet	پوند بر فوت مکعب
lbs/hr	pounds per hour	پوند در ساعت

lbs/min	pounds per minute	پوند در دقیقه
lbs/sec	pounds per second	پوند در ثانیه
LT	light troffer	چراغ تروفری (چراغ و دریچه هواتوام)
LTR	low temperature return water	برگشت آب با دمای پائین
LTS	low temperature supply water	رفت آب با دمای پائین
LTW	low temperature water	آب با دمای پائین
LWT	leaving water temperature	دمای آب خروجی
M	Roman numeral. 1,000	عدد رومی معادل ۱۰۰۰
m	mass	جرم
MBH	1,000 British thermal unit per hour	۱۰۰۰ واحد گرمایی انگلیسی درساعت
MD	metering device	وسیله سنجش
MTR	medium temperature return water	برگشت آب با دمای متوسط
MTS	medium temperature supply water	رفت آب با دمای متوسط
MTW	medium temperature water	آب با دمای متوسط
NC	normally closed	معمولاً بسته
NO	normally open	معمولاً باز
OA	outside air	هوای بیرون
OSA	outside air	هوای بیرون
Pa	Pressure absolute	فشار مطلق
PD	pressure drop or pressure difference	افت یا اختلاف فشار
PE	professional mechanical engineer	مهندس مکانیک حرفه ای
PE, P-E	pneumatic to electric	پنوماتیکی به الکتریکی
PID	proportional- integral-derivative	تناسبی - انتگرال - مشتقی
PPM	parts per million	یک قسمت در میلیون
PROM	programmable read only memory	حافظه فقط خواندنی قابل برنامه ریزی
RAM	random access memory	حافظه بادسترسی تصادفی
ROM	read only memory	حافظه فقط خواندنی
RTD	resistance temperature detector	دتکتور دما، نوع مقاومت الکتریکی
psf	pounds per square foot	پوند بر فوت مربع
Psia	pounds per square inch absolute	پوند براینچ مربع (مطلق)
Psi	pounds per square inch	پوند براینچ مربع
Psig	pounds per square inch gauge	پوند براینچ مربع (فشارسنج)
OV	outlet velocity	سرعت خروجی
RA	return air,return air duct or inlet	هوای برگشت ، کانال هوای برگشت یا دریچه آن
RA	reverse acting	عمل کننده معکوس
RAF,RF	return air fan,relief air fan	بادزن برگشت ، بادزن تخلیه
RH	relative humidity	رطوبت نسبی
SA	supply air,supply air duct or outlet	هوای رفت ، کانال هوای رفت یا دریچه آن
SAF,SF	supply air fan	بادزن هوای رفت
sf	square feet	فوت مربع
SHF	sensible heat factor	ضریب گرمای محسوس
SHR	sensible heat ratio	نسبت گرمای محسوس
SISW	single inlet,single wide	تک ورودی ، تک عرضی
SP	static pressure	فشار استاتیک

SW	side wall grille	دریچه دیواری
TD	temperature difference	اختلاف دما
TEV	thermostatic expansion valve	شیر انبساط ترموستاتیکی
TLV	threshold limit value	حد مجاز
TP	total pressure	فشارکل
TS	tip speed	سرعت خطی نوک پره
TSP	total static pressure	فشار استاتیک کل
TXV	thermostatic expansion valve	شیرانبساط ترموستاتیکی
VP	velocity pressure	فشار سینتیک (سرعتی)
V	volts	ولت
vdc	direct current voltage	ولتاژ جریان مستقیم
W	watt	وات
wb	wet bulb temperature	دمای مرطوب
Wh	watt- hour	وات ساعت

پیوست C - جداول

پیوست C - جداول

جدول تعویض هوا در ساعت

تعویض هوا در ساعت	ارتفاع سقف	فوت مکعب دردقیقه برفوت مربع
7.5	8 ft.	1
6	9 ft.	0.9

جدول سرعت هوا **سرعت های توصیه شده**

دستگاه	فوت در دقیقه
کویل آبی سرمایی	500-600
کویل آبی گرمایی	400-700
کانال ، انشعاب ، اداری	800-1,600
کانال تخلیه دود	1,500-2,000
کانال اصلی ، اداری	1,200-2,400
فیلتر الکترونیکی	500
فیلتر الیافی ، خشک	750
فیلتر الیافی HEPA	250
فیلتر الیافی ، چسبناک	700
فیلتر قابل تعویض خشک	200
فیلتر قابل تعویض ، چسبناک	500
لوورهای تخلیه	500
لووری های ورودی	400
خروجی ها	400-800
کانال قائم تخلیه دود	2,500-3,000

جدول مقدار هوا (تقریبی)

شـــــرح	فوت مکعب در دقیقه
سرمایی ، کلی	۴۰۰ فوت مکعب دردقیقه برای هر تن سرمایی
سرمایی ، کلی	۳۰بی تی یو در هر فوت مکعب در دقیقه
سرمایی ، کلی	۱ فوت مکعب دردقیقه بازای هر فوت مربع
سرمایی ، تئاتر، کلیسا، آمفی تئاتر	۲۰- ۳۰ فوت مکعب دردقیقه بر هر صندلی
گرمایی ، کلی	۱۲ فوت مکعب دردقیقه برای ۱۰۰۰ بی تی یو
هوای بیرون ، کلی	۱۵-۲۵ فوت مکعب دردقیقه برای هر نفر

ارتفاع از سطح دریا - جدول فشار

ارتفاع از سطح دریا به فوت	اینچ جیوه	فوت ستون آب
-1,000	31.02	35.1
0	29.92	33.9
1,000	28.86	32.8
2,000	27.72	31.6
3,000	26.81	30.5
4,000	25.84	29.4
5,000	24.89	28.2
6,000	23.98	27.3
7,000	23.09	26.2
8,000	22.22	25.2
9,000	21.38	24.3
10,000	20.58	23.4

جدول تبدیل واحدها

واحد	برابر است با
یک آتمسفر	33.9 فوت آب 407 اینچ آب 14.7 پوند براینچ مربع 29.92 اینچ جیوه
یک اسب بخار (بویلر)	33,475 بی تی یو در ساعت 34.5 پوند آب
یک بی تی یو	0,000393 اسب بخار 0.000293 کیلو وات
یک فوت مکعب	1,728 اینچ مکعب
یک فوت مکعب آب	7.5 گالن 62.4 پوند
یک فوت ستون آب	0.833 اینچ جیوه 12 اینچ آب 0.433 پوند بر اینچ مربع
۷۷۸ فوت - پوند	0.000393 اسب بخار- ساعت 0.000293 کیلو وات - ساعت
یک گالن آب	231 اینچ مکعب 8.33 پوند
یک اسب بخار	2,545 بی تی یو درساعت 42.42 بی تی یو در دقیقه 550 فوت - پوند در ثانیه 33,000 فوت - پوند در دقیقه 0.746 کیلو وات 746 وات
یک اینچ جیوه	1.13 فوت آب 13.6 اینچ آب 0.04391 پوند بر اینچ مربع 0.03945 میلی مترجیوه
یک فوت مربع جیوه	70.73 پوند
یک اینچ آب	0.036 پوند بر اینچ مربع 5.2 پوند بر فوت مربع

ادامه جدول تبدیل واحدها

واحد	برابر است با
یک کیلو وات	3,413 بی تی یو در ساعت 1.34 اسب بخار 56.9 بی تی یو در دقیقه
یک مایل در ساعت	88 فوت در دقیقه
یک پوند	7,000 گرین
یک پوند بر اینچ مربع	2.04 اینچ جیوه 2.31 فوت آب 27.7 اینچ آب
هوای استاندارد	0.075 پوند بر فوت مکعب 29.92 اینچ جیوه 70 درجه فارنهایت 14.7 پوند بر اینچ مربع
یک تن تبرید	12,000 بی تی یو درساعت 200 بی تی یو در دقیقه
یک وات	3.41 بی تی یو درساعت 0.00134 اسب بخار 44.26 فوت - پوند در دقیقه
یک سال	8,760 ساعت 4,620 ساعت - روز 4,140 ساعت - شب

ضریب تصحیح افت فشار کانال برای مصالح مختلف

مصالح کانال	ضریب تصحیح
کانال فولادی گالوانیزه	1.00
کانال فایبرگلاس (پشم شیشه)	1.35
کانال عایق شده از فایبرگلاس (پشم شیشه)	1.08-1.42
کانال قابل انعطاف بطور کامل کشیده شده	1.85
کانال قابل انعطاف ۱۰ درصد متراکم	3.65

ضریب تصحیح را در افت فشار حساب شده در ۱۰۰ فوت ضرب کنید.

جدول رده بندی فشار کانال

کلاس فشار	فشاراستاتیک -اینچ ستون آب	سرعت
کم	تا ۲ اینچ	تا ۲۵۰۰ فوت در دقیقه
متوسط	بین ۲ تا ۶ اینچ	بین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ فوت در دقیقه
بالا	بالاتر از ۶ اینچ	بالاتراز ۲۰۰۰ فوت در دقیقه

جدول عایق

مواد	R-11	R-13	R-19	R-22	R-30	R-33	R-38
	اینچ						
پشم معدنی	3.5	3.875	6	6.5	9	11	12
فایبرگلاس(پشم شیشه)	3.5	3.875	6	6.5	9	11	12
پشم معدنی دمیده شده	3.75		6.5	7.5	10.25	11.25	13
پشم فایبرگلاس (پشم شیشه دمیده شده)	5		8.875	10	13.75	15	18
سلولزی	3		5	6	8	9	10

جدول رده بندی آمپر موتور

تک فاز		سه فاز			موتور
230V	115V	575V	460V	230V	اسب بخار
FLA	FLA	FLA	FLA	FLA	
4.9	9.8	0.8	1	2	1/2
6.9	13.8	1.1	1.4	2.8	3/4
8	16	1.4	1.8	3.6	1
10	20	2.1	2.6	5.2	1.5
12	24	2.7	3.4	6.8	2
17	34	3.9	4.8	9.6	3
28	56	6.1	7.6	15.2	5
40		9	11	22	7.5
50		11	14	28	10
		17	21	42	15
		22	27	54	20
		27	34	68	25
		32	40	80	30
		42	52	104	40
		52	75	130	50
		62	77	154	60
		77	96	192	75
		99	124	248	100
		125	156	312	125
		144	180	360	150
		192	240	480	200

یادداشت : آمپر قفل روتور (LRA) حدوداً ۶ برابر آمپر در حالت بار نامی است .

جدول ضریب توان و راندمان موتور (تقریبی)

موتور	راندمان	سه فاز
اسب بخار		ضریب توان
1/2	70	69.2
3/4	72	72.0
1	79	76.5
1.5	80	80.5
2	80	85.3
3	81	82.6
5	83	84.2
7.5	85	85.5
10	85	88.8
15	86	87.0
20	87	87.2
25	88	86.8
30	89	87.2
40	89	88.2
50	89	89.2
60	89	89.5
75	90	89.5
100	90	90.3
125	90	90.5
150	91	90.5
200	91	90.5

یادداشت : منحنی ضریب توان و راندمان موتور تا تقلیل بار موتور به زیر ۵۰ درصد تقریباً بصورت مستقیم باقی می ماند.

جدول اندازه راه انداز مغناطیسی موتور

230V	115V	575V	460V	230V	اسب بخار
00	0	00	00	00	1/2
00	0	00	00	00	3/4
00	0	00	00	00	1
0	1	00	00	00	1.5
0	1	00	00	0	2
1	1P/2	0	0	0	3
1P	2.5	0	0	1	5
2		1	1	1	7.5
2.5		1	1	1.75	10
		1.75	1.75	2	15
		2	2	2.5	20
		2	2	3	25
		2.5	2.5	3	30
		3	3	3.5	40
		3	3	4	50
		3.5	3.5	4.5	60
		3.5	3.5	4.5	75
		4	4	5	100
		4.5	4.5	6	125
		4.5	4.5	6	150
		5	5	6	200

جدول اندازه کابل موتور

230V	115V	575V	460V	230V	اسب بخار
14	14	14	14	14	1/2
14	12	14	14	14	3/4
14	12	14	14	14	1
14	10	14	14	14	1.5
14	10	14	14	14	2
10	8	14	14	14	3
8	4	14	14	12	5
6		14	14	10	7.5
6		14	12	8	10
		10	10	6	15
		10	8	4	20
		8	8	4	25
		8	6	3	30
		6	6	1	40
		6	4	2/0	50
		4	3	3/0	60
		3	1	250	75
		1	2/0	350	100
		2/0	3/0	2-3/0	125
		3/0	4/0	2-4/0	150
		250	350	2-350	200

توان ده (۱۰)

مقدار	پیش حرف	نشانه	توان	
0.000,000,000,000,000,001	atto	a	-18	10
0.000,000,000,000,001	femto	f	-15	10
0.000,000,000,001	pico	p	-12	10
0.000,000,001	nano	n	-9	10
0.000,001	micro	u	-6	10
0.001	milli	m	-3	10
0.01	centi	c	-2	10
0.1	deci	d	-1	10
10	deka	da	1	10
100	hecto	h	2	10
1,000	kilo	k	3	10
1,000,000	mega	M	6	10
1,000,000,000	giga	G(b)	9	10
1,000,000,000,000	tera	T(t)	12	10
1,000,000,000,000,000		quadrillion(quad)	15	10
1,000,000,000,000,000,000		quintillion	18	10

(b) billion
(t) trillion

جدول فشار : مطلق و آنچه فشار سنج نشان می دهد

فشار بالاتر از فشار آتمسفر (psi)	
فشار سنج	فشار مطلق
50 psig	64.7 psia
40 psig	54.7 psia
30 psig	44.7 psia
20 psig	34.7 psia
10 psig	24.7 psia

فشار آتمسفر

0 psig	14.7 psia		
		29.92 in.Hg	33.9 ft.wg	407 in.wg

فشار زیر آتمسفر (اینچ جیوه)

فشار سنج		فشار مطلق		
10 in.Hg	- 4.9 psig/9.8 psia	19.92 in.Hg	22.6 ft.wg	271 in.wg
20 in.Hg	- 9.8 psig/4.9 psia	9.92 in.Hg	11.3 ft.wg	136 in.wg
29.92 in.Hg	- 14.7 psig/0 psia	0 in.Hg	0 ft.wg	0 in.wg

جـدول تبـــرید

اختلاف دمای آب سرد کننده	گالن دردقیقه بر هرتن سرمایی
8	3
10	2.4
12	2
20	1.2

جدول تسمه های V شکل

تسمه های V شکل صنعتی استاندارد	عرض (اینچ)
A	1/2
B	21/32
C	7/8
D	11/4
E	11/2
تسمه های موتورهای کوچک	عرض (اینچ)
2L	9/32
3L	3/8
4L	1/2
5L	21/32

جدول خصوصیات آب

دما	چگالی	وزن	فشاربخار،فوت ستون آب	وزن مخصوص
50	62.38	8.34	0.41	1.002
60	62.35	8.33	0.59	1.001
70	62.27	8.32	0.84	1.000
80	62.19	8.31	1.17	0.998
90	61.11	8.30	1.62	0.997
100	62.00	8.29	2.20	0.995
110	61.84	8.27	2.96	0.993
120	61.73	8.25	3.95	0.990
130	61.54	8.23	5.20	0.988
140	61.40	8.21	6.78	0.985
150	61.20	8.18	8.74	0.982
160	61.01	8.16	11.20	0.979
170	60.00	8.12	14.20	0.975
180	60.57	8.10	17.85	0.972
190	60.35	8.07	22.30	0.968
200	60.13	8.04	27.60	0.965
210	59.88	8.00	34.00	0.961

Temp. = دما ، درجه فارنهایت

Den. = چگالی ، پوند برفوت مکعب

Wt = وزن ، پوند بر هر گالن

VP = فشار بخار ، فوت ستون آب

SG = وزن مخصوص

پیوست D - رابطه ها

رابطه های کلی

$$\text{Den (lbs/cu.ft.)} = \frac{\text{Mass (lbs)}}{\text{Vol(cu.ft.)}}$$

$$\text{SpV(cu.ft./lb)} = \frac{\text{Vol(cu.ft)}}{\text{Mass(lbs)}}$$

$$\text{SpV(cu.ft/lb)} = \frac{1}{\text{Den(lbs/cu.ft)}}$$

$$\text{Den(lb/cu.ft)} = \frac{1}{\text{SpV(cu.ft/lb)}}$$

$$\text{Mass(lb)} = \text{Vol(cu.ft.)} \times \text{Den(lb/cu.ft.)}$$

$$\text{Mass(lb)} = \frac{\text{Vol(cf)}}{\text{SpV}\left[\frac{\text{cf}}{\text{lb}}\right]}$$

Mass flow rate = lb/min

$$\text{Vol(cu.ft.)} = \text{Mass(lb)} \times \text{SpV (cu.ft./lb)}$$

$$\text{Vol(cf)} = \frac{\text{mass(lb)}}{\text{Den}\left[\frac{\text{lb}}{\text{cf}}\right]}$$

Volume flow rate = cf/min جریان حجمی

$$\text{SpG} = \frac{\text{Den}}{\text{Dw}} \qquad \text{Dw} = 62.4 \text{ lbs/cu. ft.}$$

$$\text{Work(ft/lb)} = \text{Dist(ft.)} \times \text{F(lb)}$$

Den = density	چگالی
Vol = volume	حجم
Mass= mass	جرم
SPv = specific volume	حجم مخصوص
SPG = specific gravity	وزن مخصوص
DW = density of water	چگالی آب
Dist= distance	فاصله
F = Force	نیرو

قوانین وابستگی

زیر نویس (اندیس) ۲ مربوط به شرایط دلخواه است . زیر نویس (اندیس) ۱ مربوط به اندازه گیری کارگاهی است.

قوانین بادزن

$$rpm_2 = rpm_1 \times \frac{cfm_2}{cfm_1}$$

$$cfm_2 = cfm_1 \times \frac{rpm_2}{rpm_1}$$

$$cfm_2 = cfm_1 \times \frac{Pd_2}{Pd_1}$$

$$Pd_2 = Pd_1 \times \frac{cfm_2}{cfm_1}$$

$$rpm_2 = rpm_1 \times \frac{Pd_2}{Pd_1}$$

$$Pd_2 = Pd_1 \times \frac{rpm_2}{rpm_1}$$

$$SP_2 = Sp_1 \times \left[\frac{rpm_2}{rpm_1}\right]^2$$

$$rpm_2 = rpm_1 \times \sqrt{\frac{SP_2}{SP_1}}$$

$$SP_2 = Sp_1 \times \left[\frac{cfm_2}{cfm_1}\right]^2$$

$$cfm_2 = cfm_1 \times \sqrt{\frac{SP_2}{SP_1}}$$

$$SP_2 = Sp_1 \times \left[\frac{Pd_2}{Pd_1}\right]^2$$

$$Pd_2 = pd_1 \times \sqrt{\frac{SP_2}{SP_1}}$$

$$bhp_2 = bhp_1 \times \left[\frac{rpm_2}{rpm_1}\right]^3$$

$$rpm_2 = rpm_1 \times \sqrt[3]{\frac{bhp_2}{bhp_1}}$$

$$bhp_2 = bhp_1 \times \left[\frac{cfm_2}{cfm_1}\right]^3$$

$$cfm_2 = cfm_1 \times \sqrt[3]{\frac{bhp_2}{bhp_1}}$$

$$bhp_2 = bhp_1 \times \left[\frac{Pd_2}{Pd_1}\right]^3$$

$$Pd_2 = Pd_1 \times \sqrt[3]{\frac{bhp_2}{bhp_1}}$$

$$amp_2 = amp_1 \times \left[\frac{rpm_2}{rpm_1}\right]^3$$

$$rpm_2 = rpm_1 \times \sqrt[3]{\frac{amp_2}{amp_1}}$$

$$amp_2 = amp_1 \times \left[\frac{cfm_2}{cfm_1}\right]^3$$

$$cfm_2 = cfm_1 \times \sqrt[3]{\frac{amp_2}{amp_1}}$$

$$amp_2 = amp_1 \times \left[\frac{Pd_2}{Pd_1}\right]^3$$

$$Pd_2 = Pd_1 \times \sqrt[3]{\frac{amp_2}{amp_1}}$$

$$bhp_2 = bhp_1 \times \left[\frac{Sp_2}{Sp_1}\right]^3$$

$$bhp_2 = bhp_1 \times \left[\frac{Sp_2}{Sp_1}\right]^{1.5}$$

$$SP_2 = SP_1 \times \frac{d_2}{d_1}$$

$$bhp_2 = bhp_1 \times \frac{d_2}{d_1}$$

cfm = حجم هوا
SP = فشار استاتیک (اینچ ستون آب)
rpm = سرعت بادزن
amp = آمپر
Pd = قطرگام پولی موتور
bhp = توان حقیقی
d = چگالی هوا (پوند بر فوت مکعب)

قوانین پمپ

$$gpm_2 = gpm_1 \times \frac{D_2}{D_1}$$

$$D_2 = D_1 \times \frac{gpm_2}{gpm_1}$$

$$TDH_2 = TDH_1 \times \left[\frac{D_2}{D_1}\right]^2$$

$$D_2 = D_1 \times \sqrt{\frac{TDH_2}{TDH_1}}$$

$$TDH_2 = TDH_1 \times \left[\frac{gpm_2}{gpm_1}\right]^2$$

$$gpm_2 = gpm_1 \times \sqrt{\frac{TDH_2}{TDH_1}}$$

$$bhp_2 = bhp_1 \times \left[\frac{D_2}{D_1}\right]^3$$

$$D_2 = D_1 \times \sqrt[3]{\frac{bhp_2}{bhp_1}}$$

$$bhp_2 = bhp_1 \times \left[\frac{gpm_2}{gpm_1}\right]^3$$

$$gpm_2 = gpm_1 \times \sqrt[3]{\frac{bhp_2}{bhp_1}}$$

gpm = جریان - گالن در دقیقه
D = قطر پروانه (اینچ)
TDH = فشار کل دینامیکی (فوت ستون آب)
bhp = توان حقیقی

رابطه های جریان هوا

سرعت هوا

$$\upsilon = 4{,}005 \sqrt{VP}$$

υ = سرعت (فوت در دقیقه)
4,005 = عدد ثابت
VP = فشار سینتیک (اینچ ستون آب)

$$V = \frac{Q}{A}$$

V = سرعت (فوت در دقیقه)
Q = حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)
A = سطح مقطع کانال (فوت مربع)

فشار سرعتی هوا

$$VP = \left[\frac{\upsilon}{4{,}005}\right]^2$$

υ = سرعت (فوت در دقیقه)

حجم هوا - فوت مکعب در دقیقه

$$Q = AV$$

Q = حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)
A = سطح مقطع کانال (فوت مربع)
V = سرعت (فوت در دقیقه)

چگالی هوا

$$d_c = 1.325 \frac{Pb}{T}$$

cd = چگالی محاسبه شده هوا(پوند بر فوت مکعب)
1.325 = عدد ثابت (0.075 پوند بر فوت مکعب تقسیم بر 29.92 اینچ جیوه تقسیم بر 530 درجه فارنهایت)
Pb = فشار با رومتری (اینچ جیوه)
T = دمای مطلق (دمای اندازه گیری شده($^{\circ}$F) باضافه ۴۶۰

ضریب تصحیح ابزار دقیق برای چگالی هوا

برای ابزاری که در شرایط هوای استاندارد کالیبره شده اند.

$$F_c = \sqrt{\frac{0.075}{d}}$$

F c = ضریب تصحیح
0.075 = چگالی هوای استاندارد
d = چگالی محاسبه شده

سرعت هوا برای ابزاردقیقی که برای چگالی تصحیح شده اند.

$$Vc = Vm \times Fc$$

Vc = سرعت تصحیح شده (فوت در دقیقه)
Vm = سرعت اندازه گیری شده (فوت در دقیقه)
Fc = ضریب تصحیح

حجم هوا برای ابزار دقیقی که برای چگالی تصحیح شده اند

$$Q = A \times Vc$$

Q = حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)
A = سطح مقطع کانال (فوت مربع)
Vc = سرعت تصحیح شده (فوت در دقیقه)

حجم هوا- پوند در ساعت

$$lbs/hr = cfm \times 4.5$$

$$cfm = \frac{lb/hr}{4.5}$$

lbs/hr = پوند در ساعت جریان هوا
cfm = مقدار جریان هوا
4.5 = عدد ثابت (۶۰ دقیقه در ساعت ضرب در 0.075 پوند در فوت مکعب)

حجم هوا از طریق صفحه اوریفیس

$$cfm = 3.144\ CD^2\sqrt{PD}$$

cfm = مقدار جریان هوا
3,144 = عدد ثابت
C = عدد ثابت اوریفیس
D = قطر اوریفیس به اینچ
PD = افت فشار اندازه گیری شده دو طرف اوریفیس به اینچ آب

$$cfm = 21.8\ CD^2\ \sqrt{PD}$$

cfm = مقدار جریان هوا
21.8 = عدد ثابت
C = عدد ثابت اوریفیس
D = قطر اوریفیس به فوت
PD = افت فشار انداره گیری شده دو طرف اوریفیس ، اینچ آب

$$cfm = 861\ CD^2\sqrt{\frac{PD}{d}}$$

cfm = مقدار جریان هوا
861 = عدد ثابت
C = عدد ثابت اوریفیس
D = قطر اوریفیس به اینچ
PD = افت فشار انداره گیری شده دو طرف اوریفیس ، اینچ آب
d = چگالی استاندارد هوا (0.075)

حجم هوای کوره ها

کوره گازی

$$cfm = \frac{HV \times cfh \times eff}{1.08 \times TR}$$

کوره گازوئیلی

$$cfm = \frac{HV \times gph \times eff}{1.08 \times TR}$$

کوره برقی

$$cfm = \frac{V \times A \times 3.41}{1.08 \times TR}$$

cfm = مقدار هوا
HV = ارزش حرارتی سوخت (گاز : بی تی یو بر فوت مکعب - مایع : بی تی یو بر گالن)
cfh = فوت مکعب در ساعت
gph = گالن در ساعت
V = ولت
A = آمپر
eff = راندمان
3.41 = عدد ثابت
1.08 = عدد ثابت
TR = ازدیاد دما در عبور از مبدل گرمایی

تعداد تعویض هوا در ساعت

$$AC/hr = \frac{cfm \times 60}{Vol}$$

$$cfm = \frac{AC/hr \times Vol}{60}$$

$$Vol = \frac{cfm \times 60}{AC/hr}$$

Ac/hr = تعویض هوا در ساعت
cfm = مقدار جریان هوا
60 = عدد ثابت (دقیقه در هر ساعت)
Vol = حجم اتاق ، طول × عرض × ارتفاع ، (فوت مکعب)

رابطه های مساحت

مساحت دایره

$$A = \pi R^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = 0.7854 D^2$$

مساحت کانال

$$A = \frac{Q}{V}$$

A = سطح مقطع کانال (فوت مربع)
Q = حجم هوا (فوت مکعب در دقیقه)
V = سرعت هوا (فوت در دقیقه)

سطح کانال مستطیلی

$$A = \frac{ab}{144}$$

A = سطح مقطع کانال (فوت مربع)
a = طول یک ضلع کانال مستطیلی (اینچ)
b = طول ضلع دیگر کانال مستطیلی (اینچ)
144 = عدد ثابت (اینچ مربع در فوت مربع)

سطح کانال گرد

$$A = \frac{\pi R^2}{144}$$

A = سطح مقطع کانال (فوت مربع)
π = عدد ثابت (3.14)
R^2 = مربع شعاع به اینچ
144 = عدد ثابت (اینچ مربع در فوت مربع)

رابطه های تسمه V شکل

طول تسمه

$$L = 2C + 1.57\,(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4C}$$

L = گام تسمه
C = فاصله مرکز تا مرکز محورها
D = قطر گام پولی بزرگتر
d = قطر گام پولی کوچکتر
1.57 = عدد ثابت

طول تقریبی تسمه یا تغییر پولی

$$L = 1.57(\Delta\ Pd)$$

L = طول تقریبی گام جدید
1.57 = عدد ثابت
Δ PD = اختلاف قطر گام جدید و قدیم

قطر دایره معادل کانال مستطیلی

معادل تقریبی

$$d = \frac{4ab}{\pi}$$

قطر دایره معادل کانال مستطیلی برای افت فشار مساوی (Equal Friction)

$$d = 1.30\,\frac{ab^{0.625}}{(a+b)^{0.25}}$$

d = قطر معادل کانال
a = طول یک ضلع کانال مستطیلی اینچ
b = طول ضلع دیگر کانال مستطیلی اینچ
π = عدد ثابت

رابطه های کنترل
سیستم های پنوماتیکی (بادی)

۱- باند تناسبی (Proportional Band) مساوی است بادامنه تغییرات(Trottling)تقسیم برمحدوده قابل کنترل (Span)که به درصد ذکرشود.

$$\text{باند تناسب} = \frac{\text{دامنه تروتلینگ}}{\text{فاصله بین دو عدد}} \times ۱۰۰$$

۲- حساسیت مساوی است با دامنه تغییرات فشار تقسیم بر دامنه تغییرات (Trottling)

$$\text{حساسیت} = \frac{\text{دامنه فشار}}{\text{دامنه تروتلینگ}}$$

۳- رابطه محاسبه فشار خروجی کنترلر یا سنسور برای مقدار اندازه گیری شده مساوی است با اختلاف بین پارامتر اندازه گیری شده و نقطه تنظیم ، تقسیم بر دامنه تروتلینگ ، ضربدر دامنه فشار . این عدد محاسبه شده باید به فشار نقطه تنظیم اضافه یا از آن کم شود .

$$P_o = P_{sp} + \text{یا} - \left[\frac{M\text{-}SP}{TR} \times PR\right]$$

۴- رابطه برای محاسبه عدد اندازه گیری شده یک کنترلر عمل مستقیم عبارت است از فشار خروجی منهای فشار نقطه میانی مربوط به نقطه تنظیم دما ، فشار یا رطوبت تقسیم بر دامنه فشار ضربدر دامنه تروتلینگ باضافه عدد نقطه تنظیم .

$$M = \left[\frac{P_o - P_{sp}}{PR} \times TR\right] + SP$$

۵- رابطه لازم برای محاسبه عدد اندازه گیری شده یک کنترلر عمل معکوس عبارت است از فشار نقطه میانی مربوط به نقطه تنظیم دما، فشار یا رطوبت منهای فشارخروجی تقسیم بر دامنه فشار ضربدر دامنه تروتلینگ باضافه عدد نقطه تنظیم .

$$M = \left[\frac{P_{sp} - P_o}{PR} \times TR\right] + SP$$

۶- رابطه لازم برای محاسبه فشار خروجی کنترلرهایی که با سنسورهای با دامنه ثابت کار می کنند عبارت است از اختلاف عدد اندازه گیری شده و نقطه تنظیم تقسیم بر باند تناسبی ضربدر حساسیت ضربدر دامنه فشار . این عدد به فشار نقطه تنظیم اضافه یا از آن کم میشود.

$$P_o = P_{sp} + \text{یا} - \left[\frac{M\text{-}SP}{PB \times S} \times PR\right]$$

P_o = فشار محاسبه شده خروجی از کنترلر به پوند بر اینچ مربع

P_{sp} = فشار نقطه میانی مربوطه به دما ، فشار یا رطوبت نقطه تنظیم (برای مثال فشار ۳ الی ۱۵ پوند بر اینچ مربع کنترلر دارای نقطه میانی یا نقطه تنظیم ۹ پوند بر اینچ مربع میباشد).

+/- = علامت تغییرات فشار متناسب با عمل کنترل . (+) برای عمل مستقیم. (-) برای عمل معکوس

M = عدد اندازه گیری شده که ممکن است دما ، فشار یا رطوبت باشد .

SP = نقطه تنظیم

TR = دامنه تروتلینگ

PR = دامنه فشار (۱۲ برای کنترلر ۳ الی ۱۵ پوند بر اینچ مربع)

PB = باند تناسب ، درصد (Span) سنسور .

S = Span

سیستم های الکترونیک

۱- ولتاژ خروجی برای محاسبه عدد اندازه گیری شده برابر است با اختلاف بین عدد اندازه گیری شده و نقطه تنظیم تقسیم بر دامنه تروتلینگ ضربدر دامنه ولتاژ . این عدد با ولتاژ نقطه تنظیم جمع یا تفریق میشود.

$$V_o = V_{sp} + \text{یا} - \left[\frac{M\text{-}SP}{TR} \times VR\right]$$

V_o = ولتاژ محاسبه شده خروجی از کنترلر به ولت جریان مستقیم (vdc).

V_{sp} = ولتاژ نقطه میانی مربوط به نقطه تنظیم دما ، فشار یا رطوبت (بعنوان مثال یک کنترلر با ۶ الی ۹ ولت آمپر مستقیم دارای نقطه میانی یا نقطه تنظیم برابر با ۷/۵ ولت آمپر مستقیم است).

+/- = علامت تغییر ولتاژ برحسب نوع عمل کنترل . (+) برای عمل کننده مستقیم . (-) برای عمل کننده معکوس

M = عدد اندازه گیری شده که ممکن است دما ، فشار یا رطوبت باشد .

SP = نقطه تنظیم

TR = دامنه تروتلینگ

VR = دامنه ولتاژ (۳ ولت برای کنترلر ۶ الی ۹ ولت آمپر مستقیم)

رابطه های کویل سرمایی

ضریب کنار گذر کویل آبی سرمایی (Chilled water coil bypass factor)

$$CBF = \frac{ADP - LAT}{ADP - EAT} \times 100$$

دمای هوای خروجی از کویل

$$LAT = EAT - [(EAT - ADP) \times (1 - CBF)]$$

CBF = ضریب کنار گذر کویل

ADP = نقطه شبنم دستگاه به درجه فارنهایت برگرفته شده از نمودارهای سایکرومتریک .

LAT = دمای هوای خروجی (دمای خشک درجه فارنهایت)

EAT = دمای هوای ورودی (دمای خشک به درجه فارنهایت)

ET = دمای اواپراتور (دمای اشباع بخار مبرد به درجه فارنهایت) وقتی از کویل مبرد (انبساط مستقیم) استفاده میکنید بجای ADP می توانید ET بگذارید.

رابطه های برج خنک کن و کندانسور

مقدار جریان در کندانسور × افزایش دمای کندانسور = مقدار جریان در برج × اختلاف دمای برج

$$CTR = \frac{CR \times C_{gpm}}{CT_{gpm}}$$

$$CT_{gpm} = \frac{CR \times C_{gpm}}{CTR}$$

$$CR = \frac{CTR \times CT_{gpm}}{C_{gpm}}$$

$$C_{gpm} = \frac{CTR \times CT_{gpm}}{CR}$$

دامنه برج خنک کن = دمای آب ورودی منهای دمای آب خروجی

CTR = دامنه برج خنک کن

مقدارجریان دربرج = مقدار جریان آب گذرا از برج خنک کن به گالن آب در دقیقه .

CT_{gpm} = جریان گذرای برج

اختلاف دما در کندانسور= دمای آب ورودی منهای دمای آب خروجی

CR = اختلاف دما در کندانسور

مقدارجریان کندانسور = جریان آب گذرا از کندانسور به گالن در دقیقه

C_{gpm} = جریان گذرای کندانسور

رابطه های مربوط به محرک

$$rpm_m \times D_m = rpm_f \times D_f$$

$$rpm_m = \frac{rpm_f \times D_f}{D_m}$$

$$D_m = \frac{rpm_f \times D_f}{rpm_m}$$

$$rpm_f = \frac{rpm_m \times D_m}{D_f}$$

$$D_f = \frac{rpm_m \times D_m}{rpm_f}$$

rpm_m = سرعت محور موتور
D_m = قطر گام پولی موتور
rpm_f = سرعت محور بادزن
D_f = قطر گام پولی بادزن

$$rpm = \frac{fpm \times \frac{12}{C}}{Pd \times 0.262}$$

rpm = سرعت محور
fpm = سرعت تسمه
12 = عدد ثابت (اینچ به فوت)
C = محیط چرخ ابزار دقیق اندازه گیری (اینچ)
Pd = قطر گام پولی محرک (اینچ)
0.262 = عدد ثابت (3.14 تقسیم بر 12)

رابطه های الکتریکی

آمپرها

$$Amps = \frac{Volts}{Ohms}$$

$$Amps = \frac{Watts}{Volts}$$

$$Amps = \sqrt{\frac{Watts}{Ohms}}$$

توان حقیقی - مدار تک فاز

$$bhp = \frac{V \times A \times Eff \times PF}{746}$$

توان حقیقی - مدار سه فاز

$$bhp = \frac{V \times A \times Eff \times PF \times 1.73}{746}$$

bhp = توان حقیقی
V = ولتاژ (برای مدار سه فاز این ولتاژ میانگین است)
A = آمپر (برای مدار سه فاز این آمپر میانگین است).

Eff = راندمان موتور
PF = ضریب توان
746 = عدد ثابت (وات / اسب)
1.73 = عدد ثابت مدار سه فاز (3)

توان حقیقی - بدون بار

$$FLA_c = \frac{V_n \times FLA_n}{V_m}$$

$$bhp = \frac{RLA - 0.5\ NLA}{FLA_c - 0.5\ NLA}\ hp_n$$

RLA = آمپر اندازه گیری شده در محل
NLA = آمپر بدون بار (پولی در جا بدون تسمه)
FLA_c = آمپر بار نامی . در محل تصحیح شده
hp_n = توان حقیقی پلاک مشخصات
V_n = ولتاژ پلاک مشخصات
FLA_n = آمپر بار نامی پلاک مشخصات
V_m = ولتاژ در محل اندازه گیری شده

خازن ها - بسته شده بطور موازی

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

خازن ها - بسته شده بطورسری

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

C_T = ظرفیت کل ، اهم
C_1 = اهم خازن ۱
C_2 = اهم خازن ۲
C_3 = اهم خازن ۳

جریان غیر متعادل

$$\%C = \frac{\Delta D_{max}}{C_{avg}} \times 100$$

%C = آمپر غیر متعادل (نباید از ده درصد بیشتر شود)
ΔD_{max} = حداکثر انحراف از آمپر متوسط
C_{avg} = آمپر میانگین

اهم

$$Ohms = \frac{Amps}{Volts}$$

$$\text{Ohms} = \frac{\text{Volts}^2}{\text{Watts}}$$

$$\text{Ohms} = \frac{\text{Watts}}{\text{Amps}^2}$$

ضریب توان - برای مدار تک فاز

$$PF = \frac{W}{VA}$$

$$PF = \frac{KW}{KVA}$$

ضریب توان - برای مدار سه فاز

$$PF = \frac{W}{VA \times 1.73}$$

$$PF = \frac{KW}{KVA \times 1.73}$$

PF = ضریب توان
W = وات
V = ولت
A = آمپر
KW = کیلو وات
KVA = کیلو ولت آمپر
1.73 = عدد ثابت مدار سه فاز (3)

ولت

$$\text{Volts} = \sqrt{\text{Watts} \times \text{Ohms}}$$

$$\text{Volts} = \text{Amps} \times \text{Ohms}$$

$$\text{Volts} = \frac{\text{Watts}}{\text{Amps}}$$

ولتاژ غیر متعادل

$$\%V = \frac{\Delta D_{max}}{V_{avg}} \times 100$$

%V = درصد غیر متعادلی ولتاژ (نباید از ۲ درصد بیشتر شود)
ΔD_{max} = حداکثر انحراف از ولتاژ میانگین
V_{avg} = ولتاژ میانگین

وات

$$\text{Watts} = \text{Volts} \times \text{Amps}$$

$$\text{Watts} = \text{Amps}^2 \times \text{Ohms}$$

$$\text{Watts} = \frac{\text{Volts}^2}{\text{Ohms}}$$

رابطه های هزینه / صرفه جویی در مصرف انرژی

هزینه یا صرفه جویی در سال برای تغییرات توان حقیقی

$$\$/yr = (bhp1 - bhp2) \times \frac{0.746kw/bhp}{Motor_{eff}} \times Hr/Yr \times \$/kwh$$

$/yr = هزینه یا صرفه جویی در سال به دلار
bhp1 = توان حقیقی اولیه
bhp2 = توان حقیقی تغییر یافته
0.746 = عدد ثابت ، کیلو وات بر توان حقیقی
eff = راندمان موتور
Hr/Yr = تعداد ساعت کار در سال
$/kwh = هزینه مصرف برق ، کیلو وات ساعت، به دلار

هزینه یا صرفه جویی سالیانه در اثر تغییر یکی از اجزای تشکیل دهنده سیستم

سیستم بادزن

$$\$/YR = \frac{\$/kwh \times cfm \times P \times 0.746kw/bhp \times Hr/Yr}{6,356 \times Motor_{eff} \times Fan_{eff}}$$

سیستم پمپ

$$\$/YR = \frac{\$/kwh \times gpm \times H \times 0.746kw/bhp \times Hr/Yr}{3,960 \times Motor_{eff} \times Pump_{eff}}$$

$/YR = هزینه یا صرفه جویی سالیانه به دلار
$/kwh = هزینه انرژی الکتریکی به کیلو وات ساعت به دلار
cfm = مقدار جریان هوا
gpm = مقدار جریان آب
P = افت فشار هوا در دو طرف اجزای سیستم (اینچ آب)
H = افت فشار آب در دو طرف اجزای سیستم (فوت آب)
0.746 = عدد ثابت (کیلو وات بر توان حقیقی
Hr/Yr = تعداد ساعت کار در سال
6,356 = عدد ثابت ،سیستم های هوا
3,960 = عدد ثابت ؛ سیستم های آب
eff = راندمان موتور
eff = راندمان پمپ
eff = راندمان بادزن

رابطه های بادزن

توان هوا (اسب بخار)

$$ahp = \frac{cfm \times P}{6,356}$$

توان حقیقی

$$bhp = \frac{cfm \times FSP}{6,356 \times FSE}$$

$$bhp = \frac{cfm \times FTP}{6{,}356 \times FTE}$$

$$bhp = \frac{cfm \times TSP}{6{,}356 \times 0.70}$$

راندمان بادزن

$$FSE = \frac{cfm \times FSP}{6{,}356 \times bhp}$$

$$FTE = \frac{cfm \times FTP}{6{,}356 \times bhp}$$

$$Eff = \frac{cfm \times TSP}{6{,}356 \times bhp}$$

ahp = توان هوا
cfm = حجم جریان هوا
P = فشار بادزن (اینچ ستون آب)
6,356 = عدد ثابت (33000 فوت - پوند / دقیقه تقسیم بر 5.19)
Eff = راندمان (درصد)
bhp = توان حقیقی
FSP = فشار استاتیک بادزن (اینچ آب)
FSE = راندمان استاتیک بادزن (درصد)
FTP = فشار کل بادزن (اینچ آب)
FTE = راندمان کل بادزن (درصد)
TSP = فشار استاتیک کل
0.70 = اگر راندمان بادزن معلوم نباشد استفاده میشود

افزایش دمای دو طرف بادزن

$$\text{Temperature rise} = \frac{TSP \times 2{,}545}{6{,}356 \times 1.08 \times Eff_f}$$

موتور در مسیر هوا

$$\text{Temperature rise} = \frac{TSP \times 2{,}545}{6{,}356 \times 1.08 \times Eff_f \times Eff_m}$$

Temperature rise = ازدیاد دما (درجه فارنهایت)
PTS = ازدیاد فشار استاتیک کل بادزن (اینچ آب)
2,545 = عدد ثابت
6,356 = عدد ثابت
1.08 = عدد ثابت
Eff_m = راندمان موتور (به درصد)
$Eff_{f.}$ = راندمان بادزن به درصد

سرعت نوک پره

$$\text{Tip speed} = \frac{D \times rpm \times 3.14}{12}$$

Tip speed= سرعت نوک پره به فوت در دقیقه
D = قطر چرخ بادزن (اینچ)
rpm = دور در دقیقه بادزن
3.14 = عدد ثابت
12 = عدد ثابت (اینچ در فوت)

رابطه های جریان سال

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

v = سرعت سیال (فوت در ثانیه)
g = شتاب ثقل (32.2 فوت در ثانیه به توان دو)
h = هد(فوت)

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$v = 60\sqrt{2 \times 32.2 \times 5.19 \times 13.33}$$

$$v = 4{,}005$$

v = سرعت (فوت در دقیقه)
60 = ثانیه در دقیقه
5.19 = چگالی آب (62.3 lb/cf) تقسیم بر 12 (اینچ در فوت)
13.33 = عدد ثابت : ۱ اینچ ستون آب تقسیم بر 0.075 (پوند بر فوت مکعب)

رابطه های تبادل گرما

هـوا

$$Btuh = cfm \times 1.08 \times TD$$

$$cfm = \frac{Btuh}{1.08 \times TD}$$

$$TD = \frac{Btuh}{1.08 \times cfm}$$

Btuh = بی تی یو در ساعت گرمای محسوس) بار کویل سرمایی یا کویل گرمایی یا بار اتاق)
cfm = مقدار جریان هوا
1.08 = عدد ثابت (60 دقیقه در ساعت ضربدر 0.075 پوند بر فوت مکعب ضربدر 0.24 بی تی یو بر پوند بر درجه فارنهایت)
TD = اختلاف دمای خشک پیش و پس از کویل . در کاربردهایی که نیاز به محاسبه cfm است ، TD در واقع اختلاف دمای رفت و دمای اتاق است .

$$Btuhl = cfm \times 0.68 \times \Delta wl$$

$$\Delta wl = \frac{Btuhl}{0.68 \times cfm}$$

$$cfm = \frac{Btuhl}{0.68 \times \Delta wl}$$

Btuhl = بی تی یو درساعت گرمای نهان
cfm = مقدار هوادهی
0.68 = عدد ثابت (60 دقیقه در ساعت ضربدر 0.075 پوند بر فوت مکعب ضربدر $^{1076}/_{7000}$ بی تی یو بر گرین)
Δwl = تغییر مقدار بخار آب ، گرین بر پوند) - به فصل ۱۰ مراجعه شود .

$$Btuht = cfm \times 4.45 \times \Delta ht$$

$$\Delta ht = \frac{Btuht}{4.5 \times cfm}$$

$$cfm = \frac{Btuht}{4.5 \times \Delta ht}$$

Btuht = بی تی یو درساعت کل گرما(برای کویل خیس)
cfm = حجم هوادهی
4.5 = عدد ثابت
Δht = تغییرات مقدار کل گرمای هوای رفت بی تی یو در پوند(از دمای مرطوب و نمودار سایرومتریک یا جداول خواص هوای مخلوط یا بخار آب اشباع) - فصل دهم .

آب

$$Btuh = gpm \times 500 \times TD$$

$$gpm = \frac{Btuh}{500 \times TD}$$

$$TD = \frac{Btuh}{500 \times gpm}$$

Btuh = بی تی یو در ساعت
gpm = گالن در دقیقه
500 = عدد ثابت (60 دقیقه درساعت ضربدر8.33 پوند برگالن ضربدریک بی تی یوبرپوند بر درجه فارنهایت)
TD = اختلاف دمای آب ورودی و خروجی

رابطه های توان

توان بادزن

$$KW = \frac{cfm \times TSP}{8{,}520 \times Eff_m \times Eff_f}$$

توان پمپ

$$KW = \frac{gpm \times TDH}{5{,}308 \times Eff_p \times Eff_f}$$

KW = کیلو وات
cfm = حجم هوادهی
TSP = فشار استاتیک کل (انیچ ستون آب)
8,520 = عدد ثابت (6356 تقسیم بر 0.746)
gpm = گالن در دقیقه
TDH = فشار کل دینامیکی (فوت اب)
5,308 = عدد ثابت (3960 تقسیم بر 0.746)
Eff_m = راندمان موتور به درصد
Eff_f = راندمان بادزن به درصد
Eff_p = راندمان پمپ به درصد

رابطه های پمپ

توان آب

$$WHP = \frac{gpm \times H \times SpG}{3{,}960}$$

توان حقیقی پمپ

$$bhp = \frac{gpm \times TDH}{3,960 \times Eff}$$

راندمان پمپ

$$Eff = \frac{gpm \times TDH}{3,960 \times bhp}$$

WHP = توان آب
gpm = مقدار جریان آب
H = فشاری که پمپ بر علیه آن کار می کند (فوت ستون آب)
SpG = وزن مخصوص
3,960 = عدد ثابت (33000 فوت - پوند بر دقیقه تقسیم بر 8.33 پوند بر گالن)
bhp = توان حقیقی
TDH = فشار کل دینامیکی (فوت آب)
Eff = راندمان پمپ به درصد
تذکر : برای آب در دمای بین یخ زدگی و جوش آمدن ، وزن مخصوص مساوی عدد یک است و بنابراین از رابطه های توان حقیقی و راندمان می تواند حذف شود .

رابطه های تبرید

تناژ

تن تقریبی کندانسور

$$\text{Approximate condenser tones} = \frac{\text{Chiller gpm} \times \text{Chiller TD} \times 1.25}{24}$$

تن کندانسور

$$\text{Condenser tones} = \frac{\text{Condenser gpm} \times \text{Condenser TD}}{24}$$

تن چیلر

$$\text{Chiller tones} = \frac{\text{Chiller gpm} \times \text{Chiller TD}}{24}$$

تن تقریبی چیلر

$$\text{Approximate chiller tones} = \frac{\text{Condenser gpm} \times \text{Condenser TD}}{30}$$

TD = اختلاف دمای بین آب ورودی و خروجی
1.25 = بار تقریبی کندانسور براساس بار اواپراتور و ۲۵ درصد برای گرمای تراکم
24 = عدد ثابت (12000 بی تی درساعت بر تن تقسیم بر 500 ر عدد ثابت برای جریان آب)
30 = عدد ثابت (24 ضرب در 1.25)

ظرفیت و جریان مبرد

$$\frac{\text{Btu}}{\text{min}} = \frac{\text{lb}}{\text{min}} \times \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

$$\frac{\text{lb}}{\text{min}} = \frac{\frac{\text{Btu}}{\text{min}}}{\frac{\text{Btu}}{\text{lb}}}$$

$$\frac{\text{Btu}}{\text{lb}} = \frac{\frac{\text{Btu}}{\text{min}}}{\frac{\text{lb}}{\text{min}}}$$

$$\text{Btuh} = \frac{\text{Lb}}{\text{min}} \times \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \times \frac{60\text{min}}{\text{hr}}$$

$$\text{Tons} = \frac{\text{Btuh/min}}{200\ \text{Btu/min/ton}}$$

$$\text{Tons} = \frac{\text{Btuh}}{12{,}000/\text{Btuh/ton}}$$

$$\text{lb/min/ton} = \frac{200\ \text{Btu/min/ton}}{\text{Btuh/lb}}$$

lbs/min = cfm × Density (suction vapor)

lbs/min = lbs/min/ton × tons

cfm/ton = lbs /min/ton × Specific Volume(suction vapor)

cfm = cfm/ton × tons

Btu = بی تی یو

min = دقیقه

lb = پوند

hr = ساعت

ton = تن تبرید (۱۲۰۰۰ بی تی یو در ساعت)

cfm = حجم گاز مبرد ، فوت مکعب در دقیقه

مخلوط بخار - مایع مبرد

حجم مخصوص مخلوط = (درصد مایع × حجم مخصوص مایع) + (درصد بخار × حجم مخصوص بخار)

انتالپی مخلــوط = (درصد مایع × انتالپی مایع) + (درصد بخار × حجم مخصوص بخار)

اثر خالص تبرید (Btu/lb)

$$\text{NRE} = h_g - h_f$$

NRE = اثر خالص تبرید

hg = انتالپی بخار خروجی از اواپراتور (نقطه C روی دیاگرام فشار - انتالپی)

hf = انتالپی مایع ورودی به اواپراتور (نقطه 'A روی دیاگرام انتالپی - فشار)

اختلاف دما - کویل مبرد

$$\Delta T = EAT - ET$$
$$\Delta T = LAT - ET$$

اختلاف دما - جریان موازی در کویل آبی

$$\Delta T = EAT - EWT$$
$$\Delta T = LAT - LWT$$

اختلاف دما - کویل آبی با جریان مخالف

$$\Delta T = EAT - LWT$$
$$\Delta T = LAT - EWT$$

LMTD = اختلاف دمای میانگین لگاریتمی
ΔT_L = اختلاف دمای بزرگتر
ΔT_s = اختلاف دمای کوچکتر
Ln = لگاریتم طبیعی
EAT = دما هوای ورودی
LAT = دمای هوای خروجی
EWT = دمای آب ورودی
LWT = دمای آب خروجی
ET = دمای اواپراتور

دمای هوای مخلوط

$$MAT = (\%\ OA \times OAT) + (\%RA \times RAT)$$

درصد هوای تازه

$$\%OA = \frac{MAT - RAT}{RAT - OAT} \times 100\%$$

MAT = دمای هوای مخلوط
%OA = درصد هوای بیرون
OAT = دمای هوای بیرون
%RA = درصد هوای برگشت
RAT = دمای هوای برگشت

دمای هوای خروجی بادزن

$$FDAT = (\%\ OA \times OAT) + (\%\ RA \times RAT) + 0.5\ (TSP)$$

درصد هوای تازه

$$\%\ OA = \frac{RAT - [(FDAT - 0.5\ (TSP)]}{RAT - OAT} \times 100$$

FDAT = دمای هوا در خروجی بادزن
%OA = درصد هوای بیرون

OAT = دمای هوای بیرون
%RA = درصد هوای برگشت
RAT = دمای هوای برگشت
TSP = فشار کل استاتیک دو طرف بادزن (اینچ آب)
0.5 = 0.5 درصد برای هر اینچ فشار استاتیک بادزن برای گرمای تراکم
0.6 = 0.6 درصد بر اینچ فشار استاتیک بادزن برای گرمای تراکم و گرمای موتور
اگر موتور خارج از مسیر هوا است از عدد 0.5 استفاده کنید .
اگر موتور در مسیر هوا است عدد 0.6 را به کار برید

دمای هوای رفت

$$SAT = (\%BA \times BAT) + (\%CA \times CAT)$$

درصد کنار گذر هوا

$$\%BA = \frac{(SAT - CAT) \times 100}{(CAT - BAT)}$$

SAT = دمای هوای رفت
%BA = درصد هوای کنار گذر
BAT = دمای هوای کنار گذر
%CA = مقدار هوا که از روی کویل عبور می کند
CAT = دمای هوا در خروج از کویل

دمای آب مخلوط

$$MWT = (\%BW \times CWRT) + (\%CWS \times CWST)$$

درصد کنار گذر آب

$$\%BW = \frac{(MWT - CWST) \times 100}{(CWRT - CWST)}$$

NWT = دمای آب مخلوط
%BW = درصد آب کنار گذر
CWST = دمای آب رفت کندانسور
%CWS = درصد آب رفت کندانسور
CWRT = دمای آب برگشت کندانسور

رابطه های جریان آب

گذر آب از شیرهای کنترل

$$gpm = C_v\sqrt{\Delta P}$$

$$C_v = \frac{gpm}{\sqrt{\Delta P}}$$

$$\Delta P = \left[\frac{gpm}{C_v}\right]^2$$

gpm = مقدار گذر آب
ΔP = افت فشار (پوند بر اینچ مربع)
Cv = ضریب شیر

جریان عبوری از کویل ها

$$GPM_C = GPM_R \frac{\Delta P_M}{\Delta P_R}$$

$$\Delta P_C = \Delta P_R \frac{GPM_M}{GPM_R}^2$$

GPM_R = جریان نامی آب
GPM_C = جریان محاسبه شده
GPM_M = جریان آب اندازه گیری شده
ΔP_R = افت فشار نامی
ΔP_C = افت فشار محاسبه شده
ΔP_M = افت فشار اندازه گیری شده

پیوست E - چک لیست های اطلاعات و ارزیابی سیستم ها

پیوست E - چک لیست های اطلاعات و ارزیابی سیستم ها

اطلاعات زیر ، مربوط به اجزای تشکیل دهنده سیستم باید ، روی فرم های مربوط بر حسب مورد جمع آوری و یادداشت گردد. (A) برای واقعی (D) برای طراحی (N) برای آنچه اندازه گیری شده است .

Air Handling Unit and System — دستگاه و سیستم هوارسانی

- ☐ Cooling only — فقط سرمایش
- ☐ Heating only — فقط گرمایش
- ☐ Heating and cooling — سرمایش و گرمایش
- ☐ Reheat — باز گرمکن
- ☐ Constant Air Volume — حجم هوای ثابت
- ☐ Variable Air Volume — حجم هوای متغیر
- ☐ Single duct — یک کاناله
- ☐ Double duct — دو کاناله
- ☐ Single zone — یک منطقه ای
- ☐ Multizone — چند منطقه ای

Fan Housing Condition: — **وضعیت بدنه بادزن**

- ☐ Extensive air leakage — نشتی زیاد
- ☐ Nominal air leakage — نشتی نرمال
- ☐ Negligible air leakage — نشتی ناچیز

Fan Wheel and Blade: — **پره و چرخ بادزن**

- ☐ Rotation correct — جهت چرخش صحیح است
- ☐ Clearance — لقی دارد

Plenum Condition: — **وضعیت پلنوم**

- ☐ Extensive air leakage — نشتی خیلی زیاد
- ☐ Nominal air leakage — نشتی نرمال
- ☐ Negligible air leakage — نشتی ناچیز

Flexible Connection Condition: — **وضعیت اتصالات قابل انعطاف**

- ☐ Extensive air leakage — نشتی خیلی زیاد
- ☐ Nominal air leakage — نشتی نرمال
- ☐ Negligible air leakage — نشتی ناچیز

FANS — بادزن ها

Supply Fan Type: — **نوع بادزن هوای رفت**

- ☐ Forward curved — پره خمیده به جلو
- ☐ Backward curved — پره خمیده به عقب
- ☐ Backward inclined — خمیده به عقب و مورب

Air Volume: **حجم هوا**

Outside Air Cubic Feet Per Minute (D)_____ (M) _____ مقدار فوت مکعب در دقیقه هوای بیرون

Exhaust Air Cubic Feet Per Minute (D)_____ (M) _____ مقدار فوت مکعب در دقیقه هوای تخلیه

Return Air Cubic Feet Per Minute (D)_____ (M) _____ مقدار فوت مکعب در دقیقه هوای برگشت

Supply Air Cubic Feet Per Minute (D)_____ (M) _____ مقدار فوت مکعب در دقیقه هوای رفت

OUTSIDE AIR هوای بیرون

Outside Air Temperature: **دمای هوای بیرون**

Dry Bulb (D)_____ (M) _____ دمای خشک

Wet Bulb (D)_____ (M) _____ دمای مرطوب

Louver and Screen Condition: **وضعیت توری ها و لوورها**

Clean تمیز

Clogged کثیف

Outside Air Damper **دمپر هوای بیرون**

Position وضعیت

Minimum			☐ حداقل
Full open			☐ تمام باز
Modulating			☐ تدریجی
Close Properly	☐ خیر	☐ بله	بدرستی می بندد
Open Properly	☐ خیر	☐ بله	بدرستی باز می شود
Sealed All Sides	☐ خیر	☐ بله	اطراف آن هوا بند است

Return Air هوای برگشت

Return Air Damper: **دمپر هوای برگشت**

Position وضعیت

Minimum			☐ حداقل
Full open			☐ تمام باز
Modulating			☐ تدریجی
Close Properly	☐ خیر	☐ بله	بدرستی می بندد
Open Properly	☐ خیر	☐ بله	بدرستی باز می شود
Sealed All Sides	☐ خیر	☐ بله	اطراف آن هوا بند است

Exhaust Relief Air : هوای تخلیه رها شده

Exhaust Air Damper **دمپر هوای تخلیه**

Position وضعیت

Minimum			☐ حداقل
Full open			☐ تمام باز
Modulating			☐ تدریجی
Close Properly	☐ خیر	☐ بله	بدرستی می بندد
Open Properly	☐ خیر	☐ بله	بدرستی باز می شود
Sealed All Sides	☐ خیر	☐ بله	اطراف آن هوا بند است

Filters: **فیلترها**

Type: نوع

Fiber: الیاف

☐ Viscous چسبناک
☐ Dry خشک
☐ HEPA هپا
☐ Bag کیسه ای
☐ Continuous Roll غلتک پیوسته

Renewable: **قابل تعویض**

☐ Viscous چسبناک
☐ Dry خشک
☐ Electronic الکترونیک

Filter Condition: **وضعیت فیلتر**

☐ Dirty کثیف
☐ Clean تمیز
☐ Sealed All Sides: ازاطراف هوا بند است :

Filter Pressure: **فشار فیلتر**

Entering Air (D)_____ (M) _____ هوای ورودی
Leaving Air (D)_____ (M) _____ هوای خروجی
Drop (D)_____ (M) _____ افت فشار

Coils کویل ها

Cooling Coil Type: **نوع کویل سرمایی**

☐ Refrigeration DX Refrigerant _____ نوع مبرد ☐ انبساط مستقیم
☐ Chilled Water ☐ آب سرد کننده

Coil Size: **اندازه کویل**

Height ارتفاع
Width عرض
Depth عمیق
Rows تعداد ردیف
Fins Per Inch فین بر هراینچ

Piping, Chilled Water: **لوله کشی ، آب سرد کننده**

☐ Counter flow ☐ جریان مخالف
☐ Parallel flow ☐ جریان موازی
☐ Supply ☐ بالا ☐ پائین ☐ رفت
☐ Return ☐ بالا ☐ پائین ☐ برگشت

Coil Condition: **وضعیت کویل**

Dirty ☐ کثیف
Clean ☐ تمیز
Combed ☐ شانه خورده
Sealed All Sides: ☐ از اطراف هوا بند است : ☐ بله ☐ خیر

Coil Pressure: **فشار کویل**
Entering Air (D)_____ (M) _____ هوای ورودی
Leaving Air (D)_____ (M) _____ هوای خروجی
Drop (D)_____ (M) _____ افت فشار

Coil Bypass Factor: **ضریب کنار گذر کویل**
Coil Face Velocity سرعت عبوری کویل
Feet Per Minute (D)_____ (M) _____ فوت در دقیقه

Entering Air Temperature: **دمای هوای ورودی**
Dry Bulb (D)_____ (M) _____ دمای خشک
Wet Bulb (D)_____ (M) _____ دمای مرطوب

Leaving Air Temperature: **دمای هوای خروجی**
Dry Bulb (D)_____ (M) _____ دمای خشک
Wet Bulb (D)_____ (M) _____ دمای مرطوب

Water Temperature: **دمای آب**
Entering Water (D)_____ (M) _____ آب ورودی
Leaving Water (D) _____ (M) _____ آب خروجی
Rise (D) _____ (M) _____ افزایش دما

Water Flow: **مقدار جریان آب**
GPM (D) _____ (M) _____ گالن در دقیقه

Heating Coil Type: **نوع کویل گرمایی**

Steam ☐ بخار
Hot water ☐ آب گرم کننده
Other ☐ سایر

Coil Size: **اندازه کویل**
Height ارتفاع
Width عرض
Depth عمق
Rows تعداد ردیف
Fins Per Inch فین بر هراینچ

Piping, Heating Water: **لوله کشی آب گرم کننده**

Counter flow ☐ جریان مخالف
Parallel flow ☐ جریان موازی
Supply ☐ رفت ☐ بالا ☐ پائین
Return ☐ برگشت ☐ بالا ☐ پائین

Piping , Steam: **لوله کشی بخار**

Counter flow ☐ جریان مخالف
Parallel flow ☐ جریان موازی
Supply ☐ رفت ☐ بالا ☐ پائین
Return ☐ برگشت ☐ بالا ☐ پائین

Coil Condition: **وضعیت کویل**

Dirty ☐ کثیف
Clean ☐ تمیز
Combed ☐ شانه خورده

Coil Pressure: **فشار کویل**
Entering Air (D)_____ (M) _____ هوای ورودی
Leaving Air (D)_____ (M) _____ هوای خروجی
Drop (D)_____ (M) _____ افت فشار

Coil Face Velocity: سرعت عبوری کویل
Feet Per Minute فوت در دقیقه

Entering Air Temperature: **دمای هوای ورودی**
Dry Bulb (D)_____ (M) _____ دمای خشک
Wet Bulb (D)_____ (M) _____ دمای مرطوب

Leaving Air Temperature: **دمای هوای خروجی**
Dry Bulb (D)_____ (M) _____ دمای خشک
Wet Bulb (D)_____ (M) _____ دمای مرطوب

Water Temperature: **دمای آب**
Entering Water (D)_____ (M) _____ آب ورودی
Leaving Water (D)_____ (M) _____ آب خروجی
Drop (D)_____ (M) _____ افت

Fluid Flow: **مقدار جریان**
Water GPM (D) _____ (M) _____ گالن در دقیقه
Steam Lbs/Hour (D) _____ (M) _____ جریان بخار (پوند در ساعت)

Fan Motor — موتور بادزن

Single phase — ☐ تک فاز
Three phase — ☐ سه فاز
Nameplate Horsepower (D)_____ (M)_____ — توان پلاک مشخصات
Nameplate Amperage (D)_____ (M)_____ — آمپر پلاک مشخصات
Nameplate Voltage (D)_____ (M)_____ — ولتاژ پلاک مشخصات

Belt — تسمه

Condition — **وضعیت**

Good — ☐ خوب
Worn — ☐ فرسوده
Tight — ☐ سفت
Loose — ☐ شل

Belt Position in Drive Sheave: — **وضعیت تسمه درپولی محرک**

High — ☐ بالا
Low — ☐ پائین
Center — ☐ مرکزی

Sheaves — پولی ها

Sheave Type: — **نوع پولی**
Motor: — **موتور**

Adjustable — ☐ قابل تنظیم
Fixed — ☐ ثابت

Fan — **بادزن**

Adjustable — ☐ قابل تنظیم
Fixed — ☐ ثابت

Sheave Manufacturer/Size: — **سازنده و اندازه پولی**

Motor — ☐ موتور
Fan — ☐ بادزن

Chiller — چیلر

Manufacturer/ Model: — **سازنده/ مدل**
Water Pressure: — **فشار آب**
Entering Water (D)_____ (M) _____ — آب ورودی
Leaving Water (D)_____ (M) _____ — آب خروجی
Pressure Drop (D)_____ (M)_____ — افت فشار

Water Temperature: — **دمای آب**
Entering Water (D)_____ (M) _____ — آب ورودی

Leaving Water (D)_____ (M) _____ آب خروجی
Drop (D)_____ (M)_____ افت دمـا

Water Flow: **جریان آب**
GPM (D) _____ (M) _____ گالن در دقیقه

Compressor کمپرسور
Motor **موتور**

☐ Single phase تک فاز
☐ Three phase سه فاز

Nameplate Horsepower (D)_____ (M)_____ توان روی پلاک مشخصات
Nameplate Amperage (D)_____ (M)_____ آمپر روی پلاک مشخصات
Nameplate Voltage (D)_____ (M)_____ ولتاژ روی پلاک مشخصات

Refrigerant **مبرد**
Charge **شارژ**
Type of metering device نوع وسیله سنجش

Pressure **فشار**
Oil روغن
Suction مکش
Discharge خروجی

High Pressure Control: **کنترل فشار بالا**
Cut - in (D)_____ (M)_____ وصل کمپرسور
Cut - Out (D) _____ (M) _____ قطع کمپرسور

Low Pressure Control: **کنترل فشار پائین**
Cut - in (D)_____ (M)_____ وصل کمپرسور
Cut - Out (D) _____ (M) _____ قطع کمپرسور

Condenser کندانسور
Manufacturer/Model: **سازنده / مدل**
Water Pressure: **فشار آب**
Entering Water (D)_____ (M) _____ آب ورودی
Leaving Water (D)_____ (M) _____ آب خروجی
Pressure Drop (D)_____ (M)_____ افت فشار

Water Temperature: **دمای آب**
Entering Water (D)_____ (M) _____ آب ورودی
Leaving Water (D)_____ (M) _____ آب خروجی
Drop (D)_____ (M)_____ افت دمـا

Water Flow: **جریان آب**
GPM (D) _____ (M) _____ گالن در دقیقه

Cooling Tower — برج خنک کن

Manufacturer/Model: — **سازنده / مدل**

Water Temperature: — **دمای آب**

Entering Water (D)_____ (M) _____ — آب ورودی

Leaving Water (D)_____ (M) _____ — آب خروجی

Range (D)_____ (M)_____ — اختلاف دما

Water Flow: — **جریان آب**

GPM (D) _____ (M) _____ — گالن در دقیقه

Air Temperature: — **دمای هوا**

Entering Air Dry Bulb (D)_____ (M)_____ — دمای خشک هوای ورودی

Entering Air Wet Bulb (D)_____ (M)_____ — دمای مرطوب هوای ورودی

Leaving Air Dry Bulb (D)_____ (M)_____ — دمای خشک هوای خروجی

Approach (D)_____ (M)_____ — اختلاف دمای آب خروجی و دمای مرطوب هوای محیط

Cooling Tower Fan — بادزن برج خنک کن

Number of Fans (D)_____ (M)_____ — تعداد بادزن ها

RPM (D)_____ (M)_____ — دور در دقیقه

Cooling Tower Motor: — **موتور برج خنک کن**

☐ Single phase — تک فاز

☐ Three phase — سه فاز

Nameplate Horsepower (D)_____ (M)_____ — توان روی پلاک مشخصات

Nameplate Amperage (D)_____ (M)_____ — آمپر روی پلاک مشخصات

Nameplate Voltage (D)_____ (M)_____ — ولتاژ روی پلاک مشخصات

Boiler — دیگ

Manufacturer/Model: — **مدل / سازنده**

Water Pressure: — **فشار آب**

Entering Water (D)_____ (M) _____ — آب ورودی

Leaving Water (D)_____ (M) _____ — آب خروجی

Pressure Drop (D)_____ (M)_____ — افت فشار

Water Temperature: — **دمای آب**

Entering Water (D)_____ (M) _____ — آب ورودی

Leaving Water (D)_____ (M) _____ — آب خروجی

Rise (D)_____ (M)_____ — افزایش دما

Water Flow: — **جریان آب**

GPM (D) _____ (M) _____ — گالن در دقیقه

Temperature Controls: — **کنترل دما**

Cut-in (D)_____ (M)_____ — دمای وصل

Cut-out (D)_____ (M)_____ — دمای قطع

Safety Controls: — **کنترل های ایمنی**

Low-Water Cut-Out Condition and Operation _____ — موقعیت کارایمنی سطح پائین آب

Pressure Relief Valve PSI (D)_____ (M) _____ بازکردن شیر اطمینان
Pressure Relief Valve Condition and Operation _____ وضعیت شیر اطمینان و طرز کار آن

Combustion Analysis: **آنالیز محصول احتراق**
Percent Oxygen (M)_____ درصد اکسیژن
Percent Carbon Dioxide (M)_____ درصد گاز کربنیک
Percent Excess Oxygen (M) _____ درصد اکسیژن اضافی
Carbon Spot Test _____ آزمایش نقطه ای کربن

Flue Gas Temperature (M) _____ دمای دود
Room Temperature (M) _____ دمای اتاق
Boiler Efficiency (M) _____ راندمان دیگ

Boiler Fan Motor **موتور بادزن دیگ**

☐ Single phase تک فاز
☐ Three phase سه فاز
Nameplate Horsepower (D)_____ (M)_____ توان روی پلاک مشخصات
Nameplate Amperage (D)_____ (M)_____ آمپر روی پلاک مشخصات
Nameplate Voltage (D)_____ (M)_____ ولتاژ روی پلاک مشخصات

Water Pump پمپ آب
Type: نوع

☐ Single Suction یک مکشی
☐ Double Suction دو مکشی

Manufacturer/Model: **مدل / سازنده**
Service: به کجا پمپ می کند

Pump Speed **سرعت پمپ**
RPM (D)_____ (M) _____ دور در دقیقه

Pump Static Head: **فشار استاتیک پمپ**
Suction (D) _____ (M)_____ مکش
Discharge (D)_____ (M) _____ خروجی
TDH (D)_____ (M)_____ فشار کل دینامیک

Motor: **موتور**

☐ Single phase تک فاز
☐ Three phase سه فاز
Nameplate Horsepower (D)_____ (M)_____ توان روی پلاک مشخصات
Nameplate Amperage (D)_____ (M)_____ آمپر روی پلاک مشخصات
Nameplate Voltage (D)_____ (M)_____ ولتاژ روی پلاک مشخصات

Air Distribution: توزیع هوا

Main Duct Pressure Classification **کلاس فشار کانال اصلی**

- ☐ High فشار بالا
- ☐ Medium متوسط
- ☐ Low پائین

Medium or High Pressure Duct Condition: **وضعیت کانال فشار قوی یا متوسط**

Leak Tested ☐ بله ☐ خیر نشت آزمایش شده

Leakage Class _____ کلاس نشت

Leakage Rate _____ میزان نشت

Sealed: ☐ بله ☐ خیر **هوا بند**

- ☐ Extensive air leakage نشتی خیلی زیاد است
- ☐ Nominal air leakage نشتی نرمال است
- ☐ Negligible air leakage نشتی ناچیز است

Low Pressure Duct Condition: **وضعیت کانال فشار پائین**

Sealed: ☐ بله ☐ خیر هوا بند

- ☐ Extensive air leakage نشتی خیلی زیاد است
- ☐ Nominal air leakage نشتی نرمال است
- ☐ Negligible air leakage نشتی ناچیز است

Insulation: عایق

- ☐ Wrapped عایق پیچی خارجی
- ☐ Lined عایق داخلی

Do supply outlets have balancing dampers? ☐ بله ☐ خیر آیا دریچه های رفت دمپر تعادل دارند؟

Do return inlets have balancing dampers? ☐ بله ☐ خیر آیا دریچه های برگشت دمپر تعادل دارند؟

Do exhaust inlets have balancing dampers? ☐ بله ☐ خیر آیا دریچه های خمیده دمپر تعادل دارند؟

If not, how many are needed? ☐ بله ☐ خیر اگر ندارند چند عدد لازم است ؟

Supply_____ رفت

Return_____ برگشت

Exhaust_____ تخلیه

Are there balancing dampers at the zones? ☐ بله ☐ خیر آیا دمپر تعادل در مناطق هست ؟

If not, how many are needed? اگر نه ، چند عدد لازم است ؟

General Construction and Condition: **وضعیت کلی ساخت**

- ☐ Good خوب
- ☐ Fair معمولی
- ☐ Poor ضعیف
- ☐ Aspect Ratios نسبت اضلاع
- ☐ Use of Fittings استفاده از فیتینگ ها

Building or Space Pressurization فشار دار کردن اتاق یا ساختمان

☐ مثبت Positive_____" WG

☐ منفی Negative_____" WG

Air Distribution - Temperature Verification توزیع هوا - ارزیابی دما

Procedure نحوه کار

بر حسب مورد اطلاعات زیر را یافته و روی فرم های مخصوص یادداشت کنید .

* در هر منطقه ترموستات را برای حالت حداکثر سرما بگذارید .
* دمای کانال سرد را بنویسید .
* دمای کانال گرم را بنویسید .
* دمای کانال اصلی را بنویسید.
* دمای ورودی و خروجی کویل باز گرمایی یا باز سرمایی را بنویسید.
* دمای هوای خروجی از دریچه را بنویسید.
* دمای هوای ورودی دریچه برگشت را بنویسید.
* دمای کانال اصلی برگشت را بنویسید.
* ترموستات را برای حالت حداکثر گرمایی بگذارید و مراحل یاد شده را تکرار کنید .

Heating And Cooling Coil Performance Verification ارزیابی عملکرد کویل سرمایی و گرمایی

Procedure نحوه کار

برحسب مورد اطلاعات زیر را یافته و روی فرم های مخصوص یادداشت کنید . جریان هوا و آب سیستم متعادل شده است .

* ترموستات را برای حالت نرمال بگذارید .
* دمای خشک و مرطوب هوای ورودی و خروجی کویل را بنویسید .
* دمای آب ورودی و خروجی کویل را بنویسید.
* مقدار تبادل گرمای هوا (بی تی یو در ساعت) را با مقدار تبادل گرمای آب (بی تی یو در ساعت) مقایسه کنید.

پیوست F - امکانات بهینه سازی

پیوست F - امکانات بهینه سازی

فهرست زیرشامل اقلامی است که می تواند برای یافتن امکانات بهینه سازی در مدیریت انرژی ، آسایش افراد، و عملکرد فرایندها، تا آن جا که به سیستم های تاسیسات گرمایی ، تعویض هوا و تهویه مطبوع مربوط می شود، مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

سیستم های انرژی بر

متعادل کردن هوا
توزیع هوا
دستگاههای هوارسان
پالایش هوا
تخلیه هوا
حجم هوا
بالاست (Ballasts)
دیگ ها
متعلقات دیگ
چیلرها
متعلقات چیلر
بازیافت گرمای چیلر
آب شهر
تولید هم زمان انرژی (Cogeneration)
کویل ها
کامپیوترها
سیستم کندانسیت
کندانسیت یونیت
کارهای پخت و پز
برج های خنک کن
نشت جریان
دمپرها
رطوبت گیری
محدودکردن تقاضا
دریچه های هوا
ماشین ظرف شویی
آب گرم مصرفی
مقاومت در کانال هوا
آسانسورها
جابجایی دستگاه ها
سیستم های تخلیه هوا
فن کویل ها
پالاینده ها (Filters)
لوازم بهداشتی
تامین سوخت
سیستم سوخت رسانی
هود آزمایشگاهی
هیت پمپ (Heat Pumps)
بازیافت گرما
ذخیره گرما
رطوبت زنی
سیستم های گردش آب
نفوذ هوا(Infiltration)
ابزار دقیق
آشپزخانه
لامپ ها
رختشویی
شیرهای دستشویی
کنترل هوای تازه
عایق لوله ها
مقاومت لوله ها
توزیع انرژی الکتریکی
ضریب توان
پمپ ها
رادیاتورها
تبرید
هوای خروجی (Relief)
سیستم های خورشیدی
گرمکن های موضعی
توزیع بخار
تله های بخار
استخر شنا
نشت هوا در سیستم
اثر متقابل سیستم ها
تجدید نظر در سیستم ها
ترموستات ها
نرخ انرژی در ساعت روز
ترانسفورماتور
نرخ انواع انرژی دریافتی
طرح تعویض هوا
ماشین حساب فروشگاه
متعادل کردن آب
آب سرد کن
تصفیه آب
پرده هوا

سیستم های مربوط به اشخاص

مستند سازی
عملیات مالی
آموزش پرسنل نگهداری
ساختار مدیریت
اقناع ساکنان
آموزش ساکنان
آموزش کارکنان

سیستم های غیرانرژی بر

طراحی ساختمان
هندسه ساختمان
عایق بندی ساختمان
مصالح ساختمان
جهت ساختمان
محل ساختمان
درزبندی ساختمان
رنگ خارجی
سطوح شیشه ای
رنگ داخلی
طراحی داخلی
رنگ بام
عایق بام
سایه بان ها
طراحی فضاها
عایق فضاها
تیغه بندی فضاها
رنگ سطوح
عایق رطوبت
فضاهای سبز
پیش ورودی
دیوارها
پنجره ها