موسسه صنعتی و کشاورزی آبیاران

کمپرسور

نکات اساسی و مهم درباره انواع کمپرسورها

تهیه شده توسط گروه فنی مهندسی موسسه آبیاران

برگرفته از مطالب پایگاه اینترنتی مهندسان مکانیک ایران

بنام خدا

فهرست مطالب

اجزای سیستم هوای فشرده: ۳
انواع کمپرسور ۳
کمپرسورهای رفت و برگشتی: ۳
کمپرسورهای پره دار ٤
کمپرسورهای مارپیچ با تزریق روغن: ٤
کمپرسورهای Scroll ٤
کمپرسورهای دندانه دار دوار ٤
ویژگی های انواع کمپرسور ها ٤
الف) کمپرسورهای رفت و برگشتی ٤
ب) کمپرسورهای پره دار ٤
ج) کمپرسورهای مارپیچ (تزریق روغن) ٥
د) کمپرسورهای گریز از مرکز: ٥
ه) کمپرسورهای Scroll : ٥
و) کمپرسورهای دندانه دار دوار: ٥
اندازه ی سیستم: ٥
کیفیت هوا ٦
کمپرسورهای با تزریق روغن ٦
کمپرسورهای بدون تزریق روغن: ٦
کاهش دمای ورودی به کمپرسور: ۷
افت فشار و کنترل فشار سیستم: ۷
چه چیزی باعث افت فشار می شود؟ ۷
کم کردن افت فشار: ۸
کنترل فشار سیستم: ۸
نگهداری سیستمهای هوای فشرده برای ماکزیمم عملکرد: ۹
چک لیست نگهداری کلی : ۹
نکات نگهداری برای اجزای سیستم ۱۰
بسته ی کمپرسور : ۱۰
تسمه ها: ۱۱
کنترل سیستم هوای فشرده: ۱۱
کنترل سیستم: ۱۱
انواع کنترل کمپرسورها: ۱۱

۱-کنترل Start / Stop یاON /OFF: ۱۲
۲- کنترل Load / unload : ۱۲
۳- کنترل تنظیمی (اختناقی) یا تنظیم شیر ورودی: ۱۲
٤- کنترل چند مرحله ای: ۱۲
٥- محرکهای با سرعت یا فرکانس متغیر (VFD یا VSD) ۱۲
نصب بیش از یک کمپرسور : ۱۳
عملکرد کنترل و تنظیم مستقل : ۱۳
نتیجه گیری: ۱۳
نشتی های سیستم هوای فشرده: ۱٤
جدول نشتی ۱٤
تخمین میزان نشتی: ۱٤
کشف نشتی ها: ۱٥
آشکار ساز فراصوتی ۱٥
برنامه ی پیشگیری از نشتی ها: ۱٥
اقتصاد سیستم هوای فشرده (هزینه های الکتریکی): ۱٥
محاسبه هزینه های الکتریکی : ۱٥
الف) عملکرد Full – Load : ۱٥
ب) عملکرد Part-load ۱٦
شکل عملکرد part – load ۱٦
هزینه های تقاضا و فشار ۱٦
صرفه جویی ناشی از عملکرد: ۱۷
بازیافت گرما ۱۷
۱-گرم کردن هوا : ۱۷
۲- گرم کردن آب : ۱۸
بازیافت گرما درکمپرسورهاي Water-cooled: ۱۸
محاسبات صرفه جویی در مصرف انرژی: ۱۸

اجزای سیستم هوای فشرده:

ورودی :برای جداکردن ذرات ریز از هوای ورودی به کمپرسور به کار می رود

کمپرسور : هوا را به یک حجم کوچک متراکم می کند و باعث افزایش فشار می شود.

موتور: برای به حرکت درآوردن کمپرسور به کار می رود.

کنترلر کمپرسور: خروجی کمپرسور را هدایت می کند. کنترلرهای پیشرفته شامل حفاظت ماشین و مدیریت اطلاعات نیز هستند.

After cooler : همانطور که می دانیم تراکم باعث گرم و مرطوب شدن هوا می گردد . After cooler باعث کاهش دمای خروجی از کمپرسور می شود. با سرد شدن هوا رطوبت مایع شده و از هوا خارج می شود.

جداکننده: مایع را از هوای فشرده خارج می کند.

دریافت کننده : هوای فشرده را ذخیره می کند و باعث حفظ یک جریان مداوم به سیستم می شود.

خط هوا: ذرات جامد و مایع را از جریان هوای فشرده جدا می کند این قسمتها می توانند در سرتاسر سیستم به کار روند.

خشک کننده : باعث حذف هر گونه رطوبت باقی مانده در هوای فشرده از طریق چگالنده یا خشک کننده می شود. چگالنده هوا را سرد می کند به طوریکه بخارآب به مایع تبدیل شده و از هوا خارج می شود؛ خشک کننده ها پودرها یا ژلهایی هستند که رطوبت را جذب می کنند.

خط لوله توزیع: اجزاء سیستم را به یکدیگر متصل می کند هوا را از لوله اصلی (header) به زیر شاخه ها توزیع می کند.

تنظیم کننده ی فشار : فشار و جریان را در نقاط استفاده کنترل می کند.

انواع کمپرسور

اولین قدم در صرفه جویی انرژی انتخاب درست نوع کمپرسور با توجه به کارکرد مورد نیاز است. انواع مختلفی از کمپرسورها وجود دارند که ازتکنولوژی های متفاوتی برای تولید هوا استفاده می کنند؛ توضیح مختصری در مورد کمپرسورهایی که به طور معمول در صنعت استفاده می شود در زیر داده شده است.

کمپرسورهای رفت و برگشتی:

کمپرسورهای رفت و برگشتی از طریق حرکت یک پیستون در یک سیلندر کار می کند. فشار می تواند در یک یا هر دو پیستون وجود داشته باشد. برای حجمهای زیادی از هوای فشرده آنها معمولاً برای خرید یا نصب بسیار گران هستند و به نگهداری بیشتری نیاز دارند. اگرچه در ظرفیتهای کم ممکن است کمترین قیمت را داشته باشند، به خاطر اندازه بزرگ و ارتعاشات زیادی که به وجود می آورند به فنداسیونهای بزرگی نیاز دارند؛ بنابراین در جاهایی که انتشار صوت اهمیت دارد ؛ قابل استفاده نیستند. با این وجود آنها دارای بالاترین کارایی انرژی چه در حالت بار کامل و چه در حالت Part –load می باشند. کمپرسورهای رفت و برگشتی معمولاً در کاربردهای کوچک که تقاضای کوتاه مدت و متناوب وجود دارد به کار می رود مانند یک فروشگاه لاستیک.

کمپرسورهای پره دار:

کمپرسورهای پره دار یک روتور با پره های فلزی که در داخل یک محفظه خروج از مرکز است، دارند. وقتی که روتور می چرخد، این پره ها بسته های هوایی را که متراکم می شوند شکل می دهند، تا از دریچه روجی ارج شوند. این اصل کاری بطور گسترده در موتورهای هوا به کار می رود.

کمپرسورهای مارپیچ با تزریق روغن:

کمپرسورهای دوار (screw) ؛ دو پیچ مارپیچ دندانه دار را که در دو جهت مخالف می چرخند، برای تراکم هوا به کار می برند. برای حجم های زیادی از هوای فشرده ، این کمپرسورها اغلب ارزانترین نوع کمپرسور از نظر نصب هستند. برای تضمین ماکزیمم بازده کمپرسورهای screw ، باید اندازه ی مناسب این نوع کمپرسور را به کار برد و در حالت part-load از سیستمهای کنترل داخلی و خارجی مناسب استفاده کرد؛ خروجی متغیر و محرکهای با سرعت متغیر نیز معمولاً برای بیشتر آنها موجود است. کمپرسورهای مارپیچ بهترین گزینه برای کاربردهایی است که یک تقاضای ثابت برای هوای فشرده شده وجود دارد مانند یک خط تولید پیوسته

کمپرسورهای Scroll :

این نوع کمپرسورها برای تراکم هوای بدون روغن در ظرفیتهای پایین مناسب هستند.

کمپرسورهای دندانه دار دوار:

این نوع کمپرسورها، ویژگی های کمپرسورهای مارپیچ بدون تزریق روغن را دارند. اما در ظرفیتهای هوای کم بهینه هستند.

ویژگی های انواع کمپرسور ها

برخی از ویژگیهای اصلی انواع کمپرسورهای هوا در زیر آمده است:

الف) کمپرسورهای رفت و برگشتی

۱) مصرف انرژِی پایین
۲) مناسب برای فشارهای بالا
۳) تنظیم آسان
۴) ۴- قابل حمل و فشرده برای بارهای کوچک
۵) ۵- نیروهای نوسانی
۶) ۶- دمای پایانی بالا
۷) ۷- هزینه ی نگهداری بالا
۸) ۸- پر سروصدا
۹) ۹- نسبتاً گران برای خروجی های زیاد

ب) کمپرسورهای پره دار

۱) ساختار ساده
۲) بی سرو صدا

۳) کوچک و فشرده

۴) محدوده ی ظرفیت محدود

۵) ضایعات روغن در هوای خروجی

ج) کمپرسورهای مارپیچ (تزریق روغن)

۱) بی سرو صدا و عملکرد ساده

۲) دمای نهایی پایین تر

۳) کاربرد آسان در بازیافت گرما

۴) کوچک و فشرده

۵) بدون ضایعات روغن در هوای خروجی

۶) برخورد با هوا

د) کمپرسورهای گریز از مرکز:

۱) مصرف انرژی کم برای ظرفیت های بالا

۲) بی سروصدا

۳) کنترل ظرفیت خروجی

۴) حساس به آلودگی هوا

۵) نسبتاً گران

۶) کارایی انرژی بالا

ه) کمپرسورهای Scroll :

۱) بدون ضایعات روغن در هوا

۲) کارایی انرژی بالا

و) کمپرسورهای دندانه دار دوار:

۱) بدون ضایعات روغن در هوا

۲) کارایی انرژی بالا در ظرفیت های کم

اندازه ی سیستم:

در طراحی یک سیستم کمپرسور هوا، اندازه سیستم بسیار مهم است زیرا کمپرسورهای هوای Over sized بسیار ناکارآمد هستند. که این موضوع به این خاطر است که بیشتر سیستمها، در حالت Part – Load انرژی بیشتری درواحد حجم هوای تولید شده مصرف می کنند. معمولاً بازده کمپرسورهای هوا با افزایش سایز زیاد می شود اما به علت بازده کمتر سیستمهای Part – Load معمولاً به جای اینکه یک کمپرسور بزرگ را در حالت Part – Load به کار ببرند؛ ترجیح می دهند که یک کمپرسور کوچکتر به صورت بار کامل که بازده بیشتری دارد را به کار ببرند.

اندازه ی یک کمپرسور معمولاً با در نظر گرفتن کلیه بارهای منفرد بر روی کمپرسور ، خروجی ثابت سیستم و به کار بردن ضرایبی برای خروجی هوای ناگهانی تعیین می شود. ظرفیت کلی سیستم بر پایه ی دانش دقیق از تجهیزات یا شرایط سیستم در نظر گرفته می شود. اگر ظرفیت سیستم کم حدس زده شده باشد، کمپرسور کوچک خواهد بود و قادر به تأمین فشار لازم در سیستم نیست؛ برعکس اگر مصرف هوای کلی سیستم بسیار بالا حدس زده شود، هزینه ی سیستم زیاد می شود، اما بازده سیستم کمتر خواهد بود.

در سیستمهای موجود تقاضای فعلی سیستم به دقت کنترل و سنجیده شده و از آن در تعیین اندازه ی یک کمپرسور جایگزین استفاده می شود. با وجود اینکه کمپرسورهای مدرن قابلیت اطمینان بسیار بالایی دارند اما واحدهای Stand _ by باید به دقت و با بررسی کامل در نظر گرفته شود و از روی حدس نباشد. بهتر آن است که یک کمپرسور آماده به کار در اندازه ی بزرگترین کمپرسور موجود در سیستم وجود داشته باشد. اگر چه می توان با در نظر گرفتن یک کمپرسور آماده بکار کوچکتر هزینه ها را کاهش داد. برای اطمینان از کارایی انرژی در هنگام انتخاب کمپرسور طراح باید ار پیش بینی دلخواه یا بیش از حد در خروجی کمپرسور اجتناب کند. اگرچه هنگام نصب یک کمپرسور جدید افزایش در تقاضای آینده ی سیستم برای خرید یک کمپرسور اضافی باید محاسبه شود. افزایش ظرفیت یک کمپرسور هیچ گونه مشکلی را ایجاد نمی کند به شرط اینکه بقیه ی سیستم بر طبق آن نصب شده باشد.

کیفیت هوا

میزان خشکی و سطح آلایندگی دو فاکتور کلیدی مهم برای تمایز هوای با کیفیت پایین از هوای با کیفیت بالا است. هر چه کیفیت هوای خروجی بالاتر باشد هزینه های بیشتری برای تولید آن باید پرداخت. هوای با کیفیت بالاتر معمولاً به تجهیزاتی اضافی برای تولید نیاز دارد که نه تنها باعث افزایش هزینه ی اولیه سیستم شده بلکه هزینه های نگهداری و مصرف انرژی سیستم را نیز بالاتر می برد. بنابراین در طراحی یک سیستم کیفیت هوای مورد نیاز مهم است.

در هنگام انتخاب یک کمپرسور بررسی هایی برای سطح کیفیت هوای مورد نیاز باید انجام شود. اگر هوای بدون روغن مورد نیاز است، باید از کمپرسورهای بدون تزریق روغن و یا کمپرسورهای تزریق روغن که تجهیزات جداسازی مختلف دارند استفاده شود. کمپرسورهای بدون تزریق روغن معمولاً هزینه ی نصب و نگهداری بالاتری درند. کمپرسورهای با تزریق روغن اگرچه هزینه اولیه ی کمتری دارند اما هزینه های نگهداری و انرژی ناشی از تجهیزات اضافی و تجهیزات جداسازی بیشتری دارند. بنابراین باید بررسی دقیق قبل از انتخاب یک کمپرسور با تزریق روغن یا کمپرسور بدون تزریق روغن انجام شود.

در زیر برخی از ویژگیهای این نوع کمپرسور به اختصار آمده است:

کمپرسورهای با تزریق روغن

۱) سرمایه ی اولیه ی پایین تر
۲) تجهیزات ساده
۳) در این نوع کمپرسورها روغن اثر خنک کنندگی مهمی دارد.
۴) سرعتها و ودماهای پایین تر
۵) نگهداری و بررسی تغییرات روغن
۶) به علت افت فشار هزینه تصفیه ی هوای بالاتری دارند.

کمپرسورهای بدون تزریق روغن:

۱) به تجهیزات کمتر و بررسی تغییرات روغن کمتری نیاز دارند.

۲) عمر کاری طولانی تر

۳) برای تولید محصولات حساس مانند مواد غذایی و دارویی استفاده می شود.

۴) سرمایه ی اولیه بالاتر

۵) ساختار پیچیده تر

۶) برای رسیدن به فشارهای بالا نیازمند تراکم چند مرحله ای است.

۷) هزینه های سرویس روزمره ی معمولاً بالا

علاوه بر انتخاب نوع مناسب کمپرسور و کیفیت هوا، روشهایی بهینه برای کاهش آلایندگی باید انجام داد. یک کمپرسور هوا، همراه هوا، بخار آب ، آلودگی اتمسفری و آشغال را نیز می مکد. در حین فرآیند تراکم حجم هوا کاهش م یابد و باعث افزایش سطح آلاینده ها می شود . علاوه بر آن آلودگیهای دیگری از قبیل بخارهای روغن و ذرات جزئی با توجه به نوع کمپرسور ممکن است در حین فرآیند تراکم به هوا اضافه شود. بنابرای با توجه به تجمع آلاینده ها ، هوای فشرده شده بندرت بدون عمل تصفیه مورد استفاده قرار می گیرد. تجهیزات بسیار گسترده ای از وکیوم ها و خشک کننده ها برای بهبود کیفیت هوا موجود هستند. با وجود این باید در انتخاب، نصب و نگهداری دقیق تجهیزات تصفیه دقت کرد تا هزینه های انرژی هوای تصفیه شده به حداقل کاهش یابد.

کاهش دمای ورودی به کمپرسور:

تجربه نشان داده است که استفاده از هوای سردتر بیردن از کارخانه به جای هوای داخل می تواند تا شش درصد باعث صرفه جویی در توان کمپرسور شود یک روش بسیار آسان برای صرفه جویی در هزینه های هوای فشرده این است که هوای سرد خارج از کارخانه را توسط مجراهایی مستقیماً به داخل کمپرسور هدایت کنند. اگر از یک منبع خشک و خنک گرفته شود سیستم بطور بهینه تری کار خواهد کرد. جدول زیر میزان صرفه جویی ناشی از کاهش دمای ورودی از ۲۴ به ۱۸ درجه ی سانتیگراد را برای یک کمپرسور ۱۱۰ کیلووات نشان می دهد.

افت فشار و کنترل فشار سیستم:

افت فشار ، میزان کاهش فشار هوا در نقطه ی مورد استفاده نسبت به خروجی کمپرسور است. افت فشار هنگامی که هوای فشرده از سیستم توزیع عبور می کند اتفاق می افتد. در یک سیستم با طراحی مناسب افت فشار باید کمتر از ۱۰ درصد فشار خروجی از کمپرسور باشد که از مخزن دریافت کننده تا نقطه ی مورد استفاده اندازه گیری می شود.

افت فشار بیش از حد ، منجر به عملکرد ضعیف سیستم و مصرف انرژی بالاتر می شود. هر گونه محدودیت جریان در سیستم باعث فشار کاری بالاتر از حد نیاز شده و بنابراین باعث افزایش مصرف انرژی می شود. کم کردن این اختلاف فشار در هر قسمتی از سیستم قسمت مهمی از کار ما برای بهره وری سیستم است. افت فشار در جریان بالادست کمپرسور باعث فشار تراکمی بالاتر کمپرسور برای رسیدن به تنظیمات کنترلی می شود.قسمتهایی که با بیشترین مشکل روبرو می شوند شامل After cooler ، جداکننده های روغن و شیرهای اطمینان است . این افزایش فشار مخصوص که به علت مقاومت در برابر جریان است می تواند باعث افزایش مصرف انرژی کمپرسور شود به طوری که هر 2 Psi اختلاف فشار باعث افزایش یک درصدی مصرف انرژی کمپرسور خواهد شد. افت فشار در سیستم توزیع ، لوله ها و اتصالات باعث فشار کاری پایین تر در نقاط استفاده می شود قبل از افزایش ظرفیت سیستم یا افزایش فشار سیستم باید میزان افت فشار در سیستم را به حداقل رساند. زیرا افزایش فشار خروجی کمپرسور یا افزایش فشار کمپرسور باعث افزایش مصرف انرژی می شود.

چه چیزی باعث افت فشار می شود؟

هر گونه مانع، محدودیت یا زبری در سیستم باعث مقاومت نسبت به جریان هوا شده و بنابراین باعث افت فشار در سیستم می شود در سیستم توزیع بیشترین مقدار افت فشار معمولاً در نقاط استفاده یافت می شود که شامل لوله ها و اتصالات دارای نشتی و اندازه ی کوچکتر از حد معمول تنظیم کننده ها ، روان سازها ، و ناپیوستگیها است. در قسمت ذخیره سیستم بیشترین افت فشار مربوط به جداکننده های هوا یا روغن ، After

cooler ، جداکننده های رطوبت ، خشک کننده ها ، روان کننده ها است. بیشترین میزان افت فشار هنگامی اتفاق می فتد که نرخ جریان هوا و دما بالا است. اجزای سیستم باید براساس این شرایط انتخاب شوند و کارخانه ی سازنده ی هر جزء باید اطلاعات مربوط به افت فشار را تحت این شرایط تهیه کند. در موقع انتخاب این تجهیزاتها باید به خاطر داشت که آنها بعد از مدتی کثیف خواهند شد . مشخصات میزان کثیفی تحت شرایط مختلف کاری یکی از معیارهای مهم برای انتخاب تجهیزات است . مصرف کننده هایی که میزان قابل توجهی از تجهیزات را خریداری می کنند باید با کارخانه ی سازنده مشاوره کننده تا مطمئن شوند که محصولات آنها در هنگام انتخاب فشار یا شرایط دیگر نیز به خوبی کار می کند.

کم کردن افت فشار:

کم کردن افت فشار نیازمن طراحی درست سیستم و همچنین نگهداری مناسب از سیستم است . اجزایی که با هوا برخورد دارند از قبیل After cooler ، جداکننهدهای رطوبت ، خشک کنده ها و فیلتر ها باید به گونه ای انتخاب شئند که کمترین میزان افت فشار را تحت شرایط کاری ماکزیمم داشته باشند. بعد از نصب روشهایی مناسب برای نگهداری از آنها باید انجام شود. سایر روشها برای کاهش افت فشار به صورت زیر است:

۱) سیستم توزیع باید به صورت مناسب طراحی شود
۲) تجهیزات خشک کننده و فیلتر های هوا باید به گونه ای عمل کنند که اثرات رطوبت از قبیل خوردگی را کاهش دهند.
۳) After cooler ها ، جداکننده ها ، خشک کننده ها و فیلتر ها باید به گونه ای انتخاب شوند که کمترین میزان افت فشار را تحت شرایط کاری داشته باشند.
۴) کاهش مسافتی که هوا در درون سیستمهای توزیع طی می کند.
۵) تنظیم کننده های فشار ، روان سازها ، لوله ها و اتصالات باید به گونه ای انتخاب شوند که بهترین عملکرد را در کمترین اختلاف فشار داشته باشند.

کنترل فشار سیستم:

بسیاری از کمپرسورهای هوای کارخانه ها با فشار خروجی 100 psig در هنگام Full Load و با فشار psig110 یا بالاتر تحت شرایط بدون بار کار می کنند. بسیاری از ماشین آلات یا ابزارها می توانند در نقطه ی کاری 80 psig و یا پایین تر عمل کنند. اگر فشار خروجی کمپرسور هوا را بتوان کاهش داد می توان باعث صرفه جویی قابل توجهی در انرژی شد. فشار بخش فوقانی کمپدسور می تواند به یک محدوده ی فشار کمتر محدود شودکه باعث حفظ کمپرسور از نوسانات شدید بار می شود . کاهش و کنترل فشار سیستم در قسمت پایین دست جریان می تواند تا میزان ۱۰ درصد و یا بیشتر منجر به کاهش مصرف انرژی شود اگرچه فشار خروجی کمپرسور تغییری نکرده است.

کاهش فشار سیستم می تواند اثری دیگری در بهبودعملکرد کلی سیستم داشته باشد و آن کم کردن نرخ نشتی ها است همچنین باعث کم شدن تنشهای وارد بر اجزای تجهیزات کاری می شود.

کم کردن فشار کاری سیستم ممکن است نیازمند اصلاحاتی برای سایر اجزای سیستم از قبیل تنظیم کننده های فشار ، فیلتر ها و ... باشد. در کم کردن فشار متوسط سیستم باید احتیاط کرد زیرا تغییرات زیاد در خروجی ممکن است باعث قرار گرفتن فشار نقطه ی کاری زیر شرایط مینیمم شود . جدول زیر میزان صدفه جویی انرژی سالیانه ناشی از کم کردن فشار از ۸۰۰ به ۷۰۰ کیلو پاسکال را برای یک کمپرسور ۷۵ کیلو واتی نشان می دهد. برای کاربردهایی که میزان قابل توجهی از هوای فشرده مورد نیاز است تجهیزات باید به گونه ای انتخاب شوند که در کمترین سطح فشار کار کنند. هزینه های اضافی از قبیل سیلندرهای هوای بزرگ معمولاً به سرعت از صرفه جویی در انرژی قابل جبران هستند. مهندسان تولید اغلب تجهیزات را به گونه ای مشخص می کنند تا در فشار متوسط سیستم کار کند . این کار منجر به هزینه های کاری بالاتر در سیستم می شود . اگر در یک کاربرد مخصوص نیاز به فشار بالاتری است به جای بالا بردن فشار کاری کلی سیستم بهتر آن است که این کاربرد تصحیح یا جایگزین شود.

نگهداری سیستمهای هوای فشرده برای ماکزیمم عملکرد:

شبیه همه تجهیزات الکترومکان ، سیستمای هوی فشرده نیازمند نگهداری هوای متناوب هستند تا در یک بازده ماکزیمم کار کنند. نگهداری نا مناسب می تواند تأثیر مهمی در مصرف انرژی از طریق بازده فشاری کمتر ، نشتی هوا یا تغیرات فشار داشته باشد. علاوه بر آن می تواند باعث دمای کاری بالاتر ، کنترل رطوبت ضعیف تر و همچنین آلودگی بیش از حد شود . بیشتر مشکلات توسط تنظیمات ساده ، تمیز کردن ، جایگزینی قطعات و یا حذف شرایط معکوس می تواند حل شود. نگهداری سیستم هوای فشرده شبیه کاری است که بر روی ماشینها انجام می شود. مایعات جایگزین می شوند، آب سرد بررسی می شود ، تسمه ها تنظیم می شوند و نشتی ها مشخص و تعمیر می شوند.

تمامی تجهیزات در سیستمهای هوای فشرده باید با توجه به توصیه های کارخانه ی سازنده نگهداری شوند. کارخانه های سازنده ، بازرسی نگهداری و پیش بینی خدمات را ارائه می دهند که باید به دقت دنبال شوند. در بسیاری از موارد از دیدگاه اقتصادی و کارایی بهتر آن است که تجهیزات در فاصله ی زمانی کمتری نسبت به فاصله زمانی توصیه شده توسط کارخانه سازنده که در درجه اول برای حفظ تجهیزات مشخص شده است بررسی می شوند.

چک لیست نگهداری کلی :

- **کارتریج فیلتر ورودی**: بازرسی ، تمیز کردن و یا جایگزینی آن طبق توصیه ی کارخانه ی سازنده در اغلب موارد به شرایط کاری بستگی دارد فیلترهای کثیف مصرف انرژی را افزایش می دهند.

- **سطح روغن کمپرسور** : بررسی روزانه ، پر کردن و یا جایگزین آن طبق توصیه ی کارخانه ی سازنده ، فیلتر روغن باید با توجه به توصیه ی کارخانه ی سازنده عوض شود.

- **جداکننده های روغن هوا** (کمپرسورهای Screw با تزریق روغن) با توجه به توصیه های کارخانه ی سازنده و یا وقتی که افت فشار از psid 10 تجاوز کند.

- **انتخاب روغن یا روان ساز** : با توجه به توصیه های کارخانه ی سازنده باید روان ساز موتور الکتریکی را انتخاب کرد.

- **شرایط تسمه ها** : تسمه ها باید از نظر پوشش چک شود و میزان کشش آنها با توجه به توصیه های کارخانه ی سازنده باید تنظیم شود.

- **دمای کاری** : دمای کاری باید بررسی شود تا از حد معمول تجاوز نکند.

- **فیلترهای خط هوا**: هنگامی که افت فشار از ۲ تا ۳ ، psid تجاوز می کند اجزای انتقالی روغن و یا ذرات بسیار ریز باید جایگزین شود.

تمامی اجزا حداقل سالی یک بار بدون توجه به افت فشار باید بازرسی شوند.

- **سیستم سرد کننده ی آب**: برای سیستمهای سرد کننده ی آب ، کیفیت آب

(بخصوص PH و ذرات جامد محلول در آب) ، جریان ، دما ، فیلترها و مبدلهای حرارتی با توجه به توصیه های کارخانه ی سازنده باید چک شود

- **نشتی های سیستم**: خطوط توزیع (بخصوص اتصالات) ، لیست ها و گیره ها ، شیرها و لوله ها و شیلنگ ها ، ناپیوستیها ، تنظیم کننده ها ، فیلترها ، روان سازها و اتصالات نسبی برای نشتی باید بررسی شود.

- **تمیزی سیستم** : سیستم برای نشتی و تمیزی کمپرسور و روان ساز موتور بررسی شود.

یک روش برای فهمیدن این که آیا سیستم به خوبی نگهداری شده است و بخوبی کار می کند این است که بطور متناوب سیستم را با دنبال کردن توان ، فشار و جریان بسنجیم . اگر مصرف توان در یک فشار و نرخ جریان مشخص بالا برد بازده سیستم روبه کاهش است . این روش سنجش

همچنین این امکان را می دهد که بفهمیم آیا کمپرسور با تمام ظرفیت مشغول کار است و یا خیر. و اینکه آیا ظرفیت آن گذشت زمان روبه کاهش است یا خیر.

نکات نگهداری برای اجزای سیستم

نکات نگهداری برای اجزای سیستم هوای فشرده در زیر بررسی شده است:

بسته ی کمپرسور :

قسمتهای اصلی یک مجموعه ی کمپرسور که به نگهداری نیاز دارند شامل کمپرسور ، سطوح مبدلهای حرارتی ، جداکننده های روغن هوا، روان سازها فیلترهای روغن وفیلترهای هوای خروجی هستند.

سطوح کمپرسور باید تمیز نگه داشته شوند زیرا اگر کثیف باشند بازده کمپرسور پایین خواهد آمد. فنها و پمپهای آب نیز باید بررسی شوند تا اطمینان حاصل شود که در نقطه ی کار ماکزیمم هستند. جداکننده های روغن هوا در یک کمپرسور screw دوار که با روغن سرد می شود در شرایط Full Load زمانی که نو هستند افت فشاری برابر 2-3 psid را ایجاد می کنند. راهنمای نگهداری به ما پیشنهاد می دهد که افت فشاری برابر 10 psid در جداکننده ها ایجاد شد باید آنها را تعویض کرد. در بسیاری از موارد بهتر است تا زمان تعویض زودتر باشد مخصوصاً اگر بهای برق مصرفی زیاد باشد. روغنها و روانسازهای کمپرسور همچنین فیلترهای روغن باید براساس توصیه های کارخانه ی سازنده تعویض شوند در غیر این صورت روغنها ممکن است اثر خوردگی داشته باشد که باعث کاهش بازده کمپرسور و کل تجهیزات می شود. در کمپرسورهای دوار تزریق روغن برای روغنکاری یاتاقانها و سطوح دوار بکار برده می شود. یک روان ساز همچنین بیشتر حرارت ناشی از تراکم را جابجا می کند. فقط روانسازی که مورد تأیید کارخانه سازنده کمپرسور است باید استفاده شود. فیلترهای ورودی و خروجی باید تمیز نگه داشته شوند. یک فیلتر کثیف باعث کاهش کارایی و ظرفیت یک کمپرسور می شود فیلترها باید با توجه به توصیه های کارخانه ی سازنده نگهداری شوند.

ـ محرک کمپرسور

اگر موتور الکتریکی ک یک کمپرسور را به حرکت در می آورد به طور صحیح نگهداری نشود نه تنها باعث افزایش مصرف انرژی خواهد شد بلکه باعث کاهش عمر مفید کمپرسور نیز می شود.

روغن کاری موتور و تمیز کردن آن دو جنبه ی مهم نگهداری موتور است.

۱- روغنکاری :

روغنکاری بیش از حد می تواند به همان اندازه مضر باشد که روغنکاری کم مضر است و یک دلیل اصلی برای خرابی زودرس موتور می باشد.

موتورها باید به توصیه های کارخانه ی سازنده روغنکاری شوند. که با توجه به سرعت موتور و میزان کارکرد آن در طول سال می تواند از هر دو ماه تا ه ۱۸ ماه باشد. در مورد موتورها با اتصالات گریسی یاتاقانی اولین ق در روغنکاری برداشتن درپوش موتور و تمیز کردن اتصالات گریسی است. گریسهای تازه با کیفیت بالا باید جایگزین شود. قبل از اینکه درپوش موتور دوباره نصب شود موتور تقریباً باید برای یک ساعت کار کند تا گریسهای اضافه از روی موتور چکه کند بدون اینکه برروی سیم پیچ موتور چکه کند و باعث آسیب آن شود.

۲- تمیز کردن:

از آنجا که گرما باید از موتور منتقل شود بنابراین باید تمامی مجراهای هوا را تمیز کرد و هرگونه مانعی را برطرف کرد. در موتورها پره های فیلتر باید از گرد وغبار پاک شوند. خنک کردن ضعیف موتور باعث افزایش دمای موتور و مقاومت سیم پیچ شده در نتیجه باعث افزایش مصرف انرژی و کاهش عمر مفید موتور می شود.

تسمه ها:

تسمه ها فقط نیاز به نگهداری تناوبی دارند . تسمه های تنگ باعث اصطکاک بیش از حد و تسمه های شل می تواند باعث لغزش و اتلاف انرژی شود. تسمه ها باید بعد از هر ۴۰۰ ساعت کاری تنظیم شوند.

کنترل سیستم هوای فشرده:

کنترل سیستم هوای فشره ، ورودی سیستم هوای فشرده را با خروجی سیستم هماهنگ می کند (اگرچه در واقعیت همیشه ممکن نیست) و یکی از عوامل تعیین کننده در کارایی انرژی سیستم است. کنترل صحیح برای عملکرد بهینه ی سیستم و کارایی بالاتر لازم است. علاوه براین هدف از هر گونه استراتژی کنترلی خاموش کردن کمپرسورهای اضافی و یا تأخیر در کار کرد آنها می باشد تمامی واحد ها باید به صورت Full Load کار کنند جزء یک واحد که برای ایجاد تعادل بکار می رود.

سیستمهای کمپرسوری معمولاً از چندین کمپرسور تشکیل شده است ظرفیت کلی این ماشینها طوری تنظیم شده است تا نیاز هوای ماکزیمم را تأمین کند. سیستمهای هوای فشرده معمولاً طوری طراحی شده اند که در یک محدوده ی فشار ثابت عمل کنند و یک حجم متغیر از هوا را منتقل کنند. فشار سیستم کنترل و تنظیم شده تا به یک سطح از پیش تعیین شده برسد و سیستم کنترلی خروجی کمپرسور را کاهش می دهد. وقتی که فشار به یک سطح کمتر افت کند خروجی کمپرسور افزایش می یابد. اختلاف میان این دو سطح فشار محدوده ی کنترل نامیده می شود. محدوده ی کنترل با توجه به میزان تقاضا از سیستم هوا می تواند بین 2- 20 psi باشد. در گذشته کنترلر کمپرسورها کند و غیر دقیق بودند که منجر به محدوه ی کنترلی وسیع تر و نوسانات فشار زیادتر در سیستم می شد. به دلیل این نوسانات شدید ، نقطه ی تنظیم فشار کمپرسور ها طوری تنظیم می شد که فشار را در محدوده ای بالاتر از حد نیاز حفظ می کرد. به طوری که هیچ گاه نوسانات پایین تر از شرایط مینیمم در سیستم نمی رفت. امروزه سیستمهای کنترلی بسیار دقیق با محدوده ی کنترلی کمتر باعث کاهش در نقطه ی تنظیم فشار سیستم شده است. این مزیت در شکل زیر نشان داده شده است که در آن سیستم کنترل دقیق یک فشار متوسط کمتری را حفظ می کند . بدون اینکه پایین تر از شرایط مینیمم در سیستم برود. هر 2 psi کاهش فشار تقریباً موجب یک درصد کاهش مصرف انرژی می شود.

تغییرات کمتر فشار نه تنها باعث کاهش مصرف انرژی شده است بلکه باعث کاهش اثرات منفی بر روی کیفیت محصول نیز می شود. هنگام پایین آوردن فشار متوسط سیستم باید احتیاط کرد زیرا تغییرات ناگهانی در تقاضای سیستم ممکن است سبب افت فشار به زیر شرایط مینیمم شود که باعث عملکرد نادرست تجهیزات می شود. با سازگاری دقیق کنترلر سیستم و ظرفیت ذخیره ی سیستم این مشکل قابل حل است. سیستمهای هوای کمی هستند که در تمامی لحظات به صورت Full Load کار می کنند. بنابراین عملکرد part load بحرانی است که با توجه به استراتژی کنترل و نوع کمپرسور قابل کنترل است .

کنترل سیستم:

نوع کنترلی که برای یک سیستم مشخص بکار برده می شود با توجه به نوع کمپرسور و میزان تقاضا از سیستم تعیین می شود. اگر یک سیستم تنها یک کمپرسور با خروجی ثابت نسبت به زمان داشته باشد یک کنترل ساده ممکن است مناسب باشد از سوی دیگر یک سیستم پیچیده با چندین کمپرسور دارای خروجی متغیر و تعداد زیادی مصرف کننده به یک استراتژی کنترل پیشرفته تری نیاز دارد. در هر حالت در انتخاب سیستم کنترلی بررسی بسیار دقیقی باید صورت گیرد زیرا یکی از عواملی است که تأثیر بسیار زیادی بر روی بازده و عملکرد سیستم دارد.

انواع کنترل کمپرسورها:

در طی سالهای گذشته کارخانه های سازنده ی کمپرسوراستراتژیهای کنترلی گوناگونی را به کار برده اند. کنترلهایی ازقبیل Start / Stop و یا

Load/Unload که به منظور کاهش در میزان خروجی هوا ،افزایش فشار خروجی کمپرسور از طریق خاموش کردن کمپرسورها و یا بدون بار کردن آنها زمانی که هیچ گونه هوایی را منتقل نمی کند به کار می روند، کنترلهای تنظیمی و کنترلهای چند مرحله ای که به کمپرسور این امکان را می دهد که به صورت Part – Load کار کند و مقدار هوای کمتری را منتقل کند. در زیر انواع این کنترلها را شرح می دهیم:

۱-کنترل Start / Stop یاON/ OFF:

این نوع کنترل، ساده ترین نوع کنترل است ومی تواند برای هردونوع کمپرسورهای رفت وبرگشتی و کمپرسورهای Screw دوار به کار رود.

موتوری

که کمپرسور را به حرکت در می آورد با توجه فشار خروجی کمپرسور روشن یا خاموش می شود. این نوع از کنترل نباید برای کاربردهایی که سیکل های پی در پی دارند به کار برده شود زیرا استارتهای مکرر سبب گرم شدن بیش از حد موتور می شود و هزینه ی نگهداری از کمپرسور افزایش می یابد این روش کنترلی معمولاً فقط برای کاربردهایی که سیکل کاری خیلی کمی دارند به کار برده می شود.

۲- کنترل Load / unload :

این نوع کنترل همچنین به «کنترل سرعت ثابت » نیز معروف است . در این نوع کنترل موتور به طور پیوسته کار می کند اما هنگامی که فشار خروجی کافی است کمپرسور را بی بار می کند. کارخانه های سازد ی مپرسور روشها مختلفی را برای بدون بار کردن یک کمپرسور به کار می برند. یک کمپرسور Screw دوار در حالت بی باری۳۵ -۱۵ درصد یک کمپرسور Full – Load توان

مصرف می کند در حالی که هیچ گونه کار مفیدی انجام نمی دهد . بدین خاطر بعضی روشهای کنترل Load / unload می تواند غیر بهینه باشد.

۳- کنترل تنظیمی (اختناقی) یا تنظیم شیر ورودی:

کنترل تنظیم (اختناقی) به خروجی کمپرسور این امکان را می دهد تا با توجه به شرایط جریان تغییر کند . اختناق معمولاً با بستن شیر ورودی انجام شده و بدین طریق هوای ورودی به کمپرسور محدود می شود .

این روش کنترلی برای کمپرسورهای Screw دوار و گریز از مرکز به کار می رود. این روش کنترلی وقتی برای کمپرسورهای رفت و برگشتی به کار رود یک وسیله ی غیر بهینه است اما وقتی برای کمپرسورهای گریز از مرکز

به کاررود نتایج بهینه تری بدست می آید مخصوصاً اگر هوای ورودی توسط

پره های راهنما در جهت ورودی کمپرسور هدایت شود.

۴- کنترل چند مرحله ای:

بعضی از کمپرسورها طوری طراحی شده اند که در دو یا چند حالت بارگذاری ناقص عمل می کنند. با چنین روش کنترلی فشار خروجی می تواند به دقت کنترل شود بدن اینکه کمپرسور مرتباً روشن و خاموش یا باردار و بدون بار شود. کمپرسورهای رفت و برگشتی با کنترل دو مرحله ای Load / unload) یا (Start / Stop ، سه مرحله ای (٪۱۰۰، ٪۵۰ ، ٪ ۰) یا پنج مرحله ای (٪۱۰۰، ٪۷۵ ، ٪۵۰ ، ٪ ۲۵ ، ٪۰) طراح شده اند. این روشهای کنترلی معمولاً رابطه ای مستقیمی را بین توان مصرفی موتور و ظرفیت بارگذاری نشان می دهند.

برخی از کمپرسورهای Screw دوار می توانند نسبت حجم تراکمشان را با استفاده از شیرهای لغزشی یا چرخشی تغییر دهند که معمولاً همراه ب شیرهای تنظیم ورودی به کار می روند تا کنترل فشار دقیق تری را در حالت Part – Load تأمین کنند.

۵- محرکهای با سرعت یا فرکانس متغیر (VFD یا VSD)

سابقاً استفاده از محرکهای با فرکانس متغیر برای کمپرسورهای هوای صنعتی به دلیل قیمت اولیه ی بالای VFD ها کم بود زیرا قیمت بالای آنها نمی توانست میزان صرفه جویی ناشی از کاربرد سایر روشهای کنترلی را توجیه کند اما امروزه استفاده از آنها بسیار افزایش یافته است کمپرسورهای با سرعت متغیر دو مزیت بسیار مهم دارند:

۱- استفاده از آنها باعث بهبود کارایی انرژی یا بازده می شود. تقریباً یک رابطه ی خطی بین توان مصرف شده و هوای منتقل شده وجود دارد.

۲- کنترل دقیق تر فشار خروجی علاوه بر سایر مزایای عملکردی که باعث صرفه جویی انرژی به میزان ۴-۲ درصدی نسبت به کنترل on / off یا Start / Stop می شود

نصب بیش از یک کمپرسور :

در کاربردهای با بیش از یک کمپرسور تنها به یک کمپرسور VSD نیاز است. کمپرسورهای با سرعت ثابت (که در حالت Full Load ارزان تر و بهینه تر هستند) برای تأمین یک بار پایه به کار می روند، سپس با به کار بردن کمپرسورهای VSD میزان تغییرات در خروجی تنظیم می شود.

در یک بررسی صورت گرفته در سیستم هوای فشرده ، میزان هوای فشرده مورد نیاز چیزی بین خروجی ۲ یا ۳ کمپرسور بوده است . ۲ تا از این کمپرسورهای با سرعت ثابت هنگامی که فشار سیستم زیر barg 6 برسد باردار می شوند و وقتی فشار بیشتر از barg 4.6 شود بدون بار می شوند. کمپرسور سومی هم به عنوان کمپرسور آماده به کار « Stand by » وجود دارد . کمپرسور VSD طوری تنظیم شده است که فشار کاری مورد نیاز سیستم یعنی barg 6.5 را حفظ کند بنابراین کمپرسورهای با سرعت ثابت بطور پیوسته در حالت FullLoad کار می کنند کمپرسور VSD نقش تنظیم کننده را دارد. در کاربردهایی که خروجی هوا بسیار متغیر است یک کنترلر بسیار دقیق در سیستم باید نصب شود تا کمپرسورهای با سرعت ثابت بیشتری را مرتباً در سیستم قرار دهد و یا اینکه از سیستم خارج کند تا محدوده ی تنظیمی VSD را حفظ کند.

عملکرد کنترل و تنظیم مستقل :

یک مورد عمل کنترل و تنظیم مستقل در زیر انجام شده است تا میزان صرفه جویی و ویژگیهای کاری ناشی از استفاده ی کمپرسورهای VSD را نمایش دهد:

۱- تست عملکرد و کارایی هر کمپرسور.

۲- اندازه گیری هوای خروجی و میزان مصرف الکتریسیته در یک دوره ی دو هفته ای.

در طی دو هفته بررسی ، بار متوسط بر روی کمپرسور VSD، scfm 313 (۷۹ درصد ظرفیت کامل) بوده است . این میزان بار به علت خروجی پایین کمپرسورهای با سرعت معیوب بسیار بالاست که با تعمیر کمپرسورهای با سرعت ثابت به 59) 235 scfm درصد ظرفیت کامل) رسید.

۳۱۲۰۰ در الکتریسیته صرفه جویی داشته است. (نسبت به یک کمپرسور با سرعت ثابت با تنظیم ظرفیت On /of) . این صرفه جویی انرژی معادل ۱۷۵۰ دلار در سال صرفه جویی ارزی داشته است که با در نظر گرفتن قیمت ماکزیمم ۶۰۰۰ دلار برای یک VSD دوره ی بازگشت ۴-۳ ساله دارد. اگر تمام کمپرسورهای هوا با سرعت ثابت به طور صحیح کار می کردند آنگاه میزان صرفه جویی انرژی سالیانه به بیش از kwh 83100 می رسید که معادل با ۳۵۳۰ دلار در سال است که باعث کاهش دوره ی بازگشت به ۷.۱ سال می شد.

نتیجه گیری:

بررسیهای بالا نشان می دهد که صرفه جویی اقتصادی ناشی از نصب یک کمپرسور VSD بطور فوق العاده ای تحت تأثیر بار متوسط بر روی آن است. همانطور که قبلاً نشان داده شد هرچه متوسط بار کمتر باشد صرفه جویی نسبت به کمپرسورهای با سرعت ثابت بیشتر خواهد بود. بنابراین کمپرسورهای VSD بیشتر در جاهایی به کار می روند که گاهی اوقات تقاضای ناگهانی در خروجی هوا وجود دارد اما بار متوسط سیستم بسیار کمتر باشد. همچنین VSD ها دارای انعطاف پذیری برای تقاضای هوای خروجی در آینده هستند بدون اینکه موجب کارایی کمتر تحت شرایط بار

کم که معمولاً در سیستمهای بزرگ اتفاق می افتد شوند. تحت شرایط مناسب دوره ی بازگشت یک کمپرسور VSD می تواند زیر ۲ سال باشد. همچنین VSD ها به هیچ گونه نگهداری اضافه تری نسبت به کمپرسورهای با سرعت ثابت نیاز ندارند.

نشتی های سیستم هوای فشرده:

نشتی ها می توانند یک منبع مهم اتلاف انرژی در سیستم هوای فشرده صنعتی باشند که بعضی اوقات ۳۰-۲۰ درصد خروجی کمپرسور را تلف می کنند. سیستمی که به خوبی نگهداری نشده باشد می تواند نرخ نشتی تا ۲۰ درصد ظرفیت کل تولید هوای فشرده داشته باشد از سوی دیگر کشف و تعمیر نشتی ها می تواند نشتی ها را به کمتر از ۱۰ درصد خروجی کمپرسور کاهش دهد. علاوه بر اتلاف انرژی نشتی ها می توانند منجر به سایر افت های کاری نیز شود. نشتی ها موجب افت در فشار سیستم می شوند و بازده کاری را کاهش می دهد و بر تولید اثری معکوس می گذارد. علاوه بر آن نشتی ها باعث می شود تا تجهیزات به طور مداوم کار کنند و عمر تقریباً همه ی اجزاء سیستم را کم می کند (که شامل بسته ی کمپرسور نیز می شود.) افزایش زمان کارکرد تجهیزات همچنین باعث افزایش هزینه های نگهداری نیز می شود در نتیجه نشتی ها باعث افزایش غیر ضروری ظرفیت کمپرسور خواهد شد.

جدول نشتی

نشتی ها می توانند در هر قسمتی از سیستم اتفاق بیفتد مهمترین قسمتهایی که می تواند دچار مشکل شود عبارت است از :

۱) کوپلینگ ها ، لوله ها و اتصالات
۲) تنظیم کننده های فشار
۳) شیرها و زانویی ها
۴) ناپیوستگی ها و درز رزوه ها

تخمین میزان نشتی:

برای کمپرسورهایی که از کنترل Start-Stop استفاده می کنند یک راه ساده برای تخمین میزان نشتی در سیستم وجود دارد. در این روش کمپرسور هنگامی که هیچ گونه تقاضا از سیستم وجود ندارد (تمام تجهیزات استفاده کننده ی هوا خاموش باشد) شروع به کار می کند. اندازه گیری هایی برای تعیین زمان متوسط باردار و بدون بار کردن کمپرسور صورت می گیرد از آنجا که نشتی ها سبب افت فشار در سیستم می شوند باعث می شود تا کمپرسور یک چرخه ی روشن و خاموش را طی کند. درصد کل نشتی می تواند بصورت زیر محاسبه شود:

درصد نشتی = [(T+t)× T)) ۱۰۰]

که در آن :

T : زمان باردارشدن (دقیقه) t : زمان بی بار شدن (دقیقه) است. نشتی ها بر حسب درصد افت ظرفیت کمپرسور بیان خواهند شد. درصد افت ناشی از نشتی ها در یک سیستم باید کمتر از ۱۰ درصد باشد سیستمهای با نگهداری ضعیف افت هایی تا میزان ۳۰-۲۰ درصد توان کمپرسور دارند. نشتی ها در سیستم می تواند توسط روشهای کنترلی دیگر تخمین زده شوند. این روشها نیازمند تخمین از حجم کلی سیستم است که شامل دریافت کننده های هوایثانویه ی جریان پایین دست ، شاه لوله ها و لوله ها می باشد (حجم بر حسب ft۳ است.) سیستم شروع به کار می کند و به فشار کاری نرمال آورده می شود.

(P1)سپس اندازه گیریها در زمان T که در آن سیستم به فشار پایین تر P2 افتمی کند انجام می پذیرد سپس نشتی ها با توجه به رابطه ی زیر محاسبه می شود:

۲۵.۱ × [(۷.۱۴ × V × (P2 – P1) / T] = (فوت مکعب بر دقیقه) نشتی که در آن V برحسب فوت مکعب ، P1 و P2 بر حسب Psig و T بر حسب دقیقه است. ضریب ۲۵.۱ در فرمول بالا نشتی ها را به فشار نرمال تصحیح می کند.

کشف نشتی ها:

از آنجا که نشتی های هوا تقریباً غیر قابل دیدن هستند برای کشف محل آنها از روشهای دیگری باید استفاده کرد. بهترین راه برای کشف نشتی ها استفاده از آشکارساز فراصوتی (ultrasonic acoustic detector) است که صداهای هیس هیس با فرکانس بالای ناشی از نشتی ها را تشخیص می دهد این دستگاه قابل حمل از میکروفن های جهت دار،تقویت کننده (amplifier) و فیلترهای صوتی تشکیل شده است و معمولاً یک نمایشگر و یا یک هدفون گوشی برای کشف نشتی ها دارند

آشکار ساز فراصوتی

یک روش ساده تر به کاربردن کف صابون برای حدس زدن نواحی دارای نشتی است این روش اگرچه قابل اطمینان است ولی بسیار وقت گیر است.

چگونه نشتی ها را تعمیر کنیم؟

نشتی ها اغلب در اتصالات اتفاق می افتند.متوقف کردن نشتی ها می تواند به سادگی تنگ کردن یک اتصال و یا به پیچیدگی جایگزینی تجهیزات معیوب از قبیل کوپلینگ ها (بوش ها) ، اتصالات ، لوله ها شیلنگ ها ، ناودانها و زانویی ها باشد. در بیشتر موارد نشتی ها به علت کاربرد نادرست درزگیر دندانه ها یا رزوه ها است. انتخاب اتصالات ، ناپیوستگیها و لوله های با کیفیت بالا و نصب صحیح آنها با درزگیرهای مناسب می تواند باعث کاهش نشتی ها شود. تجهیزات بدون عملکرد نیز می تواند یک منبع مهم برای نشتی باشد تجهیزاتی که دیگر از آنها استفاده نمی شود باید توسط یک شیر در سیستم توزیع ایزوله شوند. یک روش دیگر برای کاهش نشتی ها کم کردن فشار هوای خروجی سیستم است کم کردن اختلاف فشار موجب کاهش نرخ جریان از یک اوریفیس یا روزنه می شود بنابراین کم کردن فشار سیستم سبب کاهش نرخ نشتی ها خواهد شد. هنگامی که نشتی ها تعمیر شد سیستم کنترل کپرسور باید مجدداً ارزیابی شود تا پتانسیل های کلی برای صرفه جویی در انرژی درک شود.

برنامه ی پیشگیری از نشتی ها:

برنامه ی پیشگیری از نشتی ها باید به عنوان قسمتی از برنامه ی کلی بهبود عملکرد سیستم هوای فشرده در نظر گرفته شود وقتی که نشتی ها پیدا و تعمیر شد سیستم باید دوباره ارزیابی شود.

اقتصاد سیستم هوای فشرده (هزینه های الکتریکی):

هزینه های الکتریکی بیشترین هزینه ها در یک سیستم هوای فشرده می باشد. هزینه ی اولیه برای یک کمپرسور 100 hp بین ۳۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ دلاراست که به نوع کمپرسور و کارخانه ی سازنده بستگی دارد در حالیکه هزینه های الکتریکی برای همان سیستم ممکن است به ۵۰۰۰۰ دلار در سال نیز برسد . علاوه بر اینها هزینه های نگهداری سالیانه ی سیستم نیز ممکن است ۱۰ و یا بیشتر از ۱۰ درصد هزینه ی اولیه ی سیستم باشد.

محاسبه هزینه های الکتریکی :

الف) عملکرد Full – Load :

۱- محاسبه ی ساده : اطلاعات زیر برای محاسبه ی سریع هزینه های الکتریکی برای یک کمپرسور که تحت شرایط Full –Load کار می کند لازم است

۱) توان نامی موتور کمپرسور (bhp)

۲) بازده نامی موتور (یا یک بازده ی حدس زده شده)

۳) ساعات کارکرد سالیانه (hrs / year)

۴) قیمت الکتریسیته ($ / kwh)

هزینه ی سالیانه الکتریسیته می تواند بصورت زیر محاسبه شود:

در بالا فرض شده است موتور الکتریکی که کمپرسور را به حرکت در می آورد دارای بازده ۹۰ درصد است (۹۰ در ضریب) که یک فرض منطقی برای یک سیستم مدرن بیش از 50 hp است. با توجه به اینکه از سال ۱۹۹۷ به بعد سطح بازده موتورها روبه افزایش است موتورهای جدیدتر می توانند حتی بازدهی بیشتر از این هم داشته باشند.

۲- محاسبه با اندازه گیری ولتاژ و آمپر:

یک روش دقیق تر برای تعیین مصرف الکتریسیته و هزینه های الکتریکی

اندازه گیری ولتاژ و آمپر Full – Load است . توان bhp موتور و بازده برای این محاسبات لازم نیست اگرچه ضریب توان PF که توسط کارخانه ی سازنده ی موتور مشخص می شودمورد نیاز است. محاسبات به این صورت است که آمپر Full-load را می گیرد و آن را به KW بار کامل تبدیل می کند. سپس آن را در ساعات کاری و قیمت الکتریسیته ضرب می کند. محاسبات در زیر نشان داده شده است.

ب) عملکرد Part-load

اگر یک سیستم هوای فشرده بعضی از اوقات تحت حالت Full-load کار کند ویک سیستم کنترل مناسب داشته باشد هزینه ی الکتریکی کمتر از حالتی خواهد بود که کمپرسور در تمام ساعت های کاری در حالت Full-load کار کند. شکل قبل تخمین درصد زمانی که کمپرسور درحالت Full-load کار می کند و اضافه کردن این درصد به عنوان یک ضریب در معادله را بیان کرد. محاسبات را برای درصد زمانی که کمپرسور در حالت بی باری و یا Part-load کار می کند تکرار می کنیم ضریبی برای جبران بار کاهش داده شده بر روی موتور در نظر می گیریم (۰.۲ تا ۰.۳ یک حدس خوب برای عملکرد بدون بار کمپرسورهای screw دوار و ۱۰. تا ۱۵۰. برای کمپرسورهای رفت و برگشتی است ضریب ۳۰. در معادله ی بعدی به کار رفته است) با جمع کردن این دو هزینه ی انرژی کلی بدست می آید. برای محاسبه ی دقیق تر هزینه های انرژی کمپرسورهایی که در حالت part – load کار می کنند، عددی به نام عدد ردیف « Tier Number» تعریف می کنیم که بیانگر درصد زمانی کارکرد دردرصدهای مختلف بار است.

شکل عملکرد part – load

به خاطر داشته باشید که محاسبات یک تقریب خوب از مصرف انرژی را نشان می دهند نه یک عدد دقیق.

هزینه های تقاضا و فشار :

تولید هوای با فشار بالا نسبت به هوای با فشار پایین تر گران تر است . برای یک سیستم که تحت فشار تقریباً 100 psig کار می کند به ازای هر 2 psi افزایش فشار کارکرد سیستم هزینه های الکتریکی یک درصد افزایش خواهد یافت.

در سیستم شرح داده شده در اولین مثال ، افزایش فشار از 100 psig به 110 psig باعث افزایش هزینه های انرژی به میزان ۵ درصد یا ۱۸۰۰ دلار در سال خواهد شد.

صرفه جویی ناشی از عملکرد:

به علت هزینه ی اولیه ی نسبتاً پایین کمپرسورها در مقایسه با هزینه های الکتریکی، خریداران به هنگام تصمیم گیری در مورد سیستم هوای فشرده باید تحلیل هزینه ی دراز مدت را به کار ببرند. علاوه بر آن یک سیستم هوای فشرده بهینه سیستمی نیست که فقط یک موتور با کارایی بالا و یا کمپرسور با طراحی عالی داشته باشد بلکه کارایی کل سیستم نقشی کلیدی در بیشترین مقدار صرفه جویی دارد. اغلب خریداران فقط قیمت اولیه را در نظر می گیرند و ارزانترین سیستم هوای فشرده را انتاب می کنند یعنی کارایی سیستم را نادیده می گیرند. برای داشتن یک سیستم با کارایی بالا یک طراحی و تحلیل دقیق نیاز است. بسیاری از استفاده کنندگان سیستمهای هوای فشرده این عوامل را در نظر نمی گیرند و فکر می کنند که در هزینه ها صرفه جویی کرده اند در حالیکه در دراز مدت پول خیلی بیشتری برای هزینه های انرژی و نگهداری پرداخته اند. برای سیستمی که دستخوش اصلاحات متعددی شده و به خوبی نگهداری شده است اغلب صرفه جویی انرژی بین ۲۰ تا ۵۰ درصد و حتی بیشتر بدست می آید برای سیستم 100 hp که قبلاً شرح داده شد این به معنای صرفه جویی سالیانه ی ۷ تا ۱۸ هزار دلار است.

سیستمهای بزرگتر میزان صرفه جویی انرژی بیشتری خواهند داشت. برای رسیدن به اقتصاد بهینه ی سیستمهای هوای فشرده ، استفاده کنندگان سیستمهای هوای فشرده باید تجهیزات را بر پایه ی اقتصاد دراز مدت ، اجزای با سایز مناسب ، خاموش کردن کمپرسورهای اضافی ، به کار بردن روشهای کنترل و ذخیره ی مناسب و نگهداری و کارکرد اجزا برای ماکزیمم عملکرد بنا کنند.

بازیافت گرما:

۹۳-۸۰ درصد انرژی الکتریکی مصرف شده توسط کمپرسورهای هوای صنعتی به حرارت تبدیل می شود. در بسیاری از موارد یک واحد بازیافت گرما با طراحی مناسب می تواند ۹۰-۵۰ درصد این انرژی گرمایی موجود را بازیافت کند و آن را به کار مفید برای گرم کردن آب یا هوا تبدیل کند. استفاده های معمول از حرارت بازیافت شده شامل گرم کردن فضاهای اضافی ، گرم کردن فرآیندهای صنعتی ، گرم کردن آب ، گرم کردن هوا و پیش گرم کردن آب در بویلر است. گرمای بازیافت شده از یک سیستم هوای فشرده معمولاً آنقدر گرم نیست که بتواند مستقیماً بخار تولید کند. سیستمهای بازیافت حرارت برای هر دو نوع کمپرسورهای -cooledairو Water-cooled موجود هستند.

بازیافت گرما در کمپرسورهای Screw دوار Air-cooled :

۱ـگرم کردن هوا :

کمپرسورهای Screw دوار Air-cooled در بازیافت گرما برای گرم کردن فضا یا سایر استفاده های هوای گرم به خوبی جواب می دهند. هوای اتمسفری محیط با عبور از میان After cooler و سردکننده ی روغن سیستم ، گرم خواهد شد. هوای اتمسفری حرارت را از هوای فشرده شده و از روغنی که برای خنک کاری کمپرسورها استفاده شده است جذب می کند. از آنجا که بسته ی کمپرسور معمولاً در محفظه ای که شامل مبدلهای حرارتی و فن ها است قرار می گیرد بنابراین تنها اصلاحی که سیستم نیاز دارد اضافه کردن یک مجرا و یک فن برای هدایت سیال در مجراها و حذف فشار برگشتی بر روی فن خنک کننده کمپرسور است. این سیستم بازیافت گرما می تواند توسط یک هواکش لولایی ساده تنظیم شود. در تابستان که به هوای گرم نیازی نیست حرارت می تواند به محیط خارج هدایت شود. هواکش همچنین می تواند بصورت ترموستاتی تنظیم شود تا یک دمای ثابت را برای محیط تأمین کند. این هوا می تواند برای گرم کردن فضا ، خشک کردن صنعتی ، پیش گرم کردن هوای مکش شده در مشعل های روغن و یا هر کاربرد دیگری که به هوای گرم نیاز دارد استفاده شود.

اگر هوای ورودی به کمپرسور از بیرون نباشد و گرمای بازیافت شده در فضای دیگری به کار برده شود فشار استاتیکی در داخل محفظه ی کمپرسور کم شده و بازده کمپرسور کاهش می یابد . اگر از هوای بیرون استفاده می شود مقداری هوای برگشتی مورد نیاز است تا از آسیب رسیدن به کمپرسور در دمای زیر صفر درجه جلوگیری کند.

۲ـ گرم کردن آب :

با به کار بردن یک مبدل حرارتی این امکان وجود دارد که حرارت اضافی خنک کننده های روغن که در بسته ی کمپرسورهای Screw دوار Water – cooler و یا بسته ی کمپرسورهای رفت و برگشتی Water - cooler وجود دارد را گرفته و آب گرم تولید کند. با توجه به طراحی مبدل های حرارتی آب تولید شده می تواند آب آشامیدنی و یا آب غیر قابل شرب (آب خاکستری) باشد. وقتی که نیازی به آب گرم نیست روغن به مسیر استاندارد خنک کننده ی روغن فرستاده می شود.

آب گرم تولیدی می تواند در سیستمهای بویلر ، سیستمهای حرارت مرکزی ، فرآیندهای تمیزکاری صنعتی ، عملیات روکش کاری فلزات ، پمپهای حرارتی ، خشک شویی و یا سایر کاربردهایی که آب گرم مورد نیاز است به کار برده شود. مبدل های حرارتی همچنین می توانند بطور همزمان هوای گرم و آب گرم تولید کنند و این امکان را به کاربر می دهند تا نسبت هوای گرم و آب گرم را تغییر دهند.

بازیافت گرما درکمپرسورهاي Water-cooled:

بازیافت گرما در کمپرسورهای Water – cooler متداول نیست زیرا یک

مرحله ی اضافی تبادل گرما مورد نیاز است و دمای حرارت موجود پایین است. بازده بازیافت در این حالت معمولاً ۶۰-۵۰ درصد است.

محاسبات صرفه جویی در مصرف انرژی:

هنگام محاسبه ی صرفه جویی انرژی و مدت زمان بازگشت سرمایه برای واحدهای بازیافت نکته ای که حائز اهمیت است این است که بازیافت گرما با سوختی که هم اکنون برای تولید انرژی استفاده می شود (که ممکن است یک سوخت فسیلی ارزان قیمت مانند گاز طبیعی باشد) مقایسه شود. محاسبات زیر میزان صرفه جویی در انرژی و هزینه ی سالیانه سیستم بازیافت گرما را برای یک کمپرسور Screw دوارAir-cooled را نشان می دهد . در کاربردهایی که heater موجود بازدهی کمتر از ۸۵ درصد دارد متناسب با آن صرفه جویی بیشتری دیده خواهد شد.