مدیریت انرژی: بهینه‏سازی مصرف‏ انرژی در سیستم‏های هوای فشرده

از میان انواع حامل‏های انرژی ثانویه،بخار و هوای فشرده بیشترین‏ موارد استفاده را در واحدهای صنعتی دارا هستند.موارد عمده استفاده از هوای فشرده در واحدهای صنعتی عبارتند از:

-سیستم‏های کنترل،مانند:کنترل کننده‏های ترموستاتیکی

-باز و بسته کردن شیرها و دمپرها

-ابزارهای بادی(دورانی و ضربه‏ای)

-انتقال مواد(عمدتا مواد پودری وگرانول‏های سبک).

-ابزار و تجهیزات دقیق،مانند:تجهیزات اسپری کردن رنگ و پوشش‏ دهی پودر.

-تجهیزات فر آیندی،مانند:قالب گیری در کار خانجات شیشه مظروف.

دلایل انتخاب هوای فشرده به عنوان یکی از رایج‏ترین حامل‏های‏ انرژی مورد استفاده در صنعت را می‏توان به صورت زیر فهرست کرد:

-هوا قابلیت تراکم پذیری بسیار زیادی دارد.

-امکان ذخیره‏سازی هوای فشرده وجود درد.

-هوای فشرده بسادگی تولید،کنترل و توزیع می‏شود.

-هوا نسبت به بسیاری از سیستم‏ها و فر آیندهای صنعتی خنثی است.

-هوای مورد نیاز سیستم هوای فشرده،فراوان و در دسترس است.

-امکان استفاده تلفیقی از هوای فشرده به عنوان هوای مصرفی فر آیند، محرکه ابزارهای بادی و سیستم‏های کنترلی و ... وجود درد.

تولید و مصرف هوای فشرده در طول عمر کاری ده ساله یک سیستم‏ هوای فشرده،هزینه‏های متعددی را به همراه دارد بررسی تعداد بسیار زیادی از واحدهای صنعتی،ترکیب هزینه‏های اولیه خرید و نصب و راه اندازی،تعمیرات و نگهداری و انرژی مصرفی را به صورت جدول(1) نشان می‏دهد.لازم به ذکر است که در این بررسی،عملکرد کمپرسورهای‏ مورد مطالعه در محدوده mfc / WK 5 توان مصرفی بوده و برق مصرفی نیز با قیمت جهانی انرژی(هر کیلو وات ساعت حدود 650 ریال)در نظر گرفته شده است: جدول(1)ترکیب هزینه‏های مختلف در طول عمر کاری‏ ده ساله یک سیستم هوای فشرده

با احتساب قیمت تمام شده انرژی الکتریکی(قیمت واقعی)،هزینه‏ برق مصرفی یک کمپرسور که در سه شیفت کاری در طول سال به تولید هوای فشرده می‏پردازد،بالغ بر 900 هزار ریال به ازای تولید هر mfc در سال‏ می‏شود.

به عبارتی برای تولید هر mfc هوای فشرده به مدت یک ساعت،هزینه‏ برق مصرفی حدود 110 ریال است

روش‏های بهینه‏سازی مصرف انرژی در سیستم‏های فشرده و میزان‏ انرژی قابل صرفه جویی در واحدهای صنعتی مختلف،تفاوت‏های بسیاری‏ با هم دارد.در صد صرفه جویی انرژی در بخش‏های مختلف بسیاری از سیستم‏های هوای فشرده مورد استفاده در واحدهای صنعتی در جدول(2) نشان داده شده است:

فرصت‏های بهینه‏سازی مصرف انرژی در سیستم‏های صنعتی هوای‏ فشرده را می‏توان در سه بخش تولید،توزیع و مصرف هوای فشرده جستجو کرد.

تولید هوای فشرده

روش‏های مختلفی برای تولید هوای فشرده وجود درد.انواع مختلف‏ کمپرسورهای مورد استفاده برای تولید هوای فشرده عمدتا بر اساس ظرفیت‏ تولید بر حسب tiL / ces و فشار تحویلی( gisP )طبقه‏بندی می‏شوند:

1-کمپرسورهای رفت و بر گشتی( gnitacorpiceR srosserpmoC ):

در این روش،هوای فشرده در فضای بین پیستون و سیلندر یک موتور که نیروی محرکه دورانی خود را از طریق یک میل لنگ به صورت رفت و برگشتی به پیستون منتقل می‏کند،تولید می‏شود.

هوا از طریق سوپاپ ورودی وارد محفظه سیلندر شده،در حرکت‏ رفت و برگشتی پیستون فشرده می‏شود و در نهایت از طریق سوپاپ تخلیه‏ از کمپرسور خارج می‏شود.کمپرسورهای رفت و بر گشتی کوچک(یک‏ مرحله‏ای)معمولا توسط هوا خنک می‏شوند.طبیعی است تداوم حرکت‏ پیستون در داخل سیلندر مستلزم روانکاری دیواره سیلندر و پیستون است که به این ترتیب به صورت اجتناب ناپذیری مقداری از ذرات روغن همراه‏ با جریان هوای فشرده وارد سیستم توضیع و مصرف می‏شود که می‏تواند به‏ کیفیت عملکرد تجهیزات بادی لطمه واردسازد و از عمر کاری آن بکاهد. بعلاوه،احتمال رسوب کربن بر روی سوپاپ‏ها و پیستون‏ها نیز وجود دارد.

این نقیصه در انواعی از کمپرسورهای رفت و بر گشتی که نیازی به‏ روانکاری ندارند( eerF-liO )مرتفع شده است.

رایج‏ترین محرکه‏های کمپرسورهای رفت و بر گشتی،موتورهای‏ الکتریکی و موتورهای احتراق داخلی هستند که نیروی محرکه خود را توسط تسمه‏هایی به کمپرسور منتقل می‏سازد.جدول(3)مزایا و معایب‏ استفاده از کمپرسورهای رفت و بر گشتی را از نقطه نظر عملکردی و مصرف‏ انرژی نشان می‏دهد.

جدول(3)مزایا و معایب استفاده از کمپرسورهای رفت و بر گشتی(یک مرحله‏ای)

شکل(1):کمپرسور رفت و بر گشتی(پیستونی)دو مرحله‏ای با خنک‏ میانی

2-کمپرسورهای پیچی:( yeatoR wercS srosserpmoC )

کمپرسورهای پیچی دارای دو محور هستند که پره‏ای به صورت‏ مار پیچی( lacileH )در طول هر محور گسترده شده است.پره مار پیچی یکی از محورها (محور نر elaM rotoR ):به صورت تیغه در داخل پره مار پیچی محور دوم‏ (محور ماده elameF rotoR ):به صورت شیار قرار می‏گیرد.هر دو محور در داخل‏ محفظه‏ای( rotatS )قرار دارند و در خلاف جهت یکدیگر دوران می‏کنند.طراحی‏ پره‏های مار پیچی محورها(تیغه و شیار)به گونه‏ای است که فضای بین آنها در جهت طولی محورها(به سمت نقطه خروجی کمپرسور)کوچک‏تر می‏شود.به‏ این ترتیب هوایی که از نقطه ورودی وارد فضای بین پره‏های مار پیچی روتورها و محفظه استاتور می‏شود به دام افتاده،با چرخش روتورها به جلو هدایت شده‏ و رفته رفته با کوچک‏تر شدن فضای موجود فشرده شده و از نقطه خروجی‏ کمپرسور تخلیه می‏شود.

چرخش محورهای مار پیچی در داخل هم در محفظه تراکم کمپرسور و همچنین عملکرد یاتاقان‏ها نیازمند روانکاری با روغن است.روغن مورد استفاده‏ برای روانکاری،قسمت عمده حرارت تولیدی ناشی از تراکم هوا(تا 75 در صد) را در خود ذخیره می‏کند و به علاوه باعث هوابندی فضای بین روتورها و استاتور و همچنین فضای ین پره‏های مار پیچی روتورها می‏شود.هوای فشرده تولیدی‏ به این روش همراه با ذرات روغن از کمپرسور خارج شده و پیش از مصرف، ذرات روغن آن فیلترهایی گرفته می‏شود.

انواع دیگری از کمپرسورهای پیچی وجود دارند که نیازی به روانکاری‏ با روغن ندارند.

جدول(4)مزایا و معایب استفاده از کمپرسورهای پیچی را از لحاظ عملکردی ومصرف انرژی نشان می‏دهد.

شکل(2):کمپرسور پیچی یک مرحله‏ای با روانکاری روغن

3-کمپرسورهای تیغه‏ای( gnidilS enaV rosserpmoC ):

در کمپرسورهای پره‏ای یا تیغه‏ای،یک محور استوانه‏ای‏ دوران می‏کند.مرکز دوران روتورها و استاتور با یکدیگر متفاوت بوده و بنا بر این روتور در داخل استاتور حرکت دورانی لنگی خواهد داشت. بر روی روتور شیارهایی به صورت شعاعی تعبیه می‏شود و پره یا تیغه‏هایی در داخل شیارها قرار می‏گیرد.نیروی‏گریز از مرکز حاصل‏ از دوران روتور باعث می‏شود تیغه‏ها در داخل پیارها به سمت‏ خارج از مرکز تا سطح استاتور بلغزند.به این ترتیب هوای ورودی‏ به کمپرسور در فضای بین روتور،تیغه‏های روتورو استاتور محبوس‏ می‏شود.با دوران نا هم محور روتور و استاتور کمتر می‏شود تا اینکه هوای‏ فشرده در نقطه تخلیه،از کمپرسور خارج شود.

جدول(5)،مزایا و معایب استفاده از کمپرسورهای تیغه‏ای را از لحاظ عملکردی و مصرف انرژی نشان می‏دهد.

جدول(5):مزایا و معایب استفاده از کمپرسورهای تیغه‏ای

4-کمپرسورهای سانتریفوژ( lagufirtneC srosserpmoC )

کمپرسورهای سانتریفوژ در واقع توربو-ماشین‏هایی هستند که با چرخش بسیار سریع،دائمی و یکنواخت یک یا چند پروانه در آنها،هوای‏ ورودی که کمپرسور شتاب گرفته و فشار آن تا حدودی افزایش می‏یابد. بخش دیگری از میزان افزایش فشار هوا در کمپرسورهای سانتریفوژ هنگام‏ عبور از دیفیوز یا پره‏ها خروجی حاصل می‏آید.

جدول(6)،مزایا و معایب استفاده از کمپرسورهای سانتریفوژ را از لحاظ عملکردی و مصرف انرژی نشان می‏دهد.

شکل(4)کمپرسورهای سانتریفوژ

به لحاظ نظری،کمترین مقدار انرژی لازم برای تولید هوای فشرده با فشار 8 rab ،حدود 0/360 hwK / m است.با این وجود در کاربردهای صنعتی، مقدار ویژه‏ای انرژی یک سیستم هوای فشرده مطلوب در محدوده 0/80 3 hwK / m تا 0/321 hwK / m قرار دارد.