

مقدمه

تاریخچه نفت و گاز

همچنانکه می دانیم رشد تقاضا جهت مصرف انرژی در هر کشور تابعی از سطح زندگی و رفاه عمومی مردم و تجهیزات و امکانات موجود جهت تولید و رفع نیازهای آنان می باشد. امروزه ۷۵ درصد انرژی مورد نیاز جهان از نفت و گاز تامین می شود. در نتیجه مصرف روزافزون انرژی و در نتیجه رشد تقاضای آن از یک سو و رو به پایان بودن منابع نفتی در آینده ای نزدیک از سمتی دیگر و با عنایت به جایگاه ایران در بین کشورهای دارای منابع غنی گاز طبیعی اهمیت این صنعت رو به رشد بیشتر نمایان می گردد. ایران با داشتن ۲۸ تریلیون متر مکعب تقریباً معادل ۱۸ درصد ذخایر ثابت شده گاز جهان را در اختیار دارد و به عنوان دومین کشور بزرگ دارنده گاز طبیعی مطرح است. در این میان روسیه با داشتن ۳۰ درصد، اولین کشور و پس از ایران نیز کشورهای قطر با ۹ درصد، امارات ۴ درصد و عربستان سعودی با ۳/۷ درصد و... قرار دارند.

تشکیل نفت و گاز

در برخی کتب قدیمی، نشت گاز طبیعی از زمین البته بدون دانستن ماهیت آن آمده است. گواه این مشاهدات شعله ور شدن گاز بیرون آمده از زمین، توسط رعد و برق می باشد که سبب ترس و البته تعجب فراوان مشاهده کنندگان بوده و طبیعتاً با خرافات همراه می شده است. آتش جاویدان باکو در سواحل دریای مازنداران و شعله های آتش درون زمین در کوه پاراناسوس، سالها قبل از میلاد مسیح از مصادیق بارز این مشاهدات است. اگر چه در تاریخ استفاده از این سوخت، جهت تقطیر آب دریا در چین نیز آمد است. ولی گاز طبیعی در مقیاس صنعتی اولین بار در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم میلادی در امریکا مورد استفاده قرار گرفت. نفت، گاز و ذغال سنگ قسمت عمده ای از نیازهای انرژی بشر را از زمانهای گذشته تا کنون تامین نموده اند.

از آنجاییکه این مواد از باقی مانده فسیل جانوران و گیاهان بوجود آمده اند به آنها سوخت های فسیلی گویند. این مساله طی میلیونها سال پس از اینکه بقایای جانوران و گیاهان به اعماق اقیانوس ها رانده شد بتدریج تجزیه شده و بصورت عناصر آلی درآمده و بر اثر فشار و گرمای درونی زمین به نفت و گاز تبدیل شده و در مخازن زیر زمینی در عمق سه تا چهار هزار متری و با فشار چند صد متری ذخیره می گردند.

برای اکتشاف گاز از دریا، از انفجار هوای فشرده استفاده می شود. امواج این انفجار به بستر دریا رسیده و متخصصان از طریق دریافت انعکاس این امواج پی به وجود مخازن نفت و گاز می برند. البته بهترین روش های اکتشاف نیز صرفاً احتمال وجود نفت و گاز را به ما نشان می دهد بنابراین مطمئن ترین راه برای اطمینان از وجود نفت و گاز حفاری است.

نفت و گاز در لایه های زیرین زمین تشکیل شده و مقداری از آن در نتیجه حرکت در لایه های سنگی از بین می رود و صرفاً قسمتی از آن که در میان برخی لایه های مخصوص محبوس شده اند قابل استفاده اند. به این لایه های حاوی نفت و گاز میدان گاز و نفت گویند.

امروزه نفت و گاز نقش مهم و انکار ناپذیری در تامین انرژی جهان دارند. با توجه به محدود بودن منابع نفتی و مزایای متعدد سوخت گازی، نقش گاز پر رنگ تر گردیده به طوری که منابع گازی جای خود را در جهان به عنوان یکی از منابع اصلی تامین انرژی بیش از پیش باز نموده است.

شرکت ملی گاز ایران نیز در سال ۱۳۴۴ تاسیس و اولین خط لوله سراسری به قطرهای ۴۲ و ۴۰ در سال ۱۳۴۹ شمسی جهت انتقال گاز ایران به کشور شوروی سابق از پالایشگاه بیدبلند تا آستارا کشیده شد و هزینه این لوله کشی و ایستگاههای تقویت فشار روی آن به همراه هزینه احداث کارخانه های ذوب آهن اصفهان و ماشین سازی اراک توسط صادرات گاز به این کشور پرداخت گردید.

انتقال گاز

سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن به علت دارا بودن خواص خوردندگی، شن و ماسه، آب شود و نیتروژن از ارزش حرارتی گاز، پالایشگاهها وظیفه تصفیه این ناخالصی ها را به عهده دارند. می دانیم که گاز برای حرکت از نقطه ای به نقطه دیگر به اختلاف فشار نیاز دارد. یعنی گاز از نقطه با فشار بیشتر به نقطه با فشار کمتر خواهد رفت. البته گاز پس از استخراج دارای فشار بالایی گاه تا $PSI 1300$ می باشد ولی در طی مسیر خود باید از مناطق کوهستانی و پستی و بلندیهای زیادی عبور کند و البته عبور از این مناطق نیازمند غلبه بر عواملی همچون افزایش ارتفاع، اصطکاک گاز درون لوله و اتصالات مربوطه می باشد.

طبق قانون برنولی و با در نظر گرفتن گاز طبیعی به عنوان گاز کامل خواهیم داشت:

کاهش فشار بین دو نقطه متناسب است با مجموع تغییرات سرعت، ارتفاع و افت فشار ناشی از اصطکاک گاز با خط لوله و اتصالات مربوطه. علاوه بر این انشعابات و مصارفی که در طول مسیر از خطوط لوله سراسری گرفته می شود باعث افت فشار می شود. ایستگاههای تقویت فشار گاز همچنان که از نامشان پیداست این افت فشارها را در طول مسیر جبران خواهند نمود. در ضمن گاز ماده ای تراکم پذیر بوده و می توان با افزایش فشار حجم آن را کاهش داد و در نتیجه حجم بیشتری از گاز را در شرایط استاندارد انتقال داد.

فشار خطوط سراسری بسیار بالا بوده (حدود $PSI 1300$ و نیازاست تا جهت مصرف کننده های خانگی این فشار شکسته شود بنابراین در مبادی ورودی شهرها و مراکز تقلیل فشاری وجود دارند که این فشار را کاهش دهند این کاهش فشار تا ورودی منازل ادامه دارد و در نهایت به حدود $PSI 4/1$ می رسد. محل احداث ایستگاهها بر اساس پارامترهای مختلفی تعیین می گردد ولی بطور متوسط در هر ۱۰۰۰ کیلومتر یک ایستگاه روی هر خط ساخته می شود.

جدول ۱: مشخصات پالایشگاههای گاز کشور

پالایشگاه	ظرفیت تولید گاز طبیعی (MMSCM/D)*	مکان	توضیحات
بیدبلند ۱	۲۵ و ۲۲	واقع در استان خوزستان در ۲۴ کیلومتری غرب بهبهان	جهت پالایش گاز میدان گازی آغاچاری و تغذیه خط اول سراسری

بیدبلند ۲(در حال ساخت)	۵۷	واقع در استان خوزستان در ۱۵ کیلومتری جنوب غرب بهبهان	به منظور پالایش گازهای حوزه پازنان، گچساران و بی بی حکیمه
مسجد سلیمان	۱	مسجد سلیمان	به منظور پالایش گاز همراه میدان نفت سفید
فجر	۱۱۰	در ۳۱۰ کیلومتری بندر بوشهر	به منظور پالایش گازهای میدان های گازی نار و کنگان و تغذیه خط دوم سراسری
پارسیان ۱	۵۵	جنوب استان فارس - شهرستان مهر	به منظور پالایش حوزه گازی تابناک که بزرگترین حوزه گازی شیرین کشور است.
پارسیان ۲	۴۱	جنوب استان فارس - شهرستان مهر	حوزه های دریافت گاز آن شانول، هما و ور اوی می باشد.
خانگیران (شهید هاشمی نژاد)	۴۴و۵	استان خراسان در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی سرخس	به منظور تفکیک و نم زدایی گاز ترش مخزن گازی مزدوران
واحد نم زدایی شوریجه (جمالی نیا)	۲و۳	استان خراسان در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی سرخس	به منظور تفکیک و نم زدایی گاز طبیعی مخزن شوریجه
واحد نم زدایی گنبدلی	۸و۵	استان خراسان در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی سرخس	به منظور تفکیک و نم زدایی گاز طبیعی مخزن گنبدلی
سرخون	۱۵	استان هرمزگان - ۲۵ کیلومتری شمال شرقی بندرعباس	به منظور پالایش گاز ترش حوزه گازی سرخون
واحد نم زدایی قشم (گورزین)	۲و۵	استان هرمزگان - قشم	به منظور تفکیک و نم زدایی گاز طبیعی حوزه گورزین
عسلویه**	۱۲۵	استان بوشهر - عسلویه	این پالایشگاهها در سه بخش و به منظور پالایش گازهای فاز ۱ تا ۵ تاسیس شده است و در حال حاضر خطوط سوم و چهارم سراسری را تغذیه می نماید.
ایلام	۶و۸	استان ایلام	جهت بهره - برداری از منابع گازی تنگ بیجار

*میلیون متر مکعب در روز با شرایط استاندارد (دمای ۱۵C و فشار PSIA ۱۴و۷)

Million standard cubic meter per day

** به دلیل وسعت میدان گازی پارس جنوبی طراحی فازهای منطقه عسلویه تا ۲۱ فاز انجام گرفته و تا فازهای ۹ و ۱۰ در مرحله ساخت است.

جدول ۲: محل ایستگاههای تقویت فشار گاز موجود بر روی خطوط سراسری

ایستگاههای خط لوله اول	ایستگاههای خط لوله دوم	ایستگاههای خط لوله سوم	ایستگاههای خط لوله چهارم (در دست ساخت)	ایستگاههای خط لوله آذربایجان	ایستگاههای ادامه خط لوله برای مناطق شمال	ایستگاههای خط لوله قشم - کرمان	ایستگاههای منطقه ۴ انتقال گاز	ایستگاههای خط لوله صادراتی
آغاجاری	کنگان	کنگان	پارسیان - لامرد	قزوین	چلونند	سرخون	رضوی	مرند
تنگه پیرزال	فراشبند	فراشبند	خیرگو- بوشهر	خرمدره	اردبیل	آب شیرین	فاروج	مرگلر
پتاوه	نورآباد	نورآباد	خنج - بوشهر	زنجان	سراب	حاجی آباد	قلعه جیق - گلستان	
دوراهان	پتاوه	پتاوه	جهرم - فارس	هشتروند	تبریز	سیرجان	نکا	
پل کله	دوراهان	دوراهان	خاوران - فارس				نور	
دهق	پل کله	پل کله	ارسنجان				رامسر	
نیزار	دهق	دهق	صفاشهر					
ساوه	نیزار	نیزار	آباده					
قزوین	ساوه	اراک	شهرضا					
رشت			تیران					

ترکیبات گاز طبیعی^۱

گاز طبیعی عمدتاً از هیدروکربورها، همراه با گازهایی مانند دی اکسید کربن (CO_2)، نیتروژن (N_2) و در بعضی از مواقع سولفید هیدروژن (H_2S) تشکیل شده است. بخش عمده هیدروکربورها را گاز متان (CH_4) تشکیل می دهد و هیدروکربورهای دیگر به ترتیب عبارتند از اتان (C_2H_6)، پروپان (C_3H_8)، بوتان (C_4H_{10})، پنتان (C_5H_{12}) و هیدروکربورهای سنگین تر، ناخالصی های غیر هیدروکربوری نیز مانند آب و دی اکسید کربن، سولفید هیدروژن و نیتروژن در گاز طبیعی وجود دارد. ارزش حرارتی هر متر مکعب گاز طبیعی تقریباً معادل ارزش حرارتی یک لیتر نفت سفید می باشد.

گاز شیرین:^۲ گاز شیرین گازی است که سولفید هیدروژن و دی اکسید کربن آن گرفته شده است.

¹ Natural gas
² SWEET GAS

مراکز استحصال گاز:

(۱) گاز غیر همراه^۳

گاز غیر همراه از میدانی که تنها تولید گاز از آنها به صورت اقتصادی امکان دارد استخراج می شود. به گاز استخراج شده از میدانی نفت میعانی که درصد گاز حاصله از هر بشکه هیدروکربورهای مایع شبکه خیلی زیاد است نیز گاز غیر همراه می گویند.

(۲) کلاهک گاز^۴

حجمی از لایه مخزن در اعماق زمین را کلاهک گاز و یا گنبد گاز^۵ نامیده اند که در آن گاز در بالای نفت جمع شود. معمولاً مرتفع ترین یا یکی از مرتفع ترین مناطق لایه مخزن محسوب می گردد. گاز کلاهک گاز به گازی گفته می شود که در کلاهک گاز محبوس شده باشد.

(۳) گاز همراه^۶

گاز همراه یا به صورت محلول در نفت خام است که در مراحل بهره برداری از نفت خام جدا می شود و یا به صورت جداگانه از نفت خام اشباع شده حاصل می شود.

خطوط لوله سراسری گاز کشور

با توجه به اینکه درصد بالایی از مصرف گاز در کشور ما مربوط به مصارف خانگی و صنعتی از قبیل نیروگاه ها و صنایع فولاد می باشد و در سال های اخیر قسمتی از گاز کشور به همسایگان ایران از جمله ترکیه صادر می شود لازم است گاز تولیدی به مناطق مصرف ارسال گردد. گاز تولیدی از طریق خطوط سراسری و انشعابات فرعی به قطب های صنعتی و شهرهای پرجمعیت از جمله تهران و نقاط مرزی جهت صادرات ارسال می گردد. بر اساس توافقنامه هایی که در سال ۱۳۴۴ شمسی بین ایران و اتحاد جماهیر شوروی به امضا رسید ایران در مقابل ساخت کارخانه ذوب آهن اصفهان و ماشین سازی اراک توسط شوروی تعهد کرد که به آن کشور گاز صادر کند. اجرایی شدن این پروتکل به ایجاد شرکت ملی گاز ایران در همان سال منجر شد و قرار داد فروش سالانه ده میلیارد متر مکعب گاز به شوروی در سال ۱۳۴۹ به امضای طرفین رسید و صدور گاز آغاز شد. پس از پیروزی انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۸ به دلیل عدم توافق ایران و شوروی بر سر قیمت، صادرات گاز قطع شد. بر اساس گزارش مدت اجرای قرار داد ۷۱ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی به شوروی صادر شده بود. پس از یک وقفه طولانی توافق بر سر قیمت دو کشور در سال ۱۳۶۹ قرار داد پانزده ساله ای برای صادرات گاز امضاء کردند و صادرات گاز به آن کشور دوباره از سر گرفته شد و تا زمان فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی در سال ۱۹۹۱ (۱۳۷۰ شمسی) ادامه یافت اما از آن زمان این خط لوله برای انتقال گاز به مناطق غربی و مصارف داخلی به کار گرفته شده است.

NON-Associated gas³Gas gap⁴Gas dome⁵Associated gas⁶

نخستین خط لوله سراسری گاز (IGAT I⁷) به طول ۱۱۰۰ km، قطر ۴۲ و ظرفیت ۴۶ میلیون مترمکعب در روز به همین منظور احداث شد تا گاز پالایشگاه بیدبلند را به آستارا در مرز شوروی سابق برساند.

خط لوله دوم سراسری گاز (IGAT II) به طول ۱۸۰۰ KM، قطر ۵۶ و ظرفیت ۱۱۰ میلیون متر مکعب در روز پالایشگاه کنگان به خطوط قزوین جهت مصرف منتقل می گردد.

خط لوله سوم سراسری گاز (IGAT III) به طول ۸۷۰ KM، قطر ۵۶ و ظرفیت ۱۱۰ میلیون مترمکعب در روز از فازهای ۱ تا ۵ پارس جنوبی و پالایشگاه گاز پارسیان تغذیه نموده و پس از عبور از استان های فارس و اصفهان به شهرهای ساوه و قزوین می رسد و در آینده به خطوط صادراتی آستارا متصل می شود.

در حال حاضر طول کل خطوط سراسری انتقال گاز به ۲۶۰۰۰ KM رسیده است و برنامه ریزی برای توسعه تا ۱۰ خط سراسری در دستور کار شرکت ملی گاز ایران قرار دارد.

در جدول به مشخصات خطوط سراسری پنجم تا دهم اشاره شده است.

⁷ Iranian gas turk line

جدول ۳: مشخصات خطوط لوله سراسری گاز ایران

ظرفیت اسمی (MMSCM/D)	مسیر و مقصد	طول خط KM	قطر	خط لوله
۹۵	از فازهای ۷ و ۸ پارس جنوبی به پالایشگاه گاز فجر و سپس به مقصد خوزستان و همچنین جهت تزریق گازهای ترش در چاه های نفت مناطق نفتخیز جنوب	۵۰۵	۵۶	پنجم
۱۱۰	از فازهای ۹ و ۱۰ پارس جنوبی برای صادرات به کویت و شاخه ای جهت مصارف داخلی در استان های غربی کشور	۶۰۷	۵۶	ششم (سراسری و فرامرزی)
۱۱۰	از عسلویه تا ایرانشهر با عبور از شهر بندرعباس جهت صدور به هند و پاکستان و مصارف داخلی استان سیستان و بلوچستان. ضمناً شاخه ای از این خط لوله جهت مصارف داخلی به استان کرمان وارد میگردد.	۲۲۰۰	۵۶	هفتم
۱۱۰	از عسلویه آغاز می شود و با گذر از کنار پالایشگاه پارسین گاز آنجا را نیز برداشت کرده و از سمت شرق استان فارس به اصفهان و مناطق مرکزی خواهد رفت.	۱۲۶۰	۵۶	هشتم
۱۱۰	در ادامه خط ششم سراسری برای انتقال گاز عسلویه به مرز بازرگان احداث خواهد شد این خط مسئولیت تامین گاز استان های لرستان، کرمانشاه و کردستان و در نهایت تزریق گاز به مبادی صادراتی رابرهده دارد	۱۸۶۳	۵۶	نهم
۹۰	این خط از پالایشگاه فجر آغاز می شود و به پتاه و استان کهگیلویه و بویراحمد و در نهایت به سمت شمال ادامه می یابد.	۵۰۰۰	۵۶	دهم

فصل ۱

آشنایی با ایستگاه

اتصال ایستگاه با خط سراسری

شماره گذاری قسمتهای مختلف ایستگاه

ساختمان های ایستگاه

مرکز تقلیل فشار

محوطه pig launcher, receiver

قسمت تخلیه گاز

ستون های برقگیر

فصل اول

آشنایی با ایستگاه

این فصل جهت آشنایی خواننده محترم با شمایل کلی ایستگاه اعم از نحوه اتصال آن به خط و یا نحوه قرارگیری ساختمان ها و تجهیزات مختلف آن در کنار هم و کاربری آنها گردآوری گردیده است.

اتصال ایستگاه با خط سراسری

خطوط سراسری به وسیله دو شیر اصلی به ورودی و خروجی ایستگاه متصلند. معمولاً این دو شیر ارتباط بین خط و ایستگاه را برقرار می نمایند ولی در صورتیکه یک ایستگاه به دو خط سراسری متصل باشد علاوه بر دو شیر فوق در ورودی و خروجی خط، دو شیر دیگر نیز در ورودی و خروجی ایستگاه نصب می شوند و مابین شیرهای ایستگاه و خط، اتصالات مربوط به ارتباط ایستگاه با دیگر خطوط تعبیه می گردند. ضمن اینکه خطوط سراسری علاوه بر دو شیر جهت ارتباط با ایستگاه مجهز به شیر دیگری با عنوان شیر بای پاس⁸ هستند و در صورتیکه بنا به هر دلیلی نیازی به استفاده از ایستگاه نباشد و یا ایستگاه با ESDI⁹ متوقف گردد، این شیر باز بوده و در غیر این صورت و در زمان کارکرد ایستگاه بایستی بسته باشد. همچنین خطوط سراسری به وسیله لوله ها و اتصالاتی می توانند به یکدیگر متصل شوند.

شماره گذاری قسمتهای مختلف ایستگاه

جهت شناسایی بهتر و نامگذاری تجهیزات و ابزار آلات مربوطه در ایستگاههای جدید، معمولاً قسمتهای مختلف ایستگاه را با یک عدد ۶ رقمی نشان می دهند. در این نامگذاری به ترتیب از سمت چپ رقم اول نشانگر ایستگاه و رقم دوم و سوم نشانگر نام واحد می باشد. رقم چهارم نمایانگر نام تجهیز و ارقام پنجم و ششم، شماره تجهیز را نشان می دهند.

ساختمان های ایستگاه

اتاق کنترل

اتاق کنترل که محل استقرار بهره برداران نیز می باشد اتاقی است که توان کنترل تجهیزات ایستگاه و توروبوکمپرسورها را به وسیله دریافت تمامی اطلاعات فرستاده شده توسط حسگرها به بهره برداران خواهد داد. اغلب تجهیزات فنی جهت کنترل و جمع آوری اطلاعات در اتاق کنترل جمع آوری می گردند. تجهیزاتی که در اتاق کنترل وجود دارند عبارتند از:

- سیستم (SCS¹⁰) و نمایشگر مربوطه که کنترل کل ایستگاه بوسیله این سیستم انجام می گردد.

⁸ By pass valve

⁹ Emergency shut down

¹⁰ Station control system

- سیستم (ESD)^{۱۱} که کنترل shut down و شیرهای آن (ESDV)^{۱۲} را به عهده دارد.
 - پنل MIMIC که در آن شماتیک عملکرد کلی ایستگاه با دیودهای رنگی مشخص است در ضمن دکمه کلیه توقف های اضطراری نیز روی آن نصب شده است. از روی این پنل می توان پارامترهای مختلف ایستگاه را غیر فعال نمود.
 - سیستم (UCP)^{۱۳} و نمایشگر مربوطه که کنترل هر واحد توربوکمپرسور را به عهده دارد. تمامی پارامترهای متعلق به توربین گاز از طریق مانیتور این سیستم قابل کنترل و نظارت می باشد.
 - سیستم (f&G)^{۱۴} که وظیفه تشخیص آتش و گاز را به عهده دارد. حسگر ها پس از تشخیص وجود گاز، دود و یا شعله، سیگنال مربوطه را به سیستم فوق ارسال نموده و بصورت آلام در اتاق کنترل ظاهر می شوند. معمولاً هر حسگر ناحیه خاصی از ایستگاه را نشان می دهد. که هم روی تابلوی مخصوص سیستم و هم در مانیتور SCS قابل مشاهده است.
 - سیستم (PMS)^{۱۵} و نمایشگر مربوطه که سیستم برق ایستگاه را کنترل و اداره می کند. تمامی بریکرها در قسمت ولتاژ قوی و ولتاژ ضعیف از طریق مانیتور این سیستم قابل کنترل اند.
 - سیستم (RTU)^{۱۶} که داده های مهم ایستگاه را به دیسپچر انتقال می دهد و در صورتیکه کنترل توربوکمپرسورها از روی پنل UCP و سیستم SCS روی حالت کنترلی REMOTE باشد، دیسپچر می تواند SET POINT پارامترهای زیر را تغییر دهد.
 - فلوی ایستگاه
 - حداقل فشار ورودی ایستگاه
 - حداکثر فشار خروجی ایستگاه
- بنابراین بهره بردار با سیستم های فوق می تواند اطلاعات ایستگاه و واحدها را هر لحظه مشاهده نموده و از طریق مانیتورهای مربوطه اقدام به اعمال کنترل ایستگاه نماید.

اتاق UPS

که تجهیزات مخصوص به آن و کلیه تجهیزاتی که نیاز به برق با فرکانس کنترل شده دارند در این اتاق نصب شده اند. طرز عمل سیستم فوق در گفتار تجهیزات جانبی و در قسمت برق ایستگاه توضیح داده شده است.

اتاق باتریها

باتریها در صورت قطع برق سراسری تا مدت زمان مشخصی (بسته به نوع طراحی آن) برق ایستگاه را تامین می نماید. این باتریها می توانند در انواع ۷۰VDC, ۱۱۰VDC, ۲۴۰VDC باشند که در هر ولتاژ باتریها بصورت سری می باشند. باتریهای ۴۴۰ ولت پس از تبدیل به برق AC جهت مصارف واحد و باتریهای ۱۱۰ ولت برای تابلوهای

¹¹ Emergency shut down

¹² ESD Valve

¹³ Unit control system

¹⁴ Fire& gas hetector

¹⁵ POWER MANAGEMENT SYSTEM

¹⁶ REMOTE TERMINAL UNIT

فرمان و روشنایی اضطراری ونوع ۴۸ ولت آن در ورودی مدار کنترل واحد استفاده می شوند. طراحی این باتریها باید به گونه ای باشد که در صورت ادامه قطعی برق شبکه ، نیاز واحدها را تا پایان مدت زمان COOL DOWN تامین نماید.

اتاق برق فشار قوی^{۱۷}

برق با ولتاژ ۲۰ کیلو ولت وارد این اتاق شده و پس از ورود بوسیله بریکرهای مربوطه و گذر از ترانسها جهت کاهش ولتاژ تا ۳۸۰ ولت به اتاق ولتاژ پایین فرستاده می گردد. این بریکرها می توانند بصورت محلی و یا از طریق مانیتور PMS کنترل شوند.

اتاق برق فشار ضعیف^{۱۸}

این اتاق با نامهای^{۱۹} MCC (مرکز کنترل متورها) و یا سویچ گیر نیز شناخته می شود. برق پس از اتاق ولتاژ بالا با ۳۸۰ ولت از طریق ترانسها وارد شمش هایی با نام باس (bus) شده و مصرف کننده ها نیز از طریق بریکرهای مربوطه، برق مصرفی خود را تامین می نمایند. برخی استارترهای واحد نیز در این اتاق نصب شده اند.

اتاق MCC خنک کننده های گاز:

برق ۲۰ کیلو ولت از طریق دو عدد بریکر مستقیماً به سمت این اتاق رفته و در ورودی آن توسط ترانسهای مربوطه ولتاژ ۳۸۰ آن تامین می شود. در این اتاق بریکرها و استارترهای هر کدام از فن ها نصب شده اند.

اتاق مولد برق اضطراری

که مولد برق اضطراری و کلیه تجهیزات مربوطه اعم از نرم افزاری و سخت افزاری در آن نصب گردیده است. البته معمولاً خنک کننده های این مجموعه بیرون از اتاق نصبند. این مولد وظیفه تامین برق ایستگاه را در زمان قطع برق شبکه بعهدہ دارد.

اتاق کمپرسور هوای ابزار دقیق

که معمولاً شامل دو عدد کمپرسور هوا از نوع رفت و برگشتی و یا پیچشی، فیلترهای هوا و روغن، واحد خشک کننده جهت جدا نمودن رطوبت از هوا و کلیه شیرها و ابزار آلات مخصوص به خود می باشد و مخزن ذخیره آن نیز در کنار این اتاق قرار دارد.

¹⁷ HIGH VOLTAGE

¹⁸ LOW VOLTAGE

¹⁹ Motor control center

مرکز تقلیل فشار^{۲۰}

که وظیفه تامین گاز مصرفی سوخت توربین گاز، مولد برق اضطراری، بویلرها و گاز مصرفی ساختمان های ایستگاه را بعهده دارد. در صورتیکه از بویلر برای گرم کردن گاز استفاده شود اتاق بویلرها که معمولا شامل دو عدد بویلر و پمپ های مربوطه، مخزن استنباطی و شیرآلات و تجهیزات مخصوص اندازه گیری می باشد نیز در نزدیکی این مرکز وجود دارد.

محوطه توپک رانی pig launcher & receiver

پیگ (pig) وسیله ای است دورا که روی لبه های آن برس های تمیزکننده نصب شده است و با فشار گاز پشت آن حرکت می کند. سرعت پیگ معمولا حدود ۷ کیلومتر در ساعت است. حرکت پیگ درون لوله مارپیچ بوده و وظیفه آن تمیز کردن داخل لوله می باشد. برخی از انواع پیگ ها هوشمند بوده که هم مکان خود را گزارش داده و هم با ضبط تصاویر مشکلات به وجود آمده درون لوله مانند کاهش ضخامت و پوسیدگی و نشتی و... را مشخص می کند.

پیگ ها از قسمت launcher ایستگاه پرتاب شده و در قسمت receiver ایستگاه بعد دریافت می گردند. این کار بعهده کارکنان خط لوله بوده و بهره بردار صرفا اجازه کار را صادر می کند.

قسمت تخلیه گاز^{۲۱}

به منظور کاهش وقوع آتش سوزی و انفجار و یا هر وضعیت خطرناک دیگر طراحی می گردد. گازها بوسیله فرمان شیرهای تخلیه و توسط لوله های آن به محل تخلیه گاز هدایت می شوند. این محل باید در یک محوطه ایمن صورت گیرد که برای قسمتهای مهم ایستگاه مشکل ساز نباشد. برای انتخاب این قسمت باید جهت وزش باد نیز در نظر گرفته شود.

ستون های برقگیر:

برای جلوگیری از صدمات صاعقه این ستون ها در قسمتهای مختلف محوطه نصب می گردد.

²⁰ Gas reducer center
²¹ Vent stack

فصل ۲

فرایند

ارتباط خطوط سراسری انتقال گاز با ایستگاههای تقویت فشار

ارتباط خطوط مختلف در مجاورت ایستگاهها

تعویض خطوط:

فرایند:

تخلیه هوا و گازدار کردن لوله ها

هوازدایی خطوط لوله بوسیله گاز

فصل ۲

فرایند

رعایت شرایط زیر در طراحی لوله های ایستگاه، جلوگیری از خوردگی زودرس، آلودگی صوتی زیاد و محدودیت افت فشار را به همراه خواهد داشت.

۱) حداکثر سرعت مجاز گاز باید کمتر از 3.18 m/s باشد.

۲) میزان صدا در یک متری افقی و یک و نیم متری عمودی از منبع صدا برابر یا کمتر از 85 db باید در نظر گرفته شود.

۳) حداکثر مقدار pv^2 (توان دوم \times چگالی) نباید بیش از 14000 kg/ms^2 باشد.

۴) حداکثر افت فشار برای لوله های مستقیم بیش از 11 psi/km نباشد. افت فشار بیش از این نشان دهنده وجود اصطکاک زیاد درون لوله بر اثر خوردگی و زبری یا رسوب گرفتگی است. فشار طراحی سایر تجهیزات با توجه به قوانین زیر تعیین و تنظیم می گردد:

- اگر ماکزیمم فشار کاری بیشتر از 145 psig باشد فشار طراحی $1/1$ برابر آن خواهد بود.
- اگر ماکزیمم فشار کاری کمتر از 145 psig باشد آنگاه فشار طراحی معادل حاصل جمع ماکزیمم فشار کارکرد و $14/5 \text{ psig}$ خواهد بود.
- دمای تجهیزات با توجه به اصول زیر تنظیم گردیده است:
- ماکزیمم دمای طراحی برابر است با ماکزیمم دمای کاری به اضافه 30 درجه سانتی گراد به شرط اینکه کمتر از 85 درجه سانتیگراد نشود.
- از دو مقدار زیر هر یک که کمتر باشد برابر مینیمم دمای طراحی است:

الف: 10 - (مینیمم دمای کاری)

ب: مینیمم دمای محیط

ارتباط خطوط سراسری انتقال گاز با ایستگاههای تقویت فشار

هر خط انتقال گاز در مبادی ورودی ایستگاهها دارای یک شیر ورودی، یک شیر خروجی و یک شیر بای پاس ایستگاه می باشد که بهره بردار می بایستی نحوه عملکرد شیرهای مذکور را بداند. در صورتیکه ایستگاه بخواهد روی این خط کار کند باید شیرهای ورودی و خروجی باز و شیر بای پاس بسته باشد و در غیر این صورت شیرهای ورودی و خروجی بسته و شیر بای پاس را باز می گذارند تا جریان گاز بصورت آزاد و بدون فشار دار شدن در ایستگاه به مسیر خود ادامه دهد.

توجه به این نکته ضروری است که ایستگاههایی که در مجاورت ۲ و یا چند خط سراسری قرار دارند برای خود شیرهای ورودی و خروجی مجزا دارند. خطوط سراسری علاوه بر شیرهای فوق شیرهایی جهت دریافت و پرتاب پیگ دارند.

ارتباط خطوط مختلف در مجاورت ایستگاهها

هر ایستگاه تقویت فشار روی یک خط سراسری ساخته می شود ولی جهت بالا بردن انعطاف کاری ایستگاههایی که در مجاور هم روی خطوط موازی احداث شده اند ضمن برقراری ارتباط بین خطوط سراسری مجاور، ایستگاهها را نیز توسط شیرها و لوله هایی به یکدیگر مرتبط می نمایند تا در شرایط مختلف هر ایستگاهی بتواند بطور مجزا روی خطوط کار کند و یا اینکه دو ایستگاه با هم از یک و یا دو خط بصورت همزمان تغذیه شده و بنا به صلاحدید خروجی مجزا و یا مشترک داشته باشند.

تعویض خطوط:

یک اصل اساسی در رابطه با گازها این است که گاز همواره از نقطه با فشار بالاتر به سمت نقطه با فشار پایین تر خواهد رفت. عدم اشراف کامل به مصادیق عملی این اصل باعث بروز مشکلات عدیده ای، بخصوص در زمان تعویض خطوط خواهد شد. انواع حالتی را که یک ایستگاه می تواند با دو خط سراسری کار کند بصورت زیر است:

- ورودی از خط ۱ و خروجی به خط ۱
- ورودی از خط ۲ و خروجی به خط ۲
- ورودی از خط ۱ و خروجی به خط ۲
- ورودی از خط ۲ و خروجی به خط ۱
- ورودی از خط ۱ و خروجی به خط ۱
- ورودی از خط ۲ و خروجی به خط ۲
- ورودی از خط ۱ و خروجی به خط ۲
- ورودی از خط ۲ و خروجی به خط ۱

جهت تعویض خطوط فرمول واحدی نمی توان نوشت و این عمل در ایستگاههای مختلف اندکی متفاوت است ولی توجه به نکات زیر ضروری است:

۱) اول اینکه بهره بردار می بایست محدوده مجاز پارامترهای مهمی چون فلو، فشار، دما، دور و زمان باز

شدن شیر سرچ^{۲۲} واحد را بداند تا در زمان لازم تصمیم مناسبی بگیرد.

۲) از قبل مراحل کاری خود را چندین بار در ذهن مرور نماید و حالات احتمالی آینده را پیش بینی کند

تا در زمان مقتضی بداند ابتدا از کدام شیر شروع نماید و با باز و بسته نمودن شیرهای مذکور چه تغییراتی

در رابطه با فلو، فشار و دمای گاز عبوری از واحدها در انتظار ایستگاه است.

فرایند:

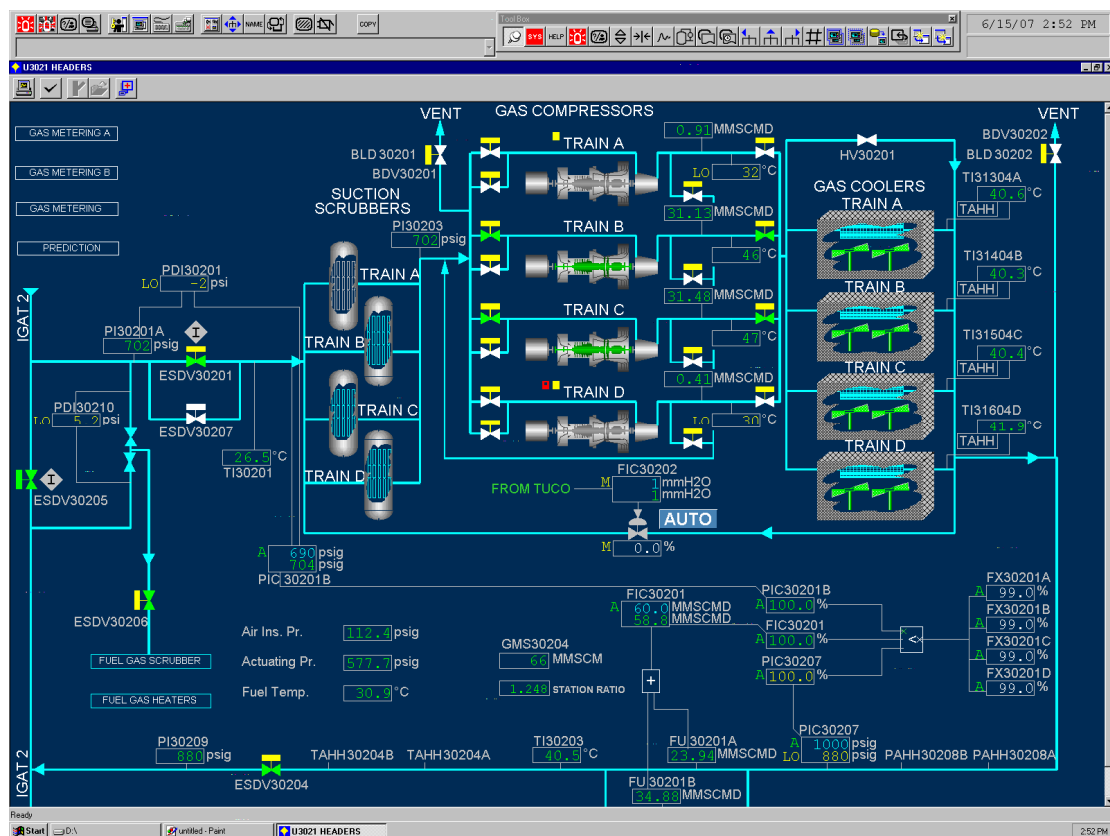
گاز پس از ورود از شیر ورودی خط سراسری و شیر ورودی ایستگاه به سمت هدر^{۲۳} ورودی اسکرابر^{۲۴} ها خواهد رفت. هدر دو خاصیت بارز دارد:

²² Anti surge valve
²³ header

- اول اینکه واحدهای مختلف همزمان و بطور مساوی گاز را دریافت می کنند.
 - دوم اینکه هدر، تلاطم و آشفته گی جریان گاز را می گیرد.
- سپس گاز، توسط شیرهای ورودی اسکرابرها به داخل آنها رفته و پس از تصفیه و پالایش توسط شیرهای خروجی اسکرابرها به هدر خروجی هدایت شده و از آنجا به سمت هدر ورودی واحدها می رود. معمولاً ایستگاهها علاوه بر شیرهای تخلیه گاز²⁵ در مراکز تقلیل فشار و خروجی هر واحد که در ادامه خواهد آمد، دو شیر تخلیه دیگر در محوطه ایستگاه دارند تا در شرایط اضطراری در کمترین زمان ممکن بتواند کاملاً گاز درون ایستگاه را تخلیه نمایند. یکی از این شیرها روی مسیری است که از هدر ورودی واحدها جدا شده و به محل تخلیه گاز می رسد. گاز از هدر ورودی واحدها توسط شیرهای ورودی هر کدام از واحدها جهت فشار دار شدن به کمپرسور گاز می رسد. این شیرهای ورودی هر کدام مجهز به یک شیر بای پاس پس نیز می باشند. در خروجی کمپرسور³ مسیر در پیش روست:
- اول که حالت معمول و نرمال آن است، گاز پس از عبور از شیر یکطرفه خروجی واحد، از شیر خروجی واحد نیز گذشته وارد هدر خروجی واحدها می شود.
 - دوم آنکه در شرایط ضروری که واحد به سرج نزدیک می شود و قبل از شیر خروجی واحد از طریق مسیر دیگری به سمت شیر ضد سرج رفته و پس از عبور از این شیر وارد هدر ورودی واحد می گردد. طول این مسیر در ایستگاههای مختلف متفاوت است ولی در همه آنها خروجی کمپرسور گاز به ورودی آن وصل می شود. البته در طراحی این مسیر توجه به دو نکته ضروری است:
- (۱) از آنجاییکه این مسیر در مواقع اضطراری و جهت تقویت فشار ورودی کمپرسور گاز بکار می رود لازم است هر چه سریع تر مقداری از گاز خروجی را به گاز ورودی رسانده تا فلو و فشار گاز ورودی بالا رفته و از سرج جلوگیری گردد.
- (۲) اگر این مسیر خیلی کوتاه باشد از آنجاییکه دمای گاز خروجی واحد بالاست، دمای گاز ورودی را نیز تحت تاثیر قرار داده و به دلیل چرخش مکرر گاز از ورودی به خروجی دمای گاز خروجی بصورت تصاعدی بالا می رود و در نهایت موجب توقف اضطراری واحد می گردد. بنابراین در حین در نظر گرفتن نکته اول می بایست به نکته دوم نیز توجه نمود و مسیری بینابین را برگزید.
- بهترین حالت استفاده از یک هدر مجزاست تا گاز پس از عبور از شیر ضد سرج وارد هدری که بین همه واحدها مشترک است شده و سپس به هدر ورودی واحدها برود تا در طی این مسیر فرصت تعدیل دما نیز وجود داشته باشد تا عملاً امکان استفاده از این مسیر وجود داشته باشد.
- مسیر سوم، مسیر تخلیه اضطراری واحد می باشد که گاز پس از خروج از کمپرسور گاز، توسط یک شیر تخلیه اضطراری وارد هدر تخلیه گاز واحدها شده و از نقطه ای بنام vent stack در اتمسفر رها می شود. این مسیر جهت حفظ امنیت و ایمنی در شرایط نزدیک به آتش سوزی و انفجار طراحی شده است.
- در نهایت گاز پس از عبور از شیر خروجی واحد وارد خروجی واحدها شده، جهت تعدیل دما به سمت واحد خنک کننده²⁶ می رود. در این مرحله نیز دو مسیر وجود دارد:

scrubber²⁴Blow down valve²⁵Gas cooler²⁶

- گاز وارد هدر ورودی خنک کننده شده و از طریق شیرهای ورودی که معمولاً به تعداد واحدهای آن می باشد توسط فن های تعبیه شده خنک می گردند و پس از عبور از شیرهای خروجی واحد خنک کننده به هدر خروجی آن می رود.
- در صورتیکه بنا به هر دلیلی نخواهیم گاز وارد خنک کننده شود توسط شیر بای پاس واحد خنک کننده از هدر ورودی به هدر خروجی می رود. پس از آن و قبل از خروج گاز از ایستگاه مسیری طراحی شده که طی آن خروجی واحد خنک کننده را توسط شیر کنترلی ریسایکل^{۲۷} ایستگاه به هدر ورودی اسکرابر متصل می نماید. این مسیر قدرت انعطاف ایستگاه را در شرایط مختلف بالا می برد. در صورتیکه این شیر کاملاً باز باشد قسمتی از فلوی خروجی ایستگاه به سمت ورودی کمپرسور گاز برمی گردد.
- معمولاً یکی از شیرهای تخلیه ایستگاه در خروجی واحد خنک کننده تعبیه می شود تا بتواند در شرایط مقتضی گاز قسمتهای خروجی را هر چه سریعتر تخلیه نماید.
- سپس معمولاً جهت اندازه گیری دقیق فلوی گاز، پس از گذر از اندازه گیری های دما و فشار و فلوی عبور از شیر یکطرفه خروجی ایستگاه از طریق شیر خروجی ایستگاه به سمت شیر خروجی خط سراسری رفته و وارد خط شده و با توجه به فشار کمتر در ورودی ایستگاه بعد به همان سمت می رود.



شکل ۲-۱: نمایی کلی از یک دستگاه تقویت فشار

تخلیه هوا و گاز دار کردن لوله ها

یکی از مهمترین کارهای یک بهره بردار گاز دار کردن ایستگاه است که مستلزم دقت و حساسیت بالایی است زیرا در کنار هم قرار گرفتن گاز و هوا بسیار خطرناک است.

روش های مختلفی برای گاز دار نمودن خطوط پیشنهاد می شود که از آن جمله اند:

- تزریق خود گاز بدون واسطه
- استفاده از یک سیال واسطه برای تخلیه هوا مانند CO_2 و N_2 .

مزایا و معایب استفاده از CO_2 :

نسبت به N_2 سنگین تر است در نتیجه پراکندگی و پخش آن کمتر است به همین دلیل با مقدار کمتری نسبت به N_2 می توان به نتیجه رسید توجه به این ضروری است که CO_2 نسبت به N_2 قابلیت حل شدن بیشتری در آب داشته و بنابراین خطوطی که دارای رطوبت زیادی باشد استفاده از N_2 بهتر است.

○ در لوله های با طول کم و در دمایی که مطمئناً تقطیر صورت نمی گیرد می توان از بخار آب به عنوان سیال واسطه جهت جلوگیری از ترکیب گاز و هوا استفاده می شود.

○ در جاهایی که خط لوله قبل از استفاده، بوسیله آزمایش هیدروستاتیک و برای یافتن نشتی کنترل می گردد استفاده از آب جهت تخلیه هوا بسیار مناسب می باشد. در ضمن بعد از این آزمایش خط لوله باید کاملاً از آب تخلیه و درون لوله خشک شود.

هوازدایی خطوط لوله به وسیله گاز

در این روش گاز با یک سرعت مجاز، هوا را از یک نقطه ایمن به بیرون لوله ها تخلیه می کند رعایت سرعت حد مجاز بسیار مهم بوده و عملاً همین عامل است که از ترکیب هوا و گاز در محدوده انفجار جلوگیری می نماید. حداکثر سرعت مجاز برای انجام این کار 3.18 M/S و حداقل آن 2 M/S می باشد و باید از بکار بردن سرعتی کمتر یا بیشتر از حد مجاز به شدت جلوگیری نمود.

جهت تخلیه هوای داخل لوله و گاز دار نمودن آن مراحل زیر باید طی شود:

- (۱) باز نمودن شیر تخلیه انتهای لوله
- (۲) باز کردن شیر ورودی گاز
- (۳) حفظ فشار خط به مدت کافی (۹۰ ثانیه به ازای هر کیلومتر خط لوله)
- (۴) بستن شیر ورودی گاز پس از طی زمان مناسب
- (۵) باز نگه داشتن شیر تخلیه انتهای لوله برای یک مدت زمان اضافی (۴۵ ثانیه به ازای هر کیلومتر خط لوله)

حال با خیال راحت می توان شیر تخلیه را بست و گاز را به خط لوله تزریق نمود.

فصل سوم

ایستگاه تقویت فشار

اجزای اصلی ایستگاه

توربوکمپرسورها

خنک کننده گاز

اجزای کمکی ایستگاه

سیستم تامین هوای ابزار دقیق ایستگاه

مرکز تقلیل فشار

سیستم گرم کننده گاز

برق ایستگاه

شبکه تخلیه هیدروکربن های مایع

فصل سوم

ایستگاه تقویت فشار

ایستگاههای تقویت فشار در جهت تامین فشار مورد نیاز برای انتقال گاز از نقطه ای به نقطه دیگر طراحی شده اند و برای انجام هدف نهایی خود از یک پروسه از پیش طراحی شده تبعیت می کنند این پروسه به تجهیزات و تاسیساتی نیاز دارد که این فصل به بررسی عملکرد آنها می پردازد.

توربوکمپرسورها، فشار گاز را افزایش داده و در نهایت باعث حرکت گاز در خطوط سراسری می شوند. در نتیجه برای حفظ و نگهداری بهتر و البته بالا بردن راندمان آنها، یک سری تجهیزات جانبی مانند اسکرابر ها و فن های خنک کننده و... وجود دارند که شرح آن در زیر آمده است. تجهیزات فوق الذکر، تجهیزات اصلی هستند که مستقیماً با فرایند فشرده سازی گاز در ارتباط می باشند. تجهیزات دیگری در ایستگاه وجود دارد که با نام تجهیزات کمکی شناخته می شوند. این تجهیزات از تجهیزات اصلی پشتیبانی کرده و زمینه کار را برای آنها فراهم می آورند. همچنین برخی دیگر از نیازها نیز توسط این تجهیزات مرتفع می شود. در ادامه به توضیح بیشتری در خصوص تاسیسات اصلی و کمکی پرداخته می شود.

اجزای اصلی ایستگاه

شیرهای ورودی، خروجی و بای پاس (BY – PASS):

خط لوله سراسری به یک شیر بای پاس مجهز شده است که از طریق آن می توان گاز را بدون وارد کردن در ایستگاه از خط لوله عبور داد. این شیر در زمان کار ایستگاه، بسته و در زمان توقف ایستگاه و یا به وجود آمدن اختلاف فشار کمتر از 50 psi دو طرف آن باز می گردد زیرا ممکن است در خط سراسری مشکلی مانند شکستگی لوله بوجود آمده باشد. برای باز کردن شیرهای ورودی باید اختلاف فشار بین دو طرف شیر به کمتر از 30 psi برسد (به منظور جلوگیری از آسیب به قطعات شیر و عکس العمل سریع آن). همه شیرهای ورودی دارای یک شیر بای پاس هستند که از آنها برای گاز زدن به تجهیزات استفاده می شود. شیرهای ورودی و خروجی و شیر بای پاس ایستگاه قادرند ایستگاه را از خط لوله جدا کنند.

اسکرابرها:

به منظور جلوگیری از ورود ذرات و قطرات کوچک مایع به کمپرسورهای گاز، اسکرابرها در نظر گرفته شده اند. گاز ورودی به ایستگاه از طریق هدر ورودی اسکرابرها توزیع شده و به تمیز کننده های گاز وارد می شود. اسکرابرها که معمولاً تعدادشان به تعداد واحدهای ایستگاه است بصورت موازی نصب می شوند. اسکرابرها انواع مختلفی دارند برخی انواع قدیمی تر، از صفحات فلزی مشبک جهت فیلتر کردن گاز استفاده می نمایند. بدین ترتیب که گاز از وسط اسکرابر وارد شده و در اثر برخورد با این صفحات ذرات جامد و مایع گاز به سمت پایین جریان یافته و از طریق شیر تخلیه به بیرون هدایت می شوند.

نوع دیگر این اسکرابرها از نوع سیکلو تیوبی^{۲۸} بوده و دارای مزایای زیر می باشند:

○ کارایی بالا در جذب و جدا سازی ذرات خارجی، بازدهی ۹۹٪. در جذب ذراتی که بزرگتر از ۱۰ میکرون هستند.

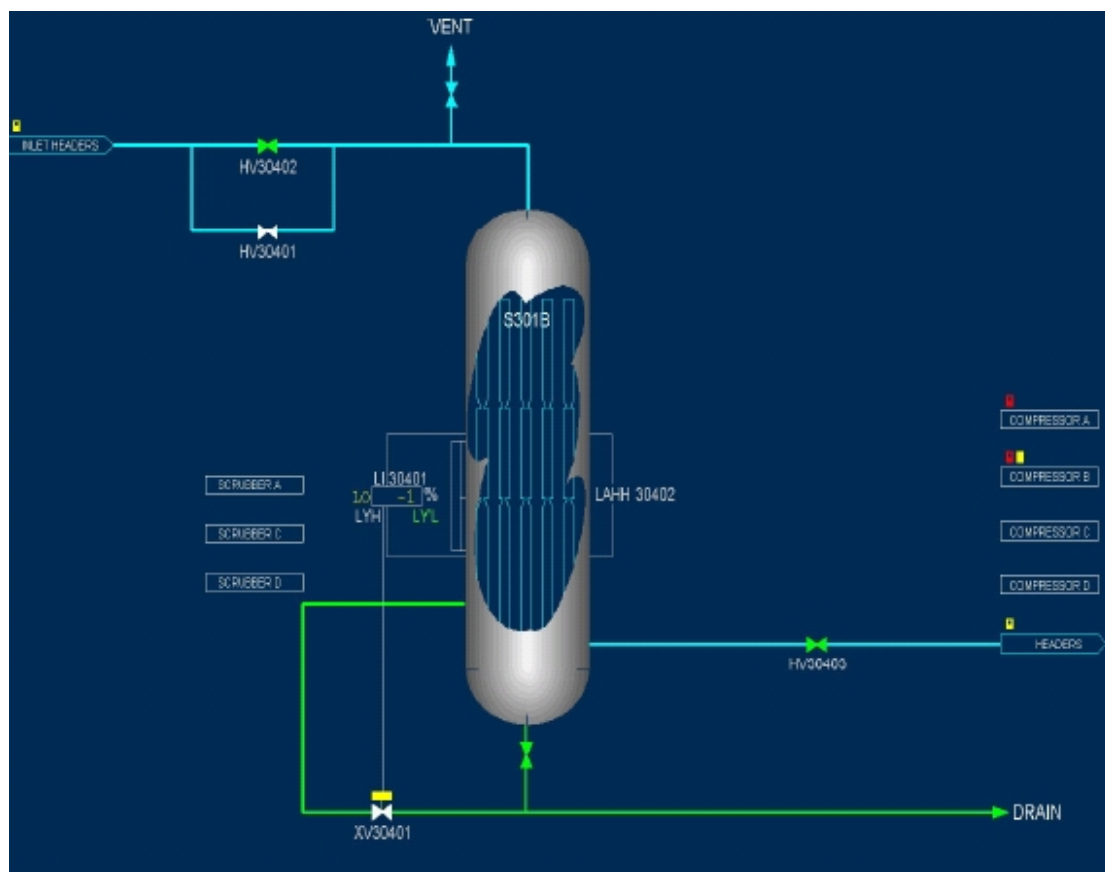
○ دارای هزینه تعمیراتی پایین بوده به طوری که خود تمیز کننده بوده و مصرفی نمی باشند.

○ بدلیل آنکه ذرات جامد توسط مایعات جذب می شوند گاز در این فیلترها دائمی و بدون مانع جریان دارد. گاز وارد شده به اسکرابر به وسیله سیکلو تیوپها دارای جریانی چرخشی می شود. این چرخش باعث ایجاد نیروی گریز از مرکز شده که در نتیجه آن ذرات و مایعات به طرف دیواره سیکلو تیوپ پرتاب می شوند. این ذرات سپس در طول دیواره تیوپ ها حرکت کرده و از دو خروجی (خروجی مرحله اول و دوم) که به منظور خارج شدن این ذرات در دیواره تیوپ ها تعبیه شده است خارج می شوند. ذرات جامد و مایعی که از تیوپ ها خارج شده اند در ته اسکرابر جمع شده و سپس توسط شیر تخلیه ای که در آنجا تعبیه شده است تخلیه میشوند. لازم به ذکر است که تخلیه این ذرات بر حسب سطح مایع جمع شده در ته اسکرابر صورت می گیرد. این سطح توسط سنسورهایی که سطح حداقل و حداکثر را تشخیص می دهند شناسایی شده و بر این اساس فرمان باز یا بستن به شیرهای تخلیه داده خواهد شد. مایعات جمع آوری شده از طریق شبکه تخلیه هیدروکربن ها به سمت چاه تخلیه هدایت می گردند.

در برخی اسکرابرها در جهت بالا بودن بازده و نتیجه بهتر علاوه بر عمل چرخش گاز داخل مخزن، جداسازی ذرات، بوسیله فیلترهای عمودی که بصورت لوله نصب شده اند انجام می گیرد تا عمل تصفیه بهتر انجام گیرد تا عمل تصفیه بهتر انجام گیرد. ضمن اینکه برای اطمینان از جذب ذرات جامد و مایع باقی مانده در قسمت خروجی لایه ای توری مانند نصب می شود تا این مقدار ذرات باقی مانده را نیز به دام اندازد.

علاوه بر سیستم فیلترینگ اسکرابرها معمولاً در ورودی کمپرسور گاز از یک نوع فیلتر با نام **strainer** استفاده می شود تا مانع از ورود ذرات ریزی که از اسکرابر عبور کرده اند به داخل کمپرسور گاز شود.

✓ در نظر گرفتن اختلاف فشار دو طرف **strainer** از وظایف روزانه بهره بردار می باشد.



شکل ۳-۱: نمای شماتیکی از یک اسکرابر گاز

شیرهای ورودی و خروجی اسکرابرها در زمان مورد نیاز آنها را از خط لوله سراسری و ارتباط با کمپرسورهای گاز جدا می کند. علاوه بر این شیر تخلیه گاز نیز در انتهای هدر ورودی در نظر گرفته شده است تا در زمان های مورد نظر و اضطراری بتوان در سریع ترین زمان ممکن گاز را تخلیه نمود. ضمن اینکه هر اسکرابر نیز مجهز به یک شیر تخلیه گاز دستی می باشد که به شبکه تخلیه گاز متصل می باشد.

به منظور محافظت از اسکرابر در فشارهای بالا یک شیر اطمینان فشار^{۲۹} در بالای اسکرابر در نظر گرفته شده است. البته این شیر در صورتیکه فشار گاز اسکرابر بیش از حد بالا رود نیز عمل کرده و مقداری از گاز اضافی را تخلیه می نماید. نحوه نصب این اسکرابرها به گونه ای است که بدون توقف ایستگاه بتوان آنها را تعمیر و نگهداری کرد. وظایف بهره بردار در مورد اسکرابرها:

- ✓ بازدید روزانه
- ✓ در نظر داشتن اختلاف فشار دو طرف اسکرابر
- ✓ مسلط بودن به نحوه باز و بسته کردن شیرهای ورودی و خروجی و شیر تخلیه گاز و مایعات هیدروکربنی

توربو کمپرسورها

گاز تصفیه شده در اسکرابرها وارد هدر ورودی واحدها شده، جهت افزایش فشار از طریق شیر ورودی واحد به سمت کمپرسورهای گاز که بطور موازی نصب شده اند می رود.

²⁹ Pressure safety valve

هر واحد توربوکمپرسور را می توان به دو بخش توربین گاز و کمپرسور گریز از مرکز گاز تقسیم نمود که در زیر به طور مختصر از آنها و تجهیزات مربوطه می پردازیم.

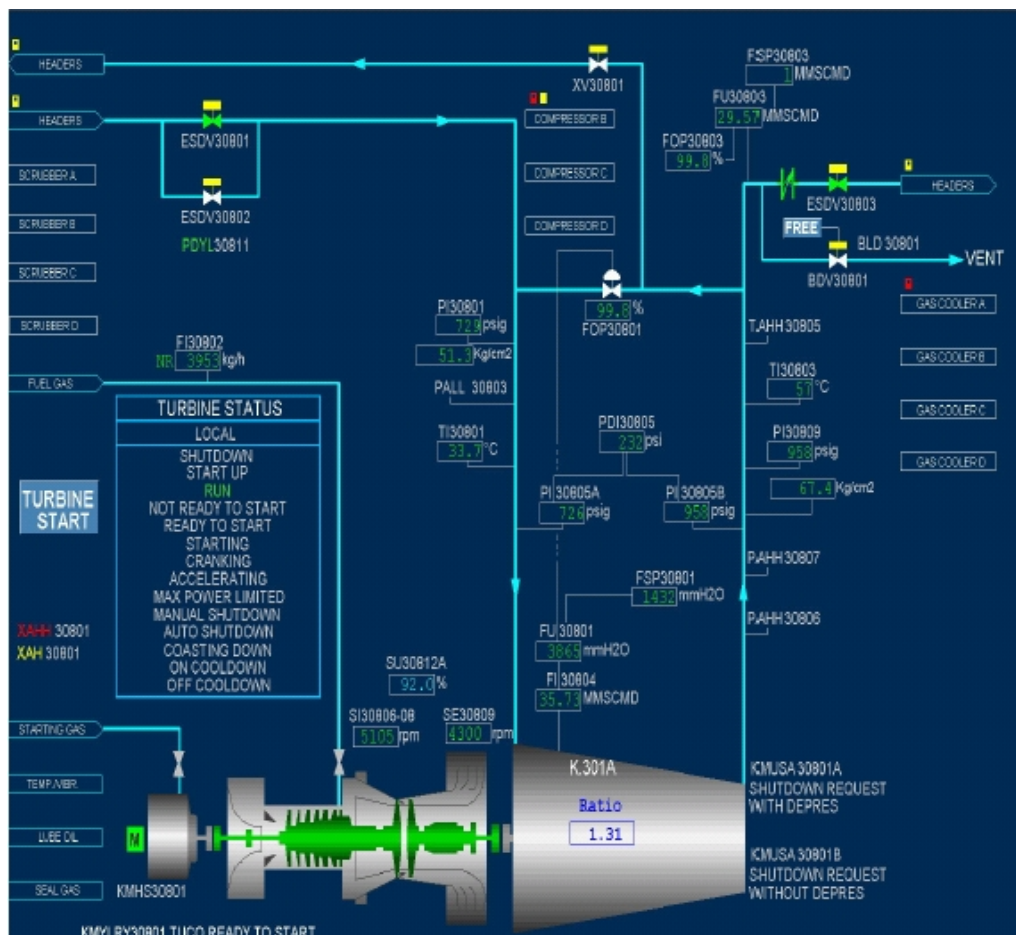
هر واحد در این بخش از قسمت های زیر تشکیل شده است:

(۱) یک توربین گازی (توربوکمپرسور) به عنوان محرک، همراه با سیستم های کمکی آن شامل: روغن روغنکاری، خنک کننده روغن، فیلتر هوای ورودی، سیستم آگروز، سیستم کنترل و....

(۲) یک کمپرسور گاز از نوع گریز از مرکز

(۳) یک خط برگشت گاز به منظور جلوگیری از سرچ کمپرسور گاز

هر توربین گاز از دو مجموعه پره مستقل تشکیل شده است. به توربین مرحله اول توربین فشار قوی (HPT^{30}) گفته می شود که به روتو کمپرسور هوا متصل بوده و آن را می چرخاند و در ضمن باعث چرخش شفت تجهیزات فرعی نیز می شود. توربین مرحله دوم یا توربین فشار ضعیف (LPT^{31}) نیز کمپرسور گاز را می چرخاند. طراحی دو مرحله ای توربین ها موجب عملکرد دو توربین در دورهای مختلف و دلخواه شده در نتیجه می توان بارگذاری دلخواهی را بر روی کمپرسور گاز نمود.



شکل ۲-۳: نمای شماتیکی از یک توربوکمپرسور

هر توربوکمپرسور دارای یک سیستم روغنکاری یکپارچه شامل: پمپ های روغن، فیلترها، سیستم حفاظت در برابر دمای بیش از حد، تانک ذخیره روغن و یک خنک کننده روغن که در خارج از توربوکمپرسور قرار دارد می باشد.

³⁰ HIGH PRESSURE TURBINE
³¹ LOW PRESSURE TURBINE

علاوه بر موارد فوق هر توربوکمپرسور دارای فیلتر هوای ورودی خود تمیز کن، شیر آنتی سرج مجزا، عایق های صوتی^{۳۲} در خروجی به منظور به حداقل رساندن سر و صدا و راهروها و نردبان هایی برای بازدید و چک کردن واحد می باشد.

هر مجموعه توربو کمپرسور دارای یک پردازشگر می باشد، که اساس سیستم کنترل را تشکیل داده و به نام پانل کنترل واحد (UCP) شناخته می شود. این پانل به منظور حفاظت، نمایش و کنترل پارامترهای وابسته به واحدها به طور کامل تجهیز شده است. بر روی هر واحد یک شیر کنترلی ضد سرج به منظور حفاظت از کمپرسور در مقابل پدیده خطرناک سرج نصب شده است.

خط ضد سرج، خروجی و ورودی کمپرسور را از طریق یک خط لوله ارتباط می دهد که در آن فلوی خروجی کمپرسور به ورودی متصل می شود. ابتدای استارت، شیر ورودی باز می شود ولی شیر خروجی تا رسیدن به دور خاصی بسته می ماند و گاز از طریق شیر آنتی سرج از خروجی به ورودی می رود. سرج پدیده خطرناکی است که در صورت کمبود فلو با توجه به دور توربین، بوجود آمده و در صورت وقوع موجب لرزش های شدید کمپرسور و در نتیجه توربین خواهد شد سیستمهای حفاظت توربین در صورت نزدیکی به شرایط سرج به صورت اتوماتیک به شیر آنتی سرج فرمان باز شدن خواهد داد تا فشار و در نتیجه فلوی ورودی را تقویت کرده و از بروز این پدیده خطرناک جلوگیری نماید. در صورتیکه به هر دلیلی این شیر نتواند از سرج جلوگیری کند و یا در سرویس نیاید سیستمهای حفاظت از واحد، فرمان توقف اضطراری را خواهند داد. در تمام طول کار کمپرسور، دمای گاز ورودی و خروجی کمپرسور به منظور جلوگیری از بیش از حد گرم شدن کمپرسور اندازه گیری و کنترل می شود. در کمپرسورهای گاز از سیستم آب بندی گازی به منظور آب بندی کمپرسور و در توربین گازی از سیستم هوا برای آب بندی و خنک کاری استفاده می شود.

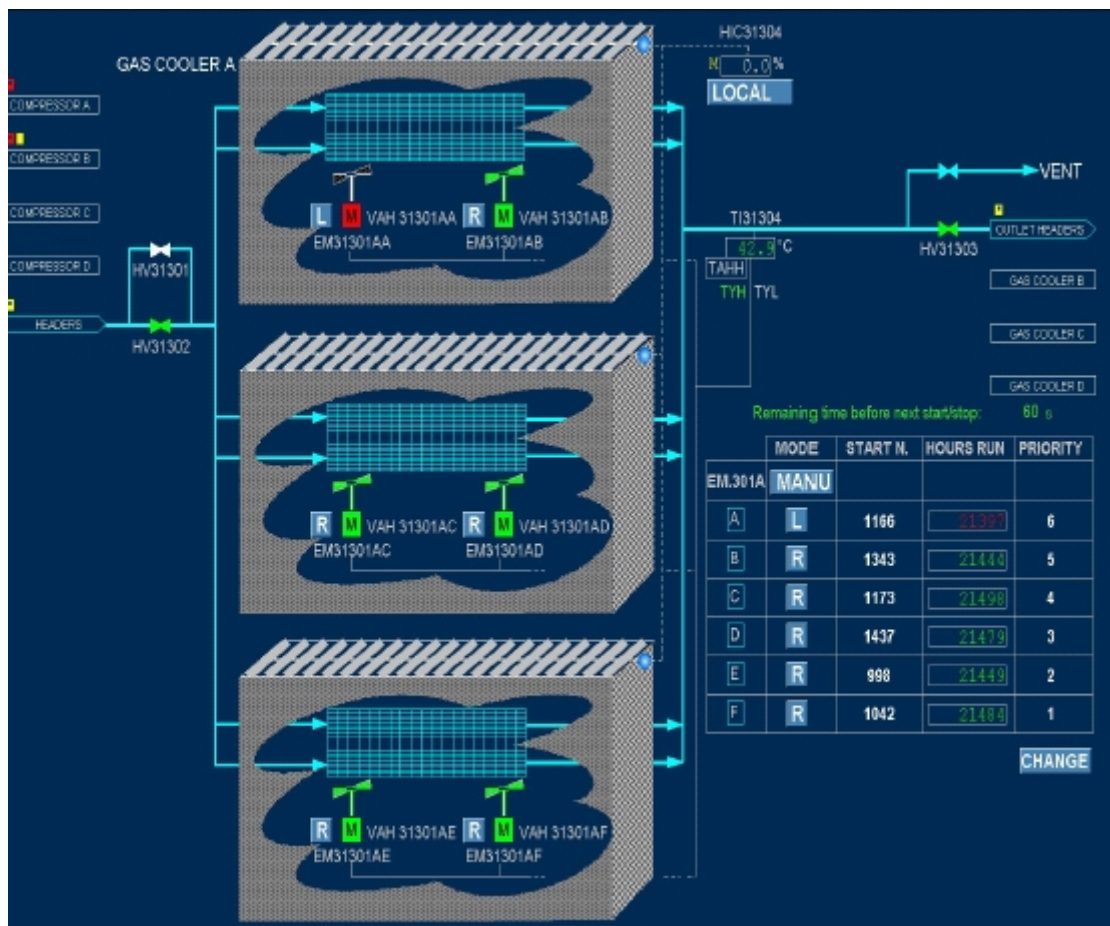
در حالت استارت و توقف واحدها (توقف بصورت اضطراری و عادی)، مراحل تخلیه گاز، از طریق UCP صورت می پذیرد. در حین استارت واحدها به منظور گاز دار کردن کمپرسورها از شیر بای پاس شیر ورودی استفاده می شود.

به دنبال توقف هر واحد از توربوکمپرسورها، شیرهای ورودی و خروجی واحدها بسته، شیر ضد سرج باز و شیر سوخت توربین نیز بسته می شود. در صورتی که یک توقف اضطراری به همراه فشار زدایی اتفاق افتد، علاوه بر موارد فوق گاز زدایی واحدها از طریق یک شیر تخلیه که در بالا دست شیر خروجی کمپرسور قرار دارد بطور اتوماتیک انجام می گیرد. به دلیل محدودیت های خط لوله سراسری و البته مقاومت اتصالات توربوکمپرسور در خروجی هر کمپرسور چند اندازه گیر فشار مستقل به منظور جلوگیری از افزایش فشار بیش از حد کمپرسور نصب شده است.

خنک کننده گاز

گاز پس از فشار دار شدن و گذر از شیر خروجی واحد، وارد هدر خروجی واحدها شده سپس به سمت هدر ورودی خنک کننده هدایت می شود تا به دمای مطلوب برسد. به دلیل محدودیت های موجود در مترال خط لوله سراسری و البته بالا بردن راندمان گاز فشرده خروجی واحدها را خنک می کنند.

این سیستم به چند قسمت مختلف جهت خنک کردن گاز خروجی از کمپرسورها مجهز شده است. هر قسمت آن شامل چند فن خنک کننده است. تعداد قسمتها و در نهایت فن ها به تعداد توربو کمپرسورها و البته شرایط محیطی منطقه ای که ایستگاه در آن قرار دارد بستگی دارد.



شکل ۳-۳: نمای شماتیکی از خنک کننده های گاز

کولرهای گاز از نوع جریان اجباری می باشند. حداکثر دمای خروجی مجاز در حدود ۵۰°C (بسته به شرایط منطقه) می باشد، که بوسیله یک عدد ترانسمیتر دما که در خروجی هر قسمت واحد خنک کننده نصب شده کنترل و بر همین اساس هم فن ها بصورت اتوماتیک روشن و خاموش می شوند. این کولرها در دو حالت اتوماتیک و دستی قابل استفاده هستند.

در حالت اتوماتیک دمای پایین دست کولرهای گاز از طریق یک اندازه گیر دما اندازه گیری و کنترل شده و بر اساس این مقدار فرمان استارت یا توقف موتورهای الکتریکی فن ها به سوئیچ های آنها فرستاده می شود. به منظور کارکرد یکسان فن های هر واحد، یک ترتیب در استارت و توقف فن ها از طریق سیستم کنترل و نظارت (SCS) صورت می گیرد. اما در حالت دستی از اتاق کنترل و با فرمان بهره بردار می توان آنها را روشن یا خاموش نمود. کولرها را می توان از طریق دکمه^{۳۳} هایی که در محل قرار دارد نیز روشن و خاموش کرد. ضمناً هر یک از این فن ها دارای یک حفاظت در برابر ارتعاشات می باشند هر چند در طراحی این واحدها مود اتوماتیک^{۳۴} نیز در نظر گرفته

شده است، اما با وجود کارآمدی سیستم کنترلی واحدهای خنک کننده گازی با تصور به حداقل رساندن تعداد استارت ها و جلوگیری از روشن و خاموش شدن پی در پی واحدهای خنک کننده به صورت دستی کنترل می شوند. در صورت افزایش بیش از حد دما، ترانسمیتورهای دمایی که در خروجی بنک ها قرار داده شده اند واحدها را متوقف می کنند. هر کدام از موتور فن ها بوسیله یک ارتعاش سنج در برابر لرزش بیش از حد محافظت شده اند. خنک کننده های گاز به دریچه هایی که میزان باز و بسته بودن آنها توسط بهره بردار بصورت اتوماتیک یا بصورت محلی تعیین می گردد مجهز شده اند. چنانچه جهت تعمیرات یا کارهای متفرقه نیاز به از سرویس خارج کردن آنها باشد می توان توسط یک شیر بای پاس گاز را بدون وارد کردن به سیستم خنک کننده به خط خروجی ایستگاه منتقل کرد. در این حالت گاز بدون عبور از کولرهای گاز توسط خط بای پاس آن به خط لوله سراسری هدایت می شود.

به دنبال توقف ایستگاه بخش کولرهای گاز از طریق بسته شدن شیرهای ورودی و خروجی هر واحد، از ایستگاه و همچنین خط لوله سراسری جدا می شود. فشار زدایی اضطراری و اتوماتیک ایستگاه از طریق شیرهای تخلیه ای که در هدر خروجی کولرها قرار دارد صورت می گیرد. همچنین فشار زدایی هر واحد از کولرها را می توان به صورت دستی و از طریق شیری که در خط ورودی گاز قرار دارد انجام داد. در این حالت گاز به شبکه تخلیه هدایت می شود.

وظایف بهره بردار در مورد سیستم خنک کننده به شرح زیر است:

- ✓ نظارت بر حسن عملکرد سیستم طی بازدید روزانه
- ✓ کنترل کردن مداوم دمای گاز خروجی از واحد خنک کننده
- ✓ داشتن تسلط کامل به نحوه باز و بسته شدن شیرهای ورودی و خروجی و شیر بای پاس
- ✓ دانستن موقعیت شیرهای تخلیه اضطراری
- ✓ بازدید روزانه از فن ها تا در صورت داشتن لرزش های غیرعادی متوقف شوند.

اجزای کمکی ایستگاه

سیستم تامین ابزار دقیق ایستگاه

دو عدد کمپرسور هوا (یکی در سرویس و دیگری آماده بکار)، یک مجموعه خشک کننده و یک مخزن ذخیره هوا، وظیفه تامین هوای فشرده ایستگاه را به عهده دارند. هوای ورودی به کمپرسور فشرده شده سپس از خشک کننده های هوا عبور کرده و وارد مخزن ذخیره هوا می شود.

مصارف هوا در ایستگاه عبارتند از:

- ۱) به عنوان عملگر شیر آنتی سرج توربوکمپرسورها و شیر ریسایکل ایستگاه
- ۲) به عنوان عملگر دمپر خنک کننده روغن^{۳۵} توربو کمپرسورها
- ۳) سیستم آب بندی خشک^{۳۶} کمپرسور گاز

(۴) خنک کاری سنسورهای ارتعاشات

(۵) تمیز کاری فیلترهای هوای ورودی توربوکمپرسور (سیستم پالس جت^{۳۷})

هر کمپرسور هوا شامل یک کمپرسور که می تواند از نوع رفت و برگشتی و یا پیچشی باشد و موتور الکتریکی محرک آن، جداکننده روغن^{۳۸}، خنک کننده ها و کنترل کننده های وابسته به همراه پانل کنترل محلی باشد. کمپرسورها را می توان بصورت دستی و از طریق شستی های روشن/خاموش که بر روی پانل محلی قرار دارد و یا بصورت کنترل از راه دور و از طریق SCS، استارت و متوقف کرد. وظایف منطقی کمپرسورها بصورت اتوماتیک و از طریق سیستم مدیریت کمپرسور کنترل می شود. ولی اطلاعات دقیق تر راجع به روغن، فیلترها، ساعت کارکرد و آلارم^{۳۹} های آنها، در محل قابل مشاهده است. این کمپرسورها (بوسیله فشار خروجی کنترل شده آنها) را می توان توسط سیستم کنترل ایستگاه از اتاق کنترل یا بصورت دستی در محل، استارت و استاپ نمود. چنانچه در حالت کنترل اتوماتیک بر اساس احساس نیاز فرمان استارت صادر شود، ولی به هر دلیلی روشن نشود و یا اینکه فشار خروجی از حد مجاز تعیین شده کمتر گردد کمپرسور هوای کمکی روشن می شود. کمپرسور هوا در محل نیز بوسیله پانل کنترل محلی تحت کنترل هستند. شرح وضعیت کمپرسور، آلارم ها و توقف ها روی این پانل قابل مشاهده اند. رطوبت هوای خروجی از کمپرسور بوسیله سیستم خشک کننده هوا^{۴۰} گرفته می شود. نرخ جریان هوایی که این سیستم بصورت خشک تولید می کند بسته به نوع طراحی ایستگاه و توربوکمپرسور دارد. زیرا در برخی طراحی ها هوای مورد نیاز آب بندی کمپرسور گاز از کمپرسور هوا استفاده شده که در این صورت مقدار هوادهی آن باید بیشتر باشد و در برخی دیگر، این هوا از هوای یکی از مراحل کمپرسور محوری توربین گاز تامین می شود که در این صورت کمپرسور محوری توربین گاز مربوطه بزرگتر خواهد بود. ضمن اینکه طبیعتا مقداری از توان توربین گاز صرف تامین این هوا خواهد شد. مخزن هوا نیز طوری طراحی می گردد تا در صورت قطعی برق ایستگاه، برای مدت زمان قابل قبولی توان تغذیه هوای کل سیستم را داشته باشد. چند عدد شیر اطمینان^{۴۱} در خروجی کمپرسورها نصب شده تا در مقابل فشار بیش از حد از سیستم حفاظت نماید. این شیرها در خروجی خشک کننده و روی مخزن ذخیره هوا تعبیه شده است. در خروجی این مخزن نیز یک فشار سنج به منظور مشاهده فشار شبکه هوای ابزار دقیق، تعبیه شده است. در صورتیکه این واحد از کار بیفتد و پس از مصرف ذخیره هوای مخزن ایستگاه با توقف اضطراری از نوع اول روبرو خواهد شد.

³⁶ Dry seal gas

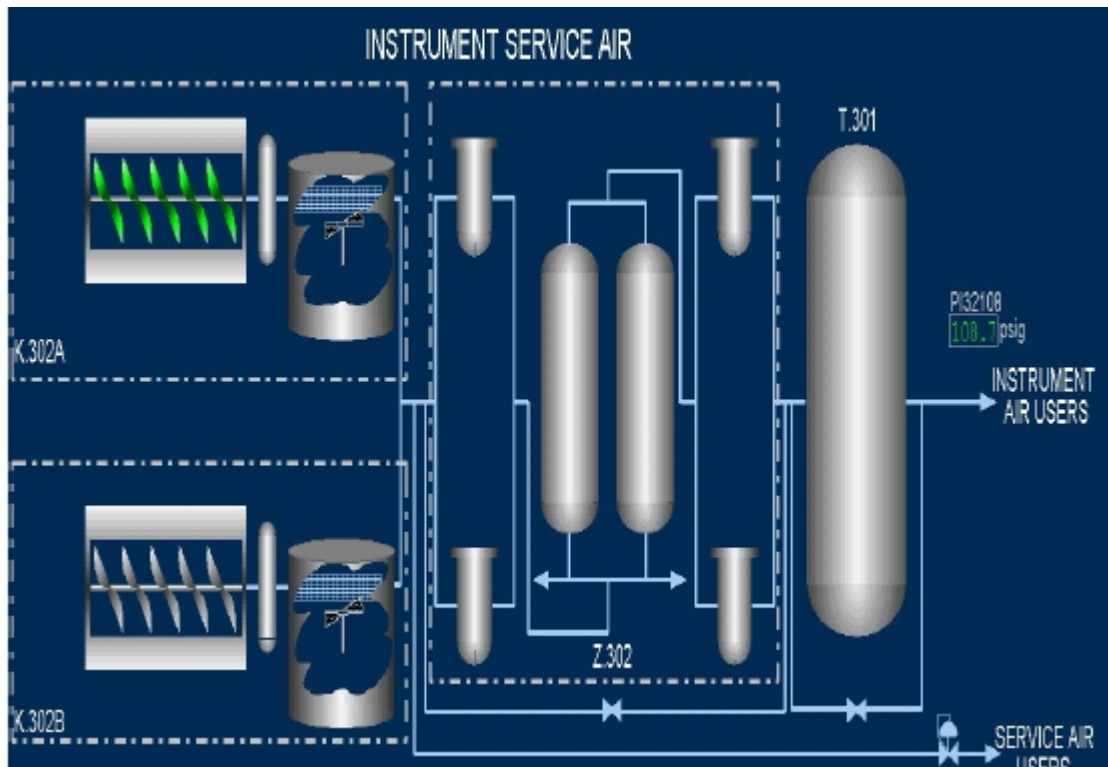
³⁷ Puls jet

³⁸ Oil separator

³⁹ alarm

⁴⁰ Air dryer

⁴¹ Safty valve



شکل ۳-۴: نمای شماتیکی از واحد تولید هوای فشرده

وظایف بهره بردار در قبال واحد تولید هوای ابزار دقیق ایستگاه:

- ✓ بازدید روزانه و نظارت بر حسن عملکرد واحد
- ✓ تحت کنترل داشتن مداوم فشار هوای خروجی واحد
- ✓ کنترل دما و فشار روغن کمپرسور ایستگاه

مرکز تقلیل فشار

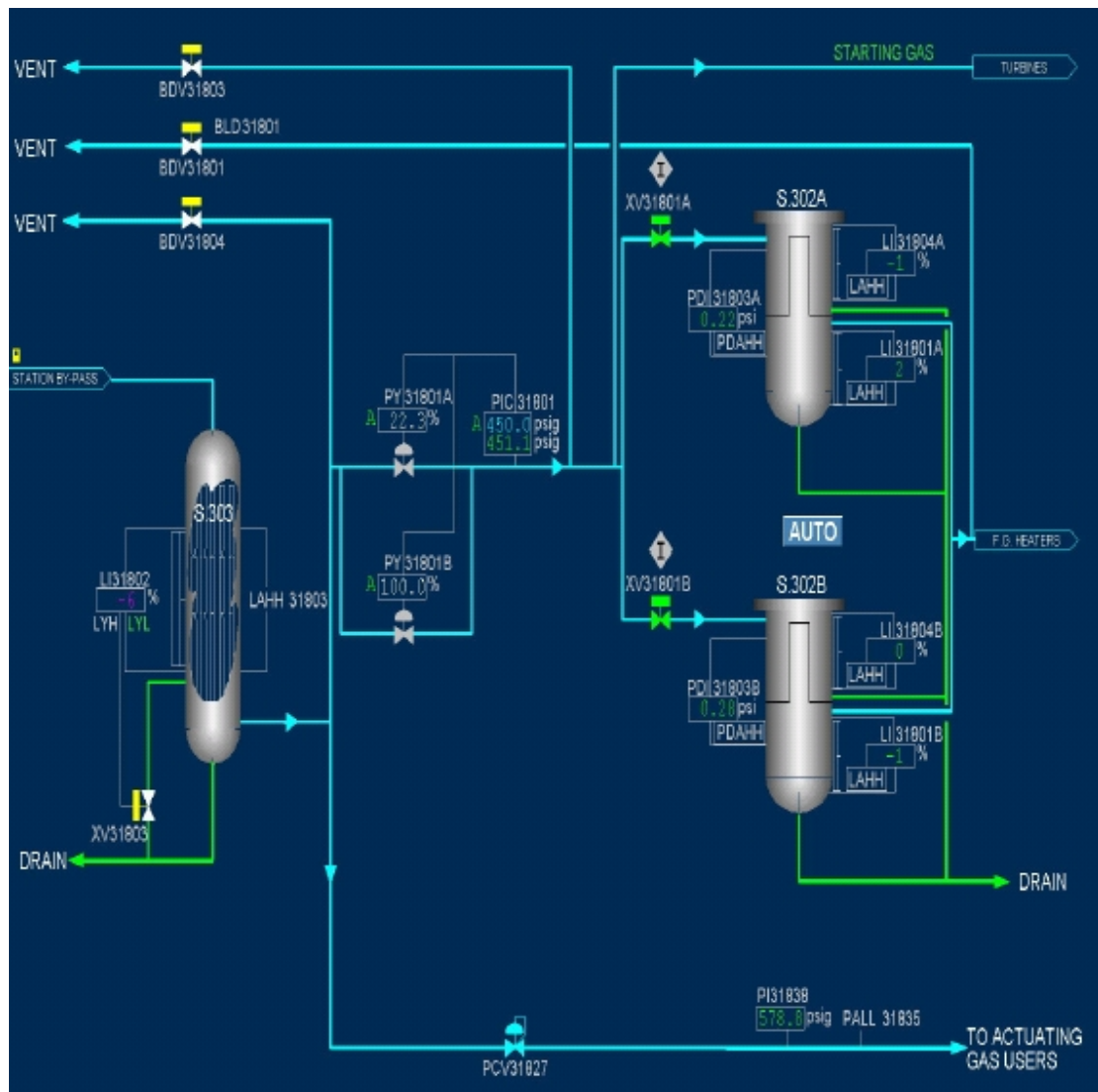
این واحد جهت تامین گاز مصرفی ساختمان اتاق کنترل، سوخت توربین، سوخت مولد اضطراری، سوخت بویلر^{۴۲}ها، گاز راه انداز توربین انبساطی (در صورت وجود توربین انبساطی) و گاز عمل کننده شیرها^{۴۳} (در صورتیکه ایستگاه دارای سیستم جداگانه ای جهت بهره برداری از شیرها باشد) طراحی می شود و به فراخور آن می تواند شامل قسمتهای زیر باشد:

اسکراپر گاز، فیلتر گاز، سیستم گرم کننده گاز (بویلر و مبدل حرارتی یا هیترهای الکتریکی)، هیتر الکتریکی گاز (جهت گرم کردن گاز مصرفی مولد)، فشار شکن و ابزار آلات اندازه گیری.

طراحی مرکز تقلیل فشار در ایستگاههای مختلف، بدلیل تفاوت ساختار توربین های گاز و طراحی پروسه ورود و خروج گاز ایستگاه، متفاوت است ولی اصول کلی آن در تمامی ایستگاهها بر مبنای تجهیزات مختلفی که گاز سوز هستند و تامین فشار و فلوی مورد نیاز آن ها تعیین شده سپس طی مراحل مختلف و پس از تصفیه گاز ورودی به مرکز تقلیل (زیرا گاز مورد استفاده این قسمت از ایستگاه و در نتیجه اسکراپر ورودی آن نمی گذرد) توسط شیرهای

⁴² boiler
⁴³ Actuating gas

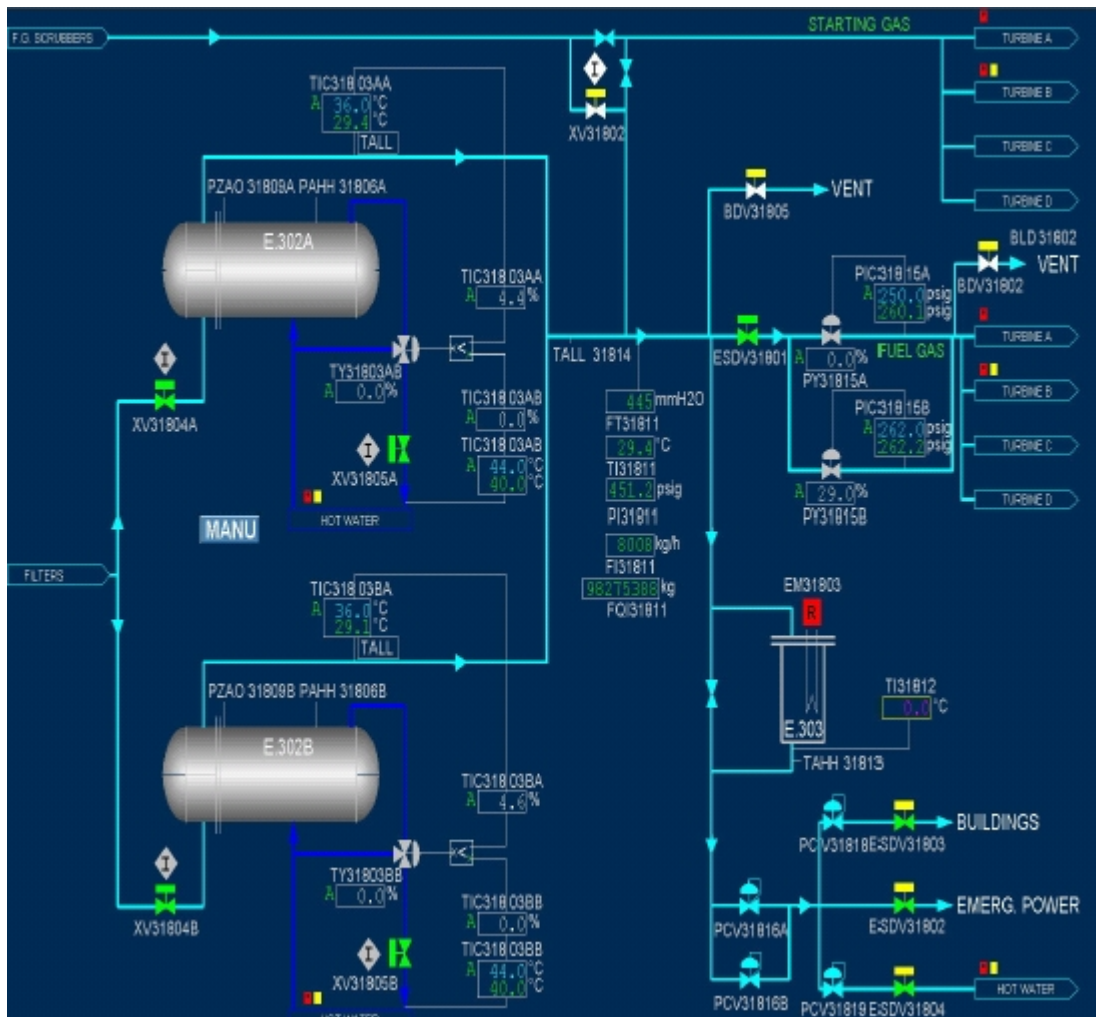
کنترلی و طی مراحل متعدد فشار گاز به اندازه مورد نیاز آن شکسته شده و برای مصارف تعیین شده فرستاده می گردد.



شکل ۵-۳: نمای شماتیکی از قسمت ابتدایی مرکز تقلیل فشار

گاز مورد نیاز واحد تقلیل فشار را می توان از ورودی یا خروجی ایستگاه تامین کرد. این کار از طریق خطوط گرفته شده از طرفین شیر بای پاس ایستگاه صورت می گیرد. معمولاً بهتر است این گاز را از ورودی ایستگاه که فشار کمتری دارد تامین کرد زیرا فشار کمتری به اتصالات و تجهیزات وارد می کند ولی در مناطق سردسیر به دلیل افت مضاعف دمای گاز در مراحل افت فشار که گاه با یخ زدگی شیرهای کنترلی فشار شکن همراه خواهد بود گاه از خروجی ایستگاه که طبیعتاً دارای دمای بیشتری است استفاده می شود تا در نتیجه آن از یخ زدگی های احتمالی تجهیزات و خود گاز جلوگیری گردد.

چند شیر تخلیه گاز را در زمان اضطراری به عهده دارند. ضمن اینکه اسکرابر، فیلترها و هیترها را می توان بصورت دستی نیز فشار زدایی کرد. در ضمن اسکرابر، فیلترها، هیترها و خطوط لوله بعد از فشار شکن ها به منظور جلوگیری از افزایش فشار و همچنین آتش سوزی به شیر اطمینان فشار تجهیز شده اند.



شکل ۳-۶: نمای شماتیکی از قسمت انتهایی مرکز تقلیل فشار

نکاتی که بهره بردار باید بداند:

همانطور که گفته شد پروسه مرکز تقلیل فشار در ایستگاههای مختلف، متفاوت بوده و این تفاوت در تعداد و البته فشار مورد نیاز مصرف کننده ها می باشد. ولی نکات زیر تقریباً در تمامی آنها یکسان می باشد.

بهره بردار باید:

- ✓ تمام موارد منتهی به توقف اضطراری در مرکز تقلیل را بداند.
- ✓ بر اختلاف فشار اسکرابر و فیلترها مرتباً نظارت نماید تا در زمان لازم اقدام به تخلیه مایعات و ذرات جمع شده آن بپردازد. بر روی هر فیلتر یک سنسور سطح سنج و یک نشانگر اختلاف فشار نصب شده است که مقادیر آن در اتاق کنترل و همچنین بصورت محلی قابل مشاهده است. مایعات اضافی جمع شده در فیلترها توسط لوله های تخلیه به شبکه تخلیه هدایت می شود.
- ✓ بر عملکرد صحیح سیستم گرم کننده و دمای گاز نظارت نماید.
- ✓ در صورت وجود بویلر و مبدل بر حسن عملکرد و تنظیمات مربوطه نظارت نماید. مقدار جریان آبی که می بایست از مبدل عبور کند توسط یک کنترل کننده دما روی یک ولو سه راهه در خروجی مبدل تنظیم می شود.

✓ شیرهای مختلف را شناخته و به نحوه عملکرد آنها چه بصورت اتوماتیک و چه بصورت دستی تسلط کامل داشته باشد.

✓ در شرایط اضطراری و جهت تامین گاز مورد نیاز مولد اضطراری، شیری تعبیه شده است که گاز را بدون عبور از فیلتر گاز و مبدل ها به مولد می رساند. با باز شدن این شیر گاز بلافاصله و قبل از آنکه فیلترها و مبدل ها در سرویس قرار گیرند وارد مولد اضطراری می شود.

سیستم گرم کننده گاز

از آنجائیکه سوخت مورد نیاز توربین گاز از مرکز تقلیل فشار و پس از آنکه فشار آن به اندازه مورد نیاز رسید تامین می گردد و چون دمای این گاز در اثر کاهش فشار در چند مرحله پایین خواهد آمد لذا در فصول سرد سال می بایست این گاز را گرم نمود تا از یخ زدگی احتمالی آن جلوگیری نمود.

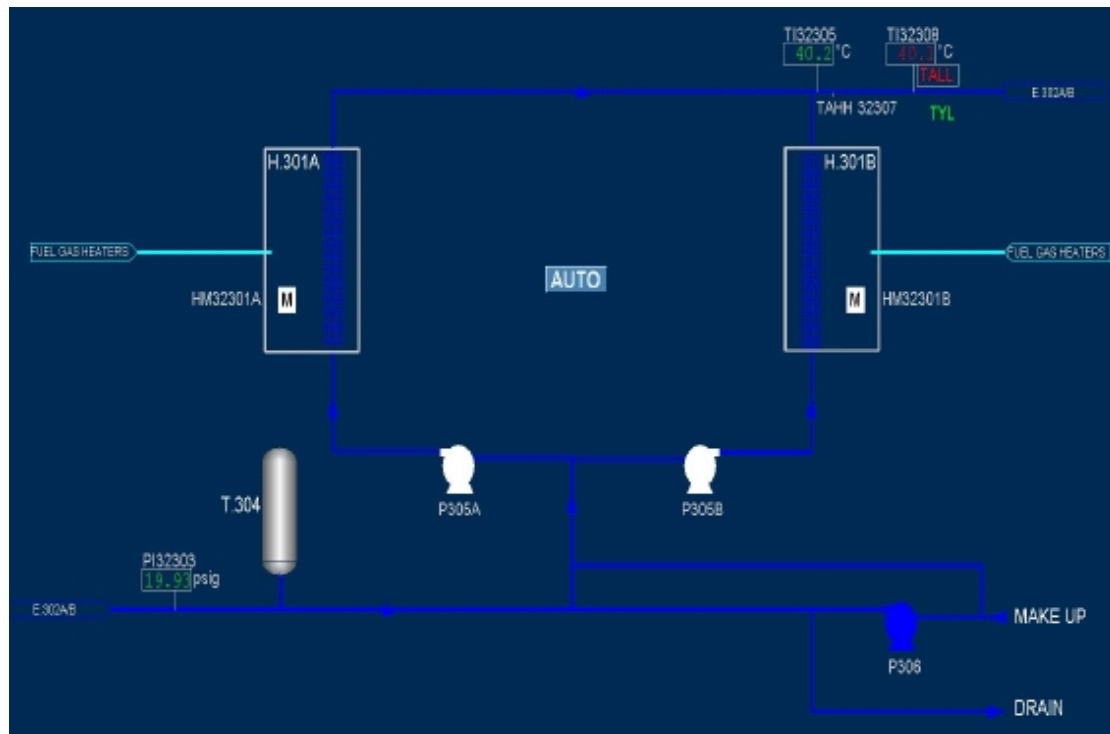
دو روش متداول جهت بالا نگه داشتن دمای گاز سوخت توربین و همچنین مولد برق وجود دارد که به شرح زیرند:

✓ استفاده از سیستم هیتر الکتریکی: در این روش از یک سری المنت هایی که به دور لوله های مربوطه می پیچند استفاده می شود.

✓ گرم کردن آب و استفاده از یک مبدل حرارتی در جهت تبادل دمایی با گاز: در این روش برای گرم نمودن آب از بویلر استفاده شده و سپس آب گرم توسط پمپی به مبدل حرارتی می رسد و در آنجا با گازی که وارد مبدل شده تبادل گرمایی می نماید.

معمولا واحد گرم کننده آب از دو بویلر، دو پمپ گریز از مرکز سیرکوله آب، یک مخزن انبساطی^{۴۴} و یک پمپ روتاری جهت هواگیری و تامین آب تشکیل شده است.

Expansion drum⁴⁴



شکل ۷-۳: نمای شماتیکی از واحد تولید آب گرم

از آنجاییکه دو پمپ سیرکوله آب با یکدیگر کوپل شده اند استارت و توقف آنها همراه با یکدیگر (بصورت محلی و از طریق دکمه های مربوطه و یا از طریق SCS) صورت می گیرد. فشار سوخت بویلر، نرخ جریان آب، دمای آب ورودی و خروجی بویلر توسط سنسورهای مربوطه قابل مشاهده و کنترل می باشند. جهت مقابله سیستم در برابر خطر انبساط حرارتی ناشی از تغییرات دما، مخزن انبساطی و شیر اطمینان های دما در خروجی بویلر طراحی و نصب گردیده است.

وظایف بهره بردار در قبال سیستم گرم کننده گاز:

- ✓ نظارت بر حسن عملکرد سیستم طی بازدید روزانه
- ✓ کنترل مداوم دمای خروجی بویلر
- ✓ کنترل فشار سیکل آب
- ✓ تسلط داشتن به روشن و خاموش نمودن بویلر و شیرهای مربوطه از طریق دستی
- ✓ تسلط داشتن به نحوه آب زدن سیکل بویلر

برق ایستگاه

جهت درک بهتر خواننده محترم برق ایستگاهها بوسیله شکل های شماتیک زیر توضیح داده می شود. برق توسط دو خط $kv20$ وارد قسمت فشار قوی ایستگاه شده دو عدد ترانسفورماتور $kv20$ در ورودی این بخش قرار دارد که دارای دو بریکر ورودی دو خط DJ_1, DJ_2 و یک عدد DJ_3 Bus tie برای قطع ارتباط میان دو خط و یک عدد سکسیونر می باشد. شکل زیر چگونگی قرار گرفتن این بریکرها را در کنار هم نشان می دهد. حال این

برق از طریق سه شاخه و سه عدد بریکر (DJ_4, DJ_5, DJ_6) به قسمت فشار ضعیف رسیده و پس از گذشتن از سه بریکر فوق وارد یک شمش سراسری شده و بوسیله سه عدد ترانسفورماتور کاهنده از KV_{20} به V_{380} برای مصارف اجزای توربوکمپرسور تبدیل می شود. سه عدد بریکرهای DJ_8, DJ_9, DJ_{11} برق را پس از ترانسفورماتورها وارد شمش دیگری کرده، توسط دو عدد بریکر DJ_{12}, DJ_{13} به سه بخش مختلف به نام های $BUS\ A, BUS\ B, BUS\ C$ تقسیم می شوند که آنها با یکدیگر توسط بریکرهای DJ_{12} (BUS tie A/C) و DJ_{13} (BUS tie B/C) در ارتباطند. این بریکرها در صورت عمل نمودن رله های Under voltage و یا قطعی یکی از خط ها مسیر عبور جریان را عوض می کنند. اگر چه با هم $BUS\ A$ و $BUS\ B$ هر کدام به تنهایی قادرند برق تمام ایستگاه را تامین کنند ولی بهتر است همواره از یکی از آنها استفاده شود و مصرف کننده های ایستگاه بین آن دو تقسیم شوند. مصرف کننده های زیر هر کدام به وسیله یک استارتر در قسمت فشار ضعیف برقرار می شوند:

کمپرسورهای هوا، باتری شارژها، خنک کننده های گاز، برق اتاق کنترل، روشنایی محوطه و ساختمان ها، ساختمان اداری، واحد UPS، مرکز کنترل موتورها، بانک خازنی و....

سیستم مدیریت توان و مولد اضطراری

قابلیت نظارت و کنترل بر کلیه بریکرهای موجود در اتاق فشار قوی، مرکز کنترل موتور (MCC) و همچنین مولد اضطراری⁴⁵ از طریق سیستم مدیریت توان (pms) امکان پذیر می باشد. از این سیستم می توان برای باز یا بسته نمودن بریکرها و یا مشاهده اطلاعات جریان عبوری از بریکرهای اصلی استفاده کرد.

سیستم pms هر ده دقیقه خود را چک نموده و اطلاعات را ثبت می کند. به طور کلی این برنامه قسمت های اصلی تامین کننده برق ایستگاه را به یکدیگر مرتبط می نماید تا در صورت بروز مشکلات در سیستم و یا قطع ناگهانی برق به صورت خودکار آرایش بریکرها را به گونه ای تغییر دهد که در جریان برق ایستگاه وقفه ای پیش نیاید. به عنوان مثال:

در صورت قطع برق یکی از خطوط سراسری این سیستم رابط بین دو خط ($3DJ$) را متصل نموده و هر دو شاخه فرعی را برقرار می نماید. در صورتی که هر دو خط شبکه سراسری دچار قطعی برق شود این سیستم ورودی هر سه ترانسفورماتور $V_{380}/20\ KV$ را قطع کرده و توسط یک آلارم اپراتور را مطلع می سازد. در همین لحظه سیستم اقدام به استارت مولد اضطراری می نماید.

مولد برق اضطراری

جهت تغذیه برق ایستگاه در زمان قطعی از یک مولد برق اضطراری استفاده شده است. در صورتیکه مولد در سرویس قرار بگیرد بریکر DJ_{14} بسته شده، برق وارد باس C شده و آماده تغذیه دو باس دیگر می گردد و سیستم مدیریت برق ایستگاه (PMS) به بریکر DJ_{12} فرمان بسته شدن داده هر سه باس یکی می شوند در این زمان هر سه بریکر خروجی ترانسفورماتورها باز می باشند.

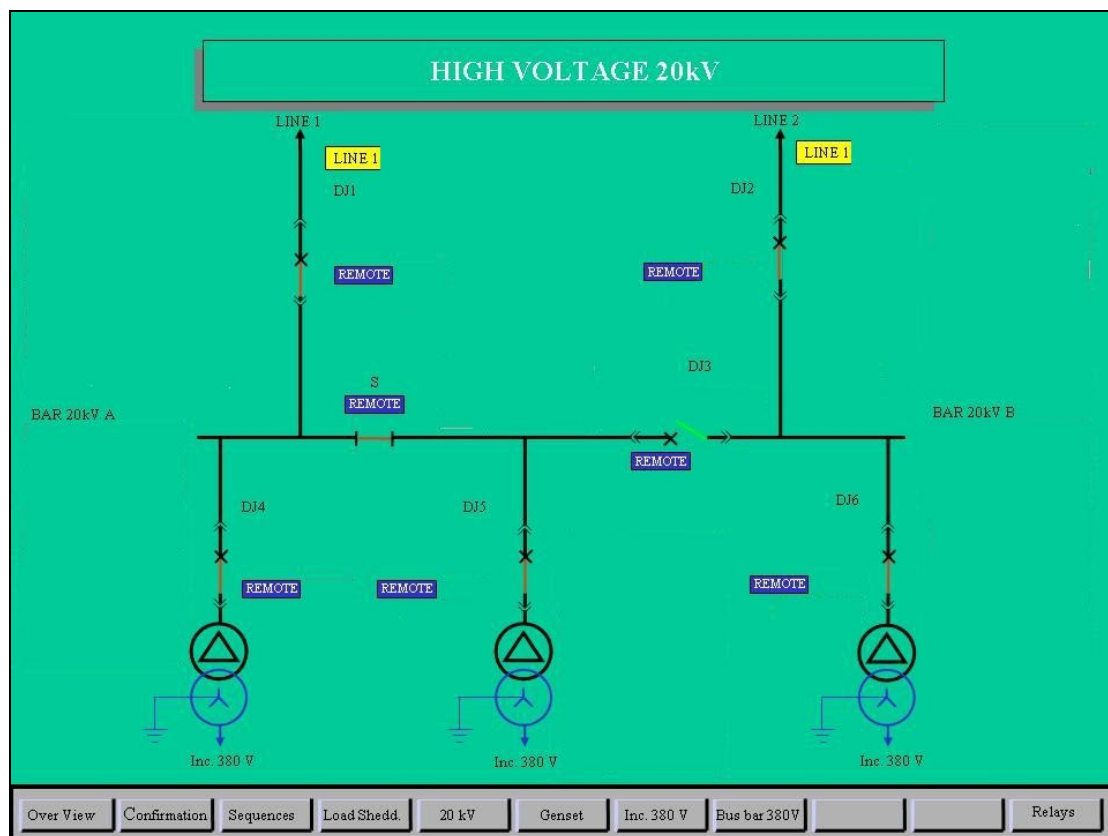
⁴⁵ Emergence gas engine

برق ۲۲۰/۳۸۰ تغذیه قسمت های زیر را از طریق دو خط بر عهده دارد:

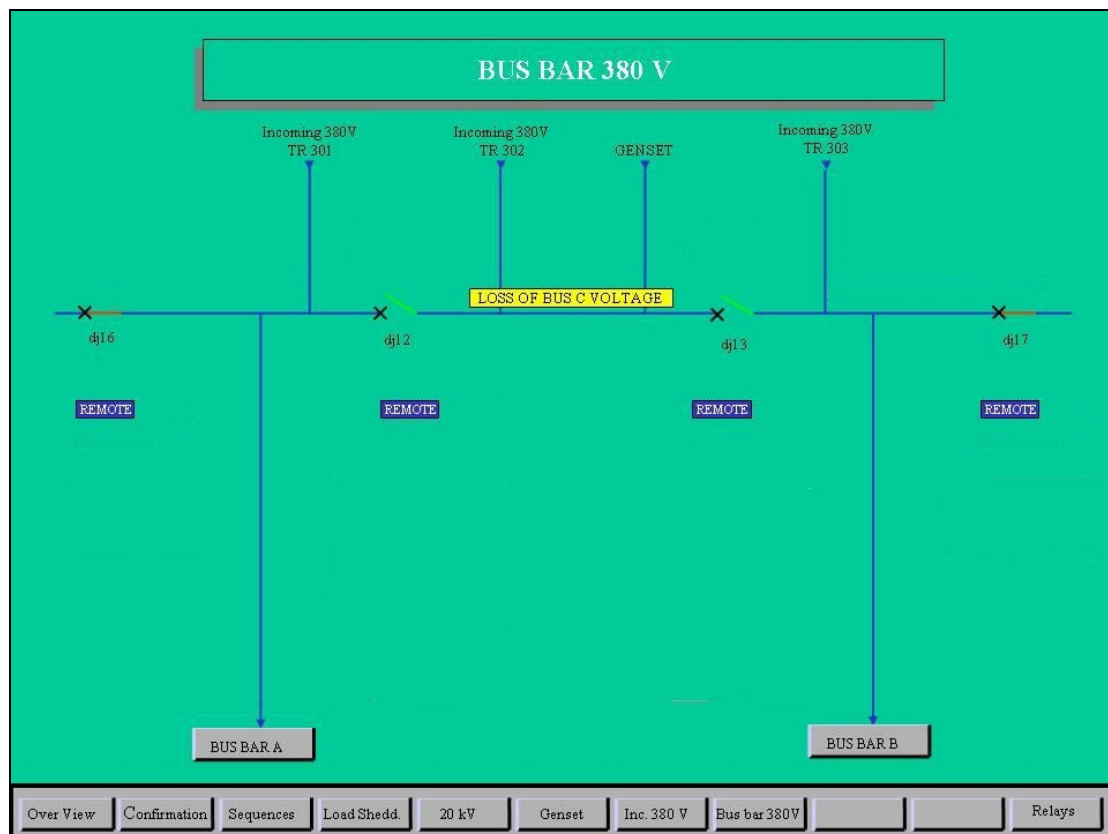
- توربوکمپرسورها
- MCC کولرهای گاز
- مرکز تقلیل فشار
- تاسیسات مربوط به ساختمان های مختلف تغذیه ابزار آلات کنترلی از طریق UPS و بصورت ۱۱۰ Vdc , ۲۲۰ vac می باشد.

در موقع قطع و یا اشکال در سیستم برق، سیستم مدیریت توان (pms) مدار سه ترانسفورماتور را باز کرده و توسط یک آلامر بهره بردار را از این موضوع آگاه می سازد.

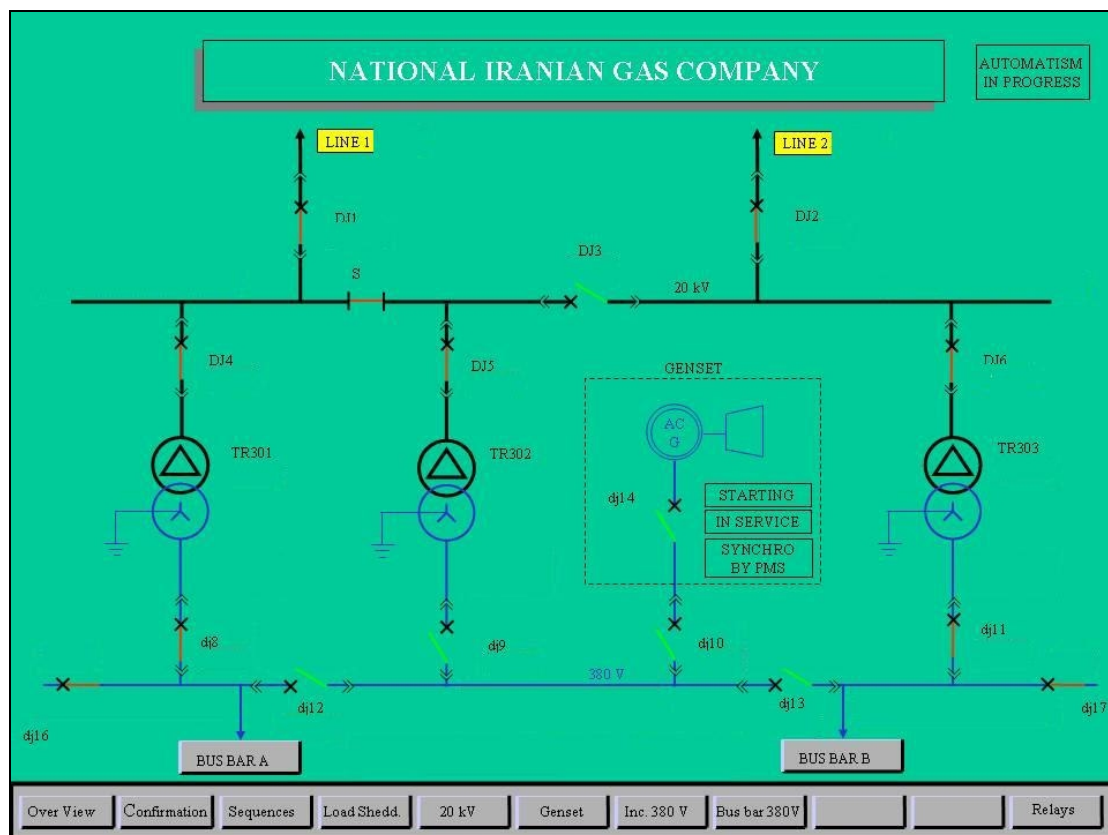
مولد به هنگام ارسال فرمان استارت از طریق بهره بردار و یا از طریق سیستم pms، راه اندازی خواهد شد. سپس سرعت گرفته تا به فرکانس و ولتاژ قابل قبول برسد. بارگذاری مولد می تواند توسط بهره بردار صورت بگیرد که در این حالت مولد در بارگذاری کمتر، سریع تر به فرکانس قابل قبول می رسد. در حالت اتوماتیک، بارگذاری بصورت اتوماتیک و بر اساس برنامه تنظیم شده در سیستم اتوماتیک آن صورت می گیرد.



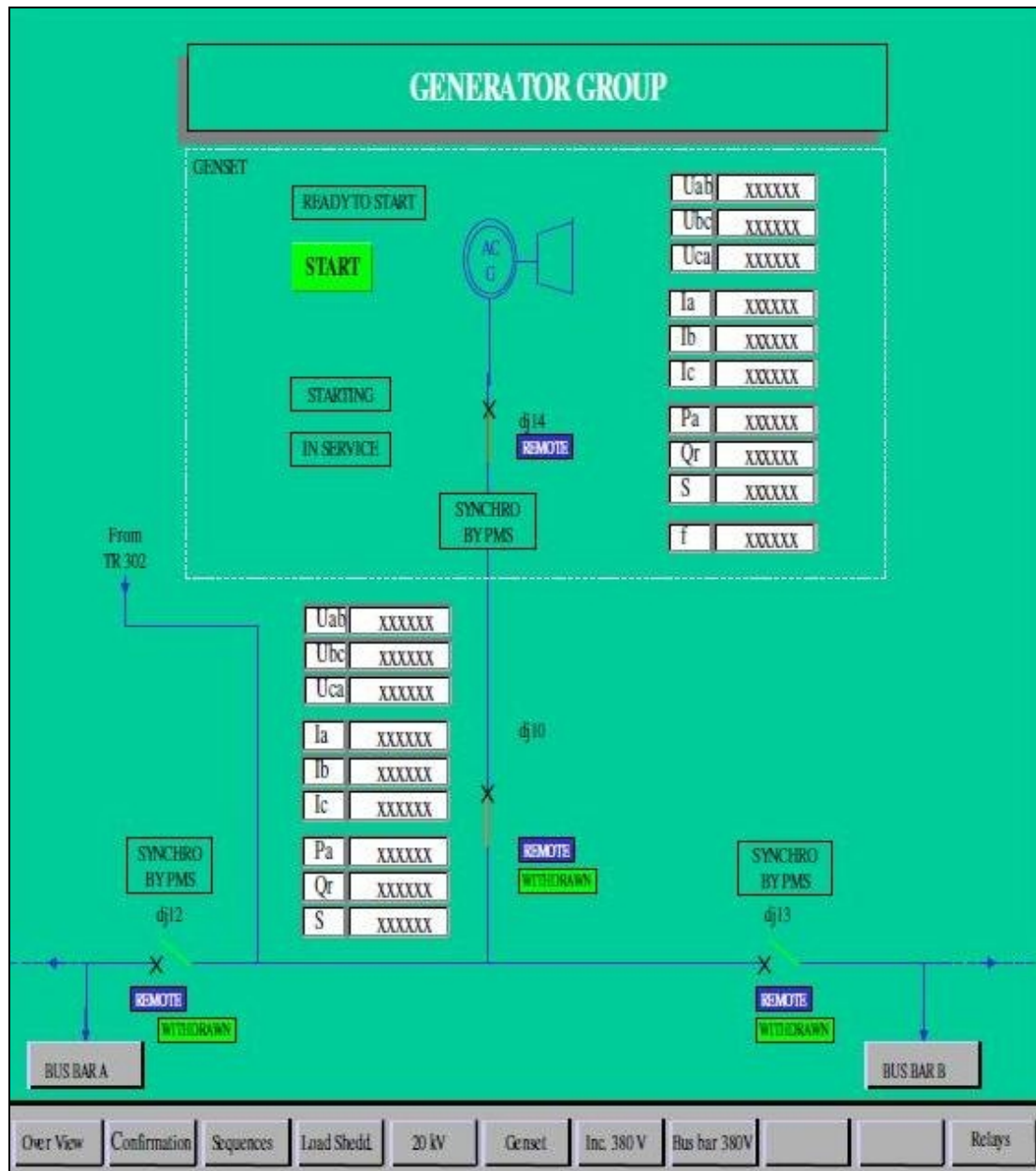
شکل ۸-۳: نمایی از ورودی برق ۲۰kv ایستگاه و سه ترانسفورماتور که خروجی آنها ۳۸۰v می باشد.



شکل ۹-۳: نمایشی از خروجی ترانسفورماتورها و ورود برق ۳۸۰ V به BUS A و BUS B



شکل ۱۰-۳: صفحه اصلی سیستم PMS



شکل ۱۱-۳: نمایی شماتیک از بریکرها و سیستم برق رسانی مولد اضطراری

سیستم حفاظت از اتاق مولد

در زمان کارکرد مولد می بایست توده ای از هوا در این اتاق جریان داشته باشد. این جریان هوا باعث خنک شده قسمت های گرم مولد می شود. این سیستم تهویه به طور اتوماتیک با دمای هوای اتاق روشن و خاموش می شود. البته بطور دستی نیز می توان آن را (روشن و خاموش) کنترل نمود. این سیستم دارای فن مکنده ای می باشد که با روشن شدن آن در طرف دیگر اتاق همزمان یک دریچه باز می گردد تا هوا همیشه در جریان باشد. یک عدد سنسور تشخیص دود جهت ارسال آلام و توقف واحدها در اتاق مولد نصب شده است اگر این سنسور فعال گردد منجر به توقف اضطراری می شود در این هنگام تمام بادگیرهای اتاق مولد بسته شده و فن موجود در اتاق متوقف

می شود و سیگنال آلارم آتش فعال می شود یک عدد سنسور گازیاب در این اتاق وجود دارد که در صورت حس گاز در حدود LEL₂₀ /. موجب توقف اضطراری می شود تمام بادگیرها باز می شوند و فن تهویه با آخرین سرعت شروع به چرخش می کند تا گازها را خارج کند و سیگنال آلارم اولیه گاز فعال می شود. با حس مقدار گاز در حدود LEL₄₀ /. تمام بریکرهای AC باز می شوند بادگیرها باز می مانند و فن تهویه خاموش می شود فقط برق DC_{24V} جهت فعال بودن سیستم مانیتورینگ باقی می ماند و سیگنال آلارم گاز فعال می شود.

سیستم تولید توان بدون قطعی (UPS)^{۴۶}

این سیستم به منظور تامین توان مطمئن برای پشتیبانی از سیستم های کنترلی، روشنایی اضطراری و مدار فرمان استارترها و بریکرهای موجود در ایستگاه پیش بینی شده است. برق ورودی این سیستم از یکی از بریکرهای فرعی در اتاق فشار ضعیف تامین می شود. این سیستم از دو قسمت کلی تشکیل شده است:

الف) تهیه برق AC_{220V} بدون نوسان:

در این قسمت جریان متناوب ۳۸۰V ابتدا به AC_{220V} تبدیل می شود و با استفاده از یک سو کننده^{۴۷} به جریان مستقیم تبدیل شده و مجدداً با استفاده از یک معکوس کننده^{۴۸} به جریان متناوب ۲۲۰V تبدیل می شود. خروجی این قسمت برق AC_{220V} بدون نوسان خواهد بود که جهت سیستم اندازه گیری و کامپیوترها، پانل کنترل توربین و تجهیزات کمکی (UCP) و دیگر مصارف استفاده می شود. باتریهای این قسمت در صورت قطع برق به مدت چند ساعت توان لازم را تامین می نمایند.

ب) تهیه برق DC_{110V} برای تغذیه سیستم کنترل ایستگاه (SCS)، سیستم تشخیص آتش و گازیاب (F&G)، سیستم توقف اضطراری (ESD) شیرهای کنترل، روشنایی اضطراری و همچنین برای تغییر وضعیت کلیه بریکرهای موجود. باتری های این قسمت در صورت قطع برق به مدت مشخصی توان لازم را تامین می نمایند. در این اتاق علاوه بر تجهیزات فوق برای هر یک از چهار واحد توربوکمپرسور به صورت جداگانه، یکسوسازهای مربوط به شارژر های باتری^{۴۹} و یکسو سازهای مربوط به سرویس دهی وجود دارد. باتری شارژر با تهیه برق DC_{110V} فقط برای شارژر باتری ها استفاده می شود و (SERVICE RECTIFIERS) هم با تهیه برق DC_{110V} توان مورد نیاز مصرف کننده ها را تامین می نماید. چنانچه یکی از این دو از سرویس خارج شود دیگری علاوه بر انجام وظایف خود کار یکسو ساز دیگر را نیز انجام می دهد. برق این قسمت برای تجهیزات واحد که با برق مستقیم DC_{110V} کار می کنند. باتری های این قسمت نیز در صورت قطع برق به زمان مورد نیاز توان لازم را تامین می نمایند.

شبکه تخلیه هیدروکربن های مایع

⁴⁶ Uninterrupted power system

⁴⁷ Rectifier

⁴⁸ inverter

⁴⁹ Battry chargers

شبکه تخلیه ایستگاه شامل دو هدر برای جمع آوری هیدروکربن های مایع و یک چاه تخلیه به منظور تخلیه مایعات جمع آوری شده می باشد. هدرهای جمع آوری کننده مایعات، هیدروکربن های مایع را از اسکرابره های ورودی ایستگاه و همچنین اسکرابر و فیلترهای موجود در مرکز تقلیل فشار جمع آوری کرده و به سمت چاه تخلیه هدایت می کنند. این هدرها و همچنین خطوط مربوط به شبکه تخلیه، به منظور جلوگیری از یخ زدگی و رسوب در زمستان دارای عایق حرارتی و گرم کننده های دنباله ای می باشند.

فصل چهارم

توربین

مبانی اولیه توربین گاز

اصول عملکرد توربین

ساختار توربین گاز

توربین های گازی در ایستگاههای تقویت فشار

راه اندازی توربین گازی ایستگاه

کمپرسور هوای توربین گازی

سیستم گاز سوخت توربین

سیستم احتراق با خاصیت نشر امواج در سطح پایین

سیستم روغن کاری و روانکاری

سیستم تهویه

سیستم هوای آب بندی و خنک کاری

هوای اگزوز

فصل چهارم

توربین

گاز جهت متراکم و فشار دار شدن، وارد ایستگاههای تقویت فشار گاز می شود و این عمل توسط کمپرسور گاز انجام می گیرد. با توجه به توضیحات فصل بعد کمپرسور گاز ایستگاهها از نوع گریز از مرکز بوده و با چرخش به دور مرکز خود گاز را فشرده می نماید. لذا برای چرخاندن کمپرسور گاز آنهم با دور و توان بالا به وسیله ای احتیاج داریم تا توان و قدرت کافی جهت چرخش کمپرسور گاز ایجاد نماید.

دو روش زیر امکان فوق را برایمان فراهم می آورند:

- استفاده از الکتروموتور:

در این روش می توان کمپرسور گاز را به وسیله یک میله فلزی (روتور) به الکتروموتوری قوی وصل نمود تا توان و سرعت لازم را به آن منتقل نماید، جهت اجرای روش فوق به شبکه برق مطمئن و مناسبی نیاز است که مهمترین دلیل عدم اجرای روش مذکور در کشورمان نیز می باشد.

- استفاده از توربین گاز:

این روش متداول تر بوده و پیشینه بیشتری در کشور دارد و توانسته اطمینان کارفرمایان را در فرایند انتقال به خود جذب نماید. از این رو از سیستم توربین گاز برای چرخاندن کمپرسور گاز در ایستگاههای تقویت فشار کشور استفاده می گردد.

توربین چیست؟

وسیله ای است که انرژی سیال متحرک را به کار تبدیل می کند یعنی سیال با فشار به آن برخورد کرده، فشار آن گرفته شده و در نهایت به قدرت تبدیل می شود. این سیال می تواند آب، بخار آب، باد و یا هوای داغ باشد که البته در تمامی موارد فوق سیالات می بایستی فشار دار باشند.

با توجه به توضیحات فوق و برحسب نوع سیال به کار رفته توربینها را به سه نوع مختلف تقسیم می کنند:

(۱) توربین آبی

(۲) توربین بخار

(۳) توربین گاز



شکل ۴-۱: نمونه ای از توربین چرخ پلتون



شکل ۴-۲: نمونه ای از یک توربین بخار چند محوره



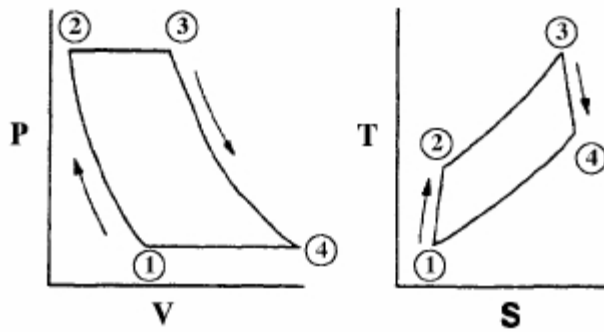
شکل ۳-۴: نمونه هایی از یک توربین گاز جریان محوری یک طبقه

طبق تعاریف ترمودینامیکی، توربین گاز، یک نوع موتور گرمایی است که انرژی حرارتی حاصل از ترکیب هر نوعی از سوخت و هوا را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند. البته این موتور گرمایی تنها قسمتی از انرژی را به کار تبدیل می نماید و راندمان نسبتاً پایینی دارد. (بازده آن بسته به نوع طراحی سیستم بین ۲۵ تا ۴۵ درصد است) سوخت مصرفی در توربین گاز می تواند جامد، مایع و یا گاز باشد و صرف نظر از نوع آن، از آنجاییکه ترکیب سوخت و هوا در نهایت، گاز داغ پرفشار است به آن توربین گاز می گویند.

همچنانکه گفته شد بازده توربین های گازی به دلیلی که در ادامه خواهد آمد پایین است ولی بدلیل برخورداری از مزایای زیر از این عیب صرف نظر می گردد.

- قدرت ایجاد توان بالا به نسبت اندازه و وزن آن
- هزینه تعمیر و نگهداری پایین (زیرا حرکت اکثر قطعات توربین گاز، چرخشی است و برخلاف موتورهای دیزل حرکت رفت و برگشتی ندارند)
- در عرض مدت بسیار کوتاهی (چند دقیقه) راه اندازی شده و قابل بارگذاری است (به نسبت توربین های بخار راه اندازی آن ساعتها به طول می انجامد)
- سیال عامل آن هواست و نیازی به سیال واسطه خنک کننده ندارد.
- قابلیت استفاده از هرگونه سوختی را دارد.
- نصب و راه اندازی آن سریع و آسان است و غالباً بصورت بسته های آماده از محل تولید خارج می شوند.
- برخلاف موتورهای الکتریکی وابستگی زیادی به برق شبکه سراسری ندارند و در قطعی های کوتاه مدت از سرویس خارج نمی شوند.

در ترمودینامیک انواع سیکل های توان تولید، به دو نوع گازی و بخاری تقسیم می شوند. سیکل های نوع گازی، خود به سه گروه اتو، دیزل و برایتون تقسیم شده که توربین گاز در حقیقت یک سیکل برایتون می باشد.



شکل ۴-۴: نمودارهای فشار - حجم و دما - انترپی در سیکل برایتون

در این سیکل مطابق شکل فوق فرایندهای زیر را خواهیم داشت:

۱-۲: افزایش فشار ایزونتروپیک (کمپرسور هوا)

۲-۳: افزایش دمای فشار ثابت (محفظه احتراق)

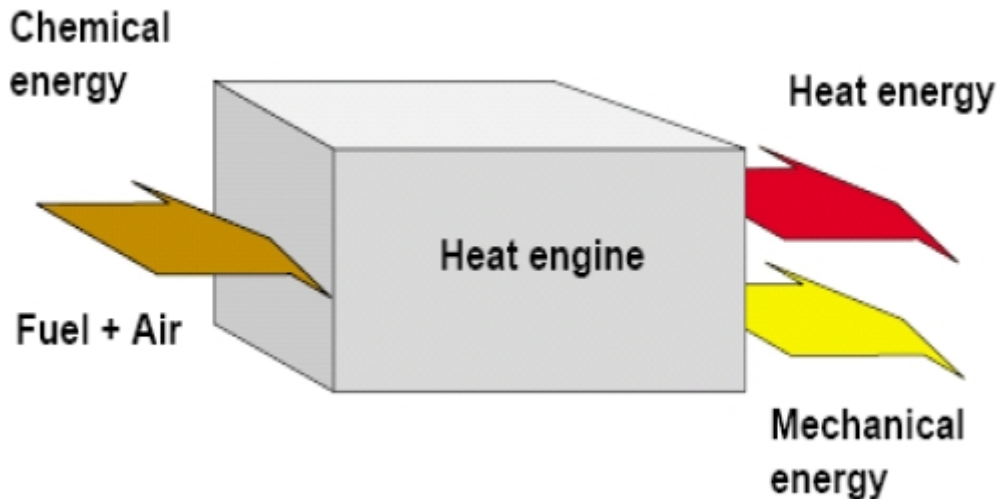
۳-۴: کاهش فشار ایزونتروپیک (توربین)

۴-۱: کاهش دمای فشار ثابت (تخلیه سیال به اتمسفر)

طبق این سیکل در توربین گاز ابتدا هوای تصفیه شده محیط، وارد کمپرسور هوا شده، متراکم می گردد سپس این هوای پرفشار وارد محفظه احتراق شده و با ترکیب با سوخت محترق می گردد پس از آن سیال داغ پرفشار به پره های توربین خورده و ضمن از دست دادن فشار خود تبدیل به کار می شود که مقداری از این کار صرف چرخاندن کمپرسور هوا و مابقی همان توان خالص تولیدی جهت مصرف است که طبقاً در ایستگاههای تقویت فشار گاز صرف چرخاندن کمپرسور گاز می گردد.

مبانی اولیه توربین گاز

توربین گاز یک موتور گرمایی است یعنی موتوری که انرژی حرارتی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند. انرژی حرارتی معمولاً از سوختن یک سوخت گازی به همراه اکسیژن هوا حاصل می گردد. موتور ابتدا انرژی شیمیایی سوخت را به انرژی حرارتی تبدیل کرده و سپس انرژی حرارتی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند. در یک توربین گاز همانند انواع دیگر موتورهای حرارتی، تنها بخشی از انرژی حرارتی می تواند به انرژی مکانیکی تبدیل گردد. مابقی انرژی به اتمسفر تخلیه خواهد شد.



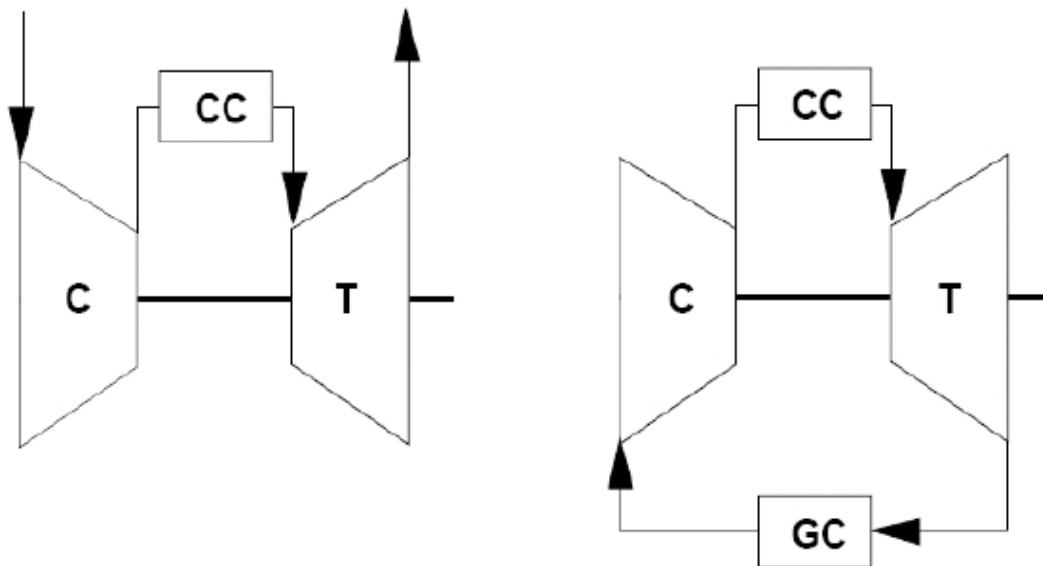
شکل ۵-۴: فرایند تبدیل انرژی در یک موتور حرارتی

میزان راندمان در فرایند تبدیل انرژی بیان می دارد چه میزان از انرژی ورودی به انرژی مفید تبدیل شده است. در یک توربین گاز معمولاً ۲۵-۴۵٪ از انرژی ورودی به انرژی مکانیکی تبدیل می گردد و مابقی انرژی ورودی به صورت انرژی حرارتی زائد به اتمسفر منتقل می شود. بنابراین این راندمان توربین ۲۵-۴۵٪ است.

قسمتهای اصلی سیکل کاری توربین گاز

در یک توربین گاز، جریان هوا و گاز که چرخه تراکم، گرم شدن و انبساط را طی می کند به عنوان عوامل کاری ماشین محسوب می شود. در یک چرخه باز توربین گاز، هوای محیط به داخل مکیده شده و در یک کمپرسور متراکم می گردد. هوا در محفظه احتراق با تزریق سوخت و ایجاد فرایند احتراق گرم شده سپس در عبور از توربین منبسط می گردد و بعد در اتمسفر رها می گردد.

در یک چرخه بسته گاز بدون وجود هوا، همان حالتهای سیکل باز را طی می کند با این تفاوت که عمل گرم شدن در یک مبدل حرارتی انجام شده و در ادامه گازی که در توربین انبساط یافته قبل از برگشت به کمپرسور باید سرد گردد. در شکلهای زیر چرخه های باز و بسته یک توربین گاز نشان داده شده است:



شکل ۴-۶: چرخه های باز و بسته توربین گاز

Cc= combustion chamber

C= compressor

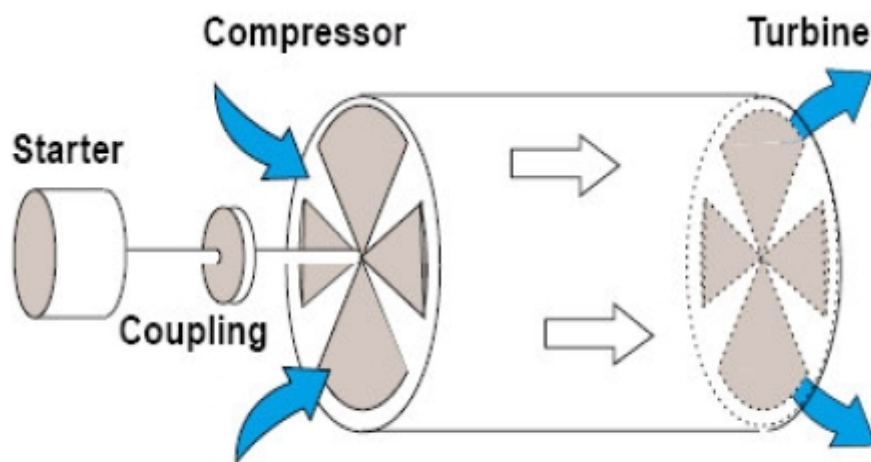
T= turbine

Gc =gas cooler

اصول کلی عملکرد

این که چگونه انرژی حرارتی با جریان یافتن هوا و گاز، به عنوان عوامل کاری ماشین، از قسمتهای فوق به انرژی مکانیکی تبدیل می گردد مطلبی است که به توجه به مدل ساده زیر قابل توضیح است:

مجرای را در نظر بگیرید که در هر دو سر آن فن وجود دارد. یکی از آنها به عنوان کمپرسور و دیگری به جای توربین در نظر گرفته شود.



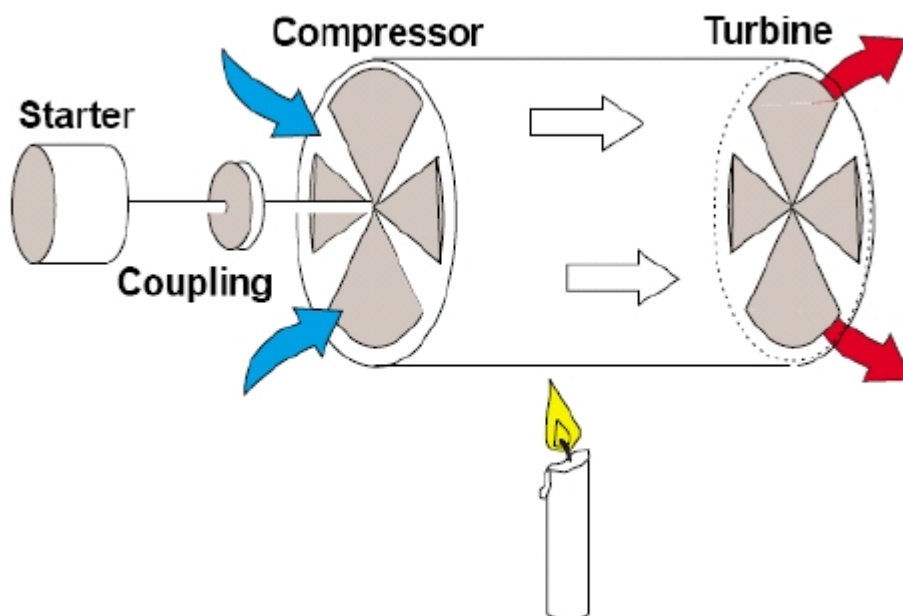
The compressor is speeded up by the starter

شکل ۴-۷: مدل ساده از یک توربین گاز

یک منبع خارجی تولید توان با یک راه اندازه اولیه از طریق کوپلینگ به کمپرسور متصل می گردد. با آغاز استارت کمپرسور به وسیله موتور راه اندازه اولیه که از طریق کوپلینگ به آن متصل شده شروع به حرکت می کند. با حرکت کمپرسور جریان هوا داخل مجرا ایجاد شده و هنگامی که این جریان از توربین عبور می کند باعث چرخش آن شده و منجر به تولید یک خروجی مکانیکی می شود. اگر فرایند بدون اتلاف انرژی فرض شود انرژی خروجی توربین برابر با میزان انرژی می باشد که جهت به حرکت درآوردن کمپرسور صرف شده است.

گرم کردن جریان هوا:

گرم کردن هوا باعث افزایش دمای آن می شود. از آنجاییکه فشار هوای داخل مجرا به وسیله کمپرسور تامین می شود افزایش دما تاثیری در بیشتر شدن فشار هوا نخواهد داشت در عوض میزان حجم هوا افزایش یافته و لذا سرعت هوا در عبور از توربین افزایش می یابد. نتیجه کلی این که مقدار بیشتری انرژی به توربین منتقل شده و انرژی مکانیکی خروجی از توربین افزایش می یابد.



شکل ۸-۴: تاثیر گرم کردن هوا

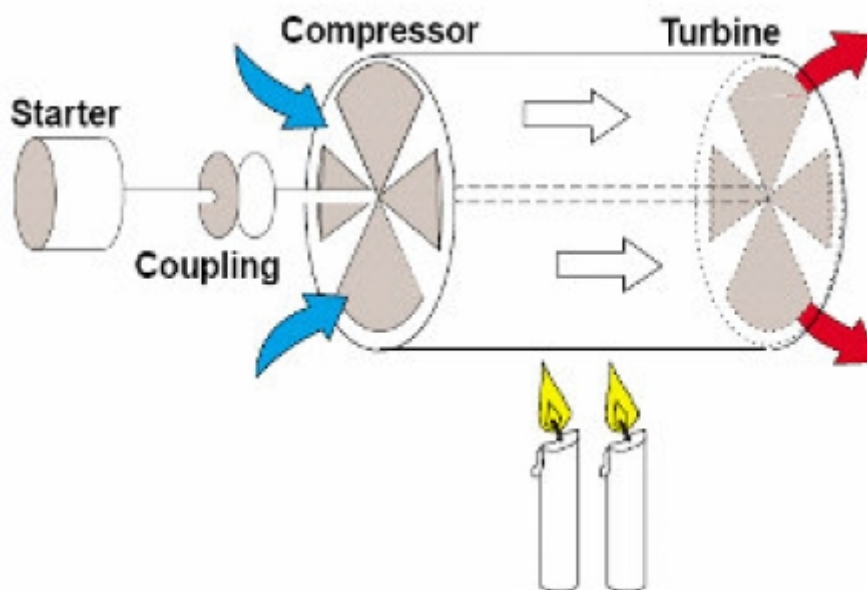
اگر فرایند را بدون اتلاف انرژی در نظر بگیریم انرژی مکانیکی خروجی از توربین برابر مجموع انرژی صرف شده جهت راندن کمپرسور و انرژی گرمای که به جریان هوا داده شده است می باشد.

سرعت خودکفایی:

اگر میزان انرژی حرارتی افزایش یابد باید توربین انرژی مکانیکی کافی، جهت به حرکت درآوردن کمپرسور تولید می نماید. چنانچه کمپرسور و توربین روی شفت مشترکی قرار گیرند موتور راه اندازه اولیه می تواند جدا شود و شرایط خودکفایی فراهم آید. موتور راه اندازه جهت ایجاد جریان هوا در مجرا لازم است. بعد از جدایی موتور راه اندازه فرایند جریان هوا ادامه می یابد.

در شرایط خودکفایی (پایدار) انرژی مکانیکی خروجی از توربین فقط برای به حرکت درآوردن کمپرسور کافی است. تمام مقدار انرژی که در نتیجه حرارت دادن تغذیه گردیده به عنوان انرژی تلف شده می باشد. در حقیقت این اتلاف انرژی به خاطر مسایلی چون اغتشاشات موجود در جریان انتقال حرارت تشعشعی و خروج انرژی از فرایند ایجاد می گردد.

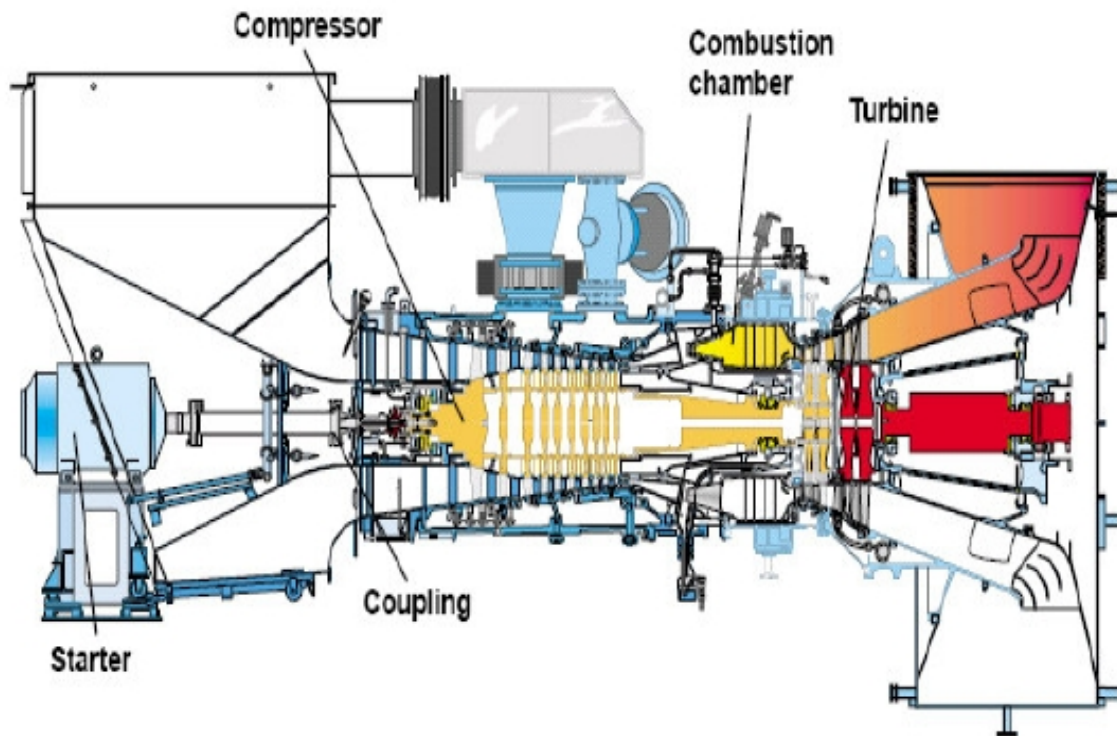
به دلایل ترمودینامیکی دمای گازهای خروجی باید از دمای هوای ورودی بیشتر باشد که این خود به معنی اتلاف انرژی است.



شکل ۹-۴: افزایش انرژی حرارتی و رسیدن به سرعت خودکفایی

تولید توان:

به منظور دست یافتن به انرژی مکانیکی مفید از توربین باید میزان انرژی حرارتی تا آنجا افزایش یابد که سرعت توربین گاز به بالاتر از سرعت خودکفایی سیستم برسد. برای اینکه توربین گاز دارای کارایی مناسب باشد، طراحی آن باید دارای پیچیدگی های بیشتر در مقایسه با مدل ساده توصیف شده باشد. ترکیب اصلی توربین گاز شامل پوسته استوانه ای است که این پوسته شامل کمپرسور، محفظه احتراق و توربین بوده و جریان گاز و هوا به صورت مستقیم از موتور عبور می نماید. این ترکیب نمونه بارز بسیاری از توربین های گازی است.

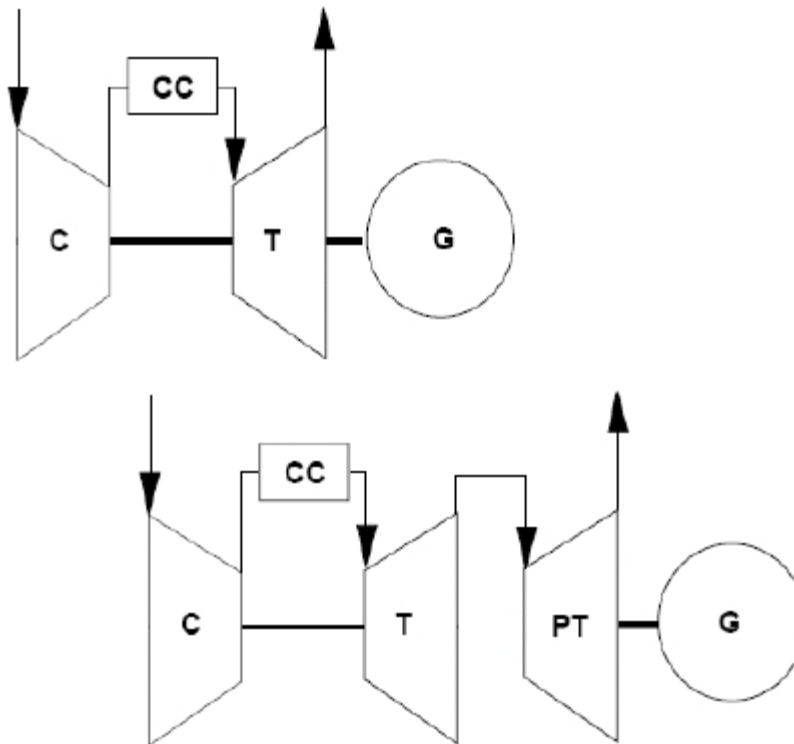


شکل ۴-۱۰: نمونه یک توربین گاز

ساختار توربین گاز

قسمتهای اصلی توربین گاز به روشهای مختلف می توانند کنار هم قرار گیرند. این قسمتها می توانند با اجزاء دیگر ترکیب شوند. ساده ترین نمونه توربین گاز نمونه تک شفتی آن می باشد اما چنانچه در ساختار توربین گاز توربین قدرت مستقل باشد امکان تغییر دادن سرعت توربین گاز در یک گستره وسیع را خواهیم داشت. در کاربردهایی که سرعت ثابت است عملکرد چرخه توربین گاز با سیکل ساده با مدل توربین گاز تک شفتی مقایسه می گردد. به بیان دیگر در مواقعی که میزان بار پایین است به منظور تغییر میزان بار باید ژنراتور گاز شتاب بیشتری بگیرد لذا هوای بیشتری مکیده خواهد شد. اما چنانچه توربین قدرت، مستقل باشد و ترکیب آن با یک ژنراتور گاز در نظر گرفته شود توربین گازی با انعطاف پذیری بیشتر خواهیم داشت. در این صورت نسبت تراکم بالاتری فراهم می شود.

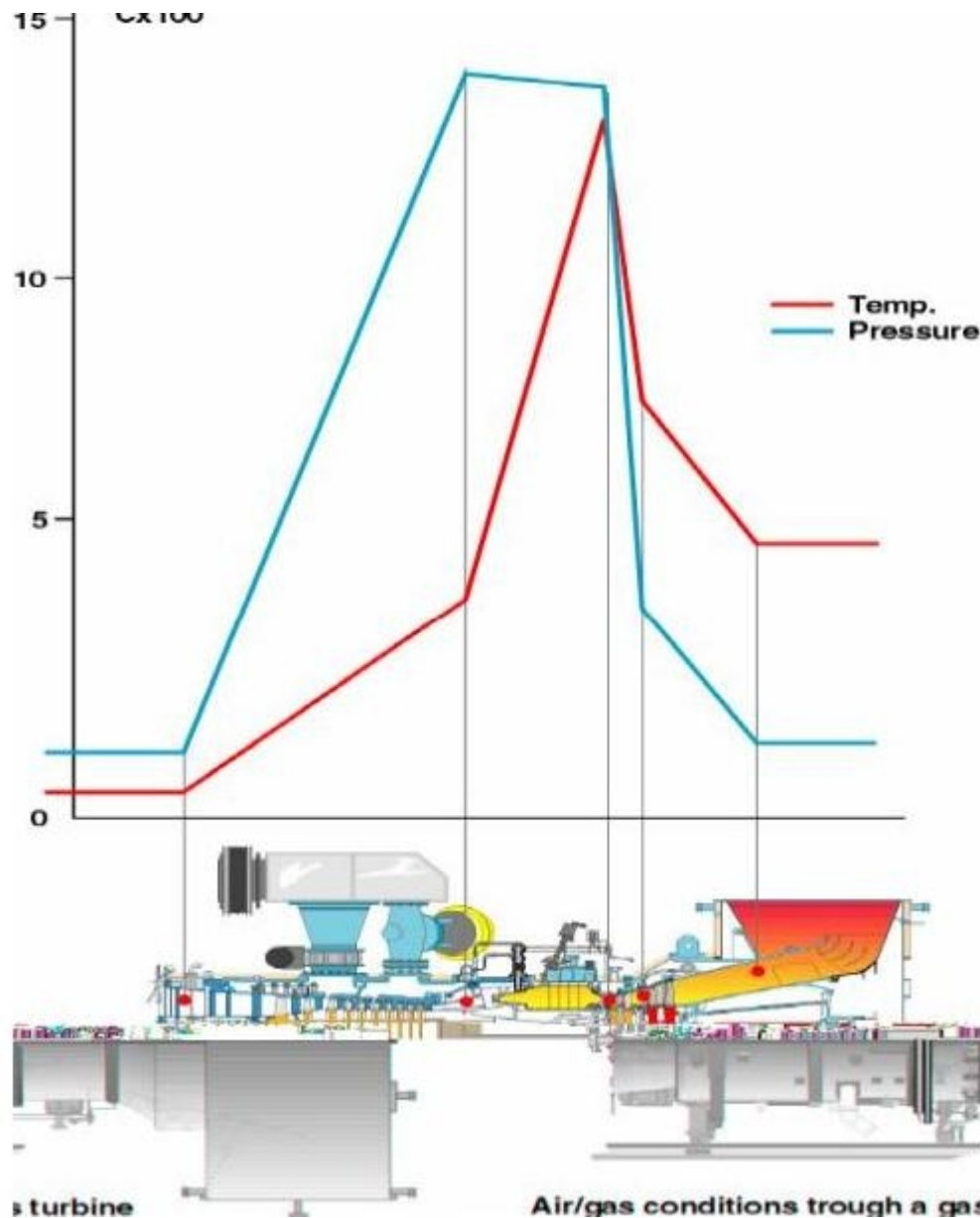
در شکل زیر دو آرایش مختلف از یک توربین گاز نشان داده شده است:



C compressor
CC combustion chamber
T turbine
CT compressor turbine
PT power turbine
G generator

شکل ۴-۱۱: دو آرایش مختلف قسمتهای یک توربین گاز

در شکل زیر نیز وضعیت فشار و دمای جریان عبور کننده از قسمتهای مختلف توربین گاز به خوبی نشان داده شده است:



شکل ۴-۱۲: وضعیت دما و فشار جریان توربین گاز در عبور از قسمتهای مختلف

توربین های گازی در ایستگاههای تقویت فشار

توربین های گاز استفاده شده در ایستگاههای تقویت فشار گاز کشور از انواع متفاوت و شرکت های مختلف می باشند ولی همه آنها در برخی پارامترهای اساسی شبیه یکدیگرند که در ذیل به آن اشاره خواهیم کرد. مطالب زیر در مورد اکثر توربین های گازی با تکنولوژی امروزی صدق می کند اگر چه در نگارش آن به توربین های گازی نوع NUOVO PIGNONE , ALSTOM توجه شده است.

هوای ورودی:

همچنان که می دانیم سیال عامل توربین گاز، هواست و این هوا از محیط اطراف توربوکمپرسور تامین می شود که البته می تواند آغشته به گرد و غبار بسیار ریز باشد. این ذرات هرچند ریز باعث بروز خوردگی و سایش و رسوب

در کمپرسور محوری هوا و پره های توربین شده و در نتیجه باعث خرابی پره های کمپرسور و توربین و پایین آمدن بازده آنان می شود. لذا جهت جلوگیری از مشکلات فوق با طراحی و تعبیه فیلترهایی در ورودی هوا به درون کمپرسور محوری، از ورود گرد و غبار و ذرات ریز به درون آن جلوگیری می نمایند. سیستم تصفیه هوای ورودی از محفظه فیلترها به قسمت ورودی کمپرسور محوری طراحی گردیده است. از طریق چند کانال دریافت کننده، هوا وارد محفظه فیلترها شده و پس از عبور از فیلتر به قسمت مرکزی پوسته ورودی هوا هدایت می شود. هر مجموعه از فیلترها به تعدادی پالس جت^۵ مجهزند که پالس جت ها وظیفه تمیز کردن فیلتر را بر عهده دارند. هوای سیستم پالس جت از هوای ابزار دقیق و یا از خود هوای کمپرسور محوری (پس از خنک شدن) تامین می گردد. این هوا پس از عبور از یک فیلتر و یک شیر کاهش دهنده فشار، وارد یک مخزن ذخیره هوا می گردد. میزان هوای ذخیره شده در مخزن نیاز یک مرتبه عمل تمیز کاری فیلترها را تامین نماید.

عایق های صوتی قسمتی از پوسته مرکزی ورودی هوا را تشکیل می دهند. به منظور جلوگیری از انتقال صدا، پوسته آنها از داخل عایق شده اند. عایق های صوتی به صورت تجهیزات چهار گوشه هستند که دیواره های این تجهیز از ورقه های سوراخدار که با پشم معدنی پر شده اند تشکیل گردیده است.

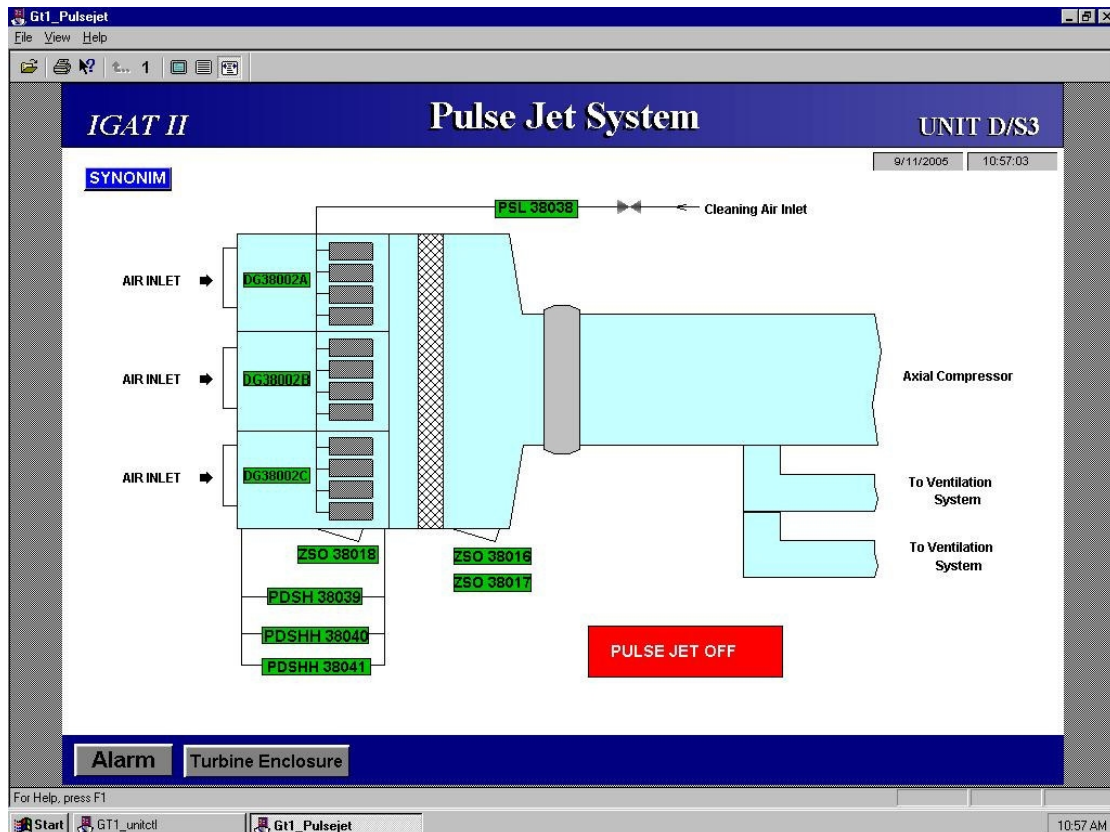
عملکرد سیستم:

عملکرد این سیستم کاملاً اتوماتیک است. همچنانکه سرعت توربین گاز افزایش می یابد جریان هوای ورودی نیز افزایش می یابد.

در شرایط کارکرد عادی توربین گاز، جریان هوا به طور پیوسته از فیلترها عبور کرده و پس از عبور از عایق های صوتی به قسمت ورودی کمپرسور محوری هدایت می گردد. چنانچه اختلاف فشار دو طرف فیلتر زیاد شود به وسیله سیستم پالس جت عمل تمیز کاری انجام می گیرد و ذرات گرد و غبار جمع شده توسط فن از محفظه فیلترها خارج می گردد.

از وظایف مهم بهره بردار در این قسمت:

- ✓ نظارت بر اختلاف فشار هوای محیط و فشار هوای ورودی کمپرسور پس از گذر از فیلتر می باشد زیرا اگر این اختلاف فشار زیاد باشد (بیش از حد معمول تعریف شده) نشان دهنده کثیف بودن احتمالی فیلترها بوده و در صورتیکه از یک محدوده ای بیشتر شود واحد با توقف اضطراری روبرو خواهد شد.
- ✓ نظارت بر انجام صحیح سیستم تمیز کننده فیلتر (پالس جت). در سیستم هایی که هوای تمیز کننده فیلتر از کمپرسور محوری تامین می شود به دلیل فشار بالای هوا و در نهایت نیاز به کاهش فشار آن امکان یخ زدگی در شیرها و مسیر هوا وجود دارد.
- ✓ چک کردن مداوم فیلترهای ورودی از نظر تمیز بودن و عدم وجود حفره و یا هرگونه خللی که طبیعتاً موجب ورود گرد و غبار و یا احیاناً آب باران و... شده و خسارات جبران ناپذیری به کمپرسور محوری هوا و توربین خواهد کرد.



شکل ۴-۱۳: نمایی از سیستم هوای ورودی و تمیز کننده فیلتر

سیستم راه اندازه اولیه:

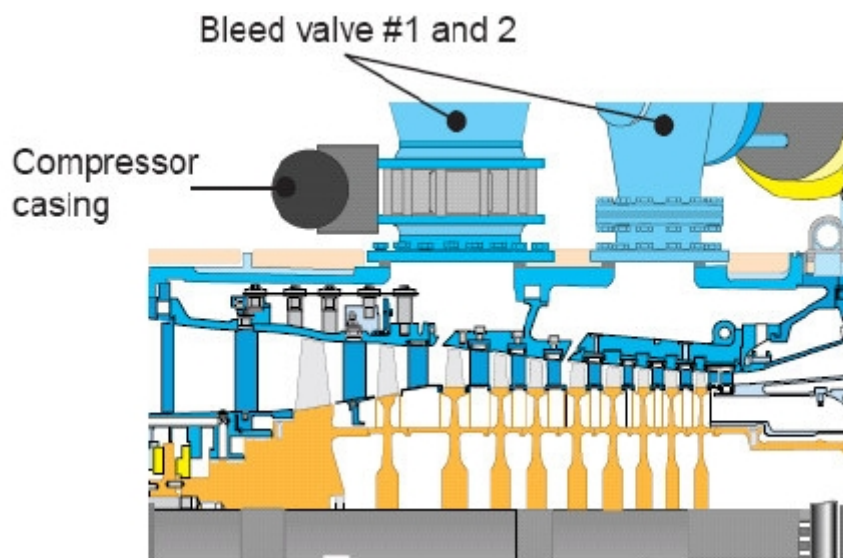
قبل از اینکه توربین به دور خودکفایی برسد نیاز است که روتور آن توسط یک سیستم راه اندازه اولیه چرخانده شود که این سیستم در توربین های مختلف متفاوت می باشد. در برخی طراحی ها از یک الکتروموتور جهت چرخاندن روتور تا دور خاصی استفاده می گردد. از این سیستم در زمان های توقف واحد و طی مراحل cool down نیز استفاده می گردد. و در برخی دیگر از سیستم توربین انبساطی راه اندازه استفاده می شود. در این روش گاز با فشار لازم که از مرکز تقلیل فشار تامین می شود وارد توربوکمپرسور شده و پره های توربین انبساطی راه اندازه را چرخانده و در نهایت روتور کمپرسور محوری را می چرخاند و این عمل تا رسیدن به دور خودکفایی ادامه می یابد. اتصال سیستم راه اندازه با شفت کمپرسور محوری بوسیله کوپلینگ انجام می گیرد. پس از رسیدن به دور خودکفایی این سیستم ها بطور خودکار از روتور کمپرسور محوری جدا شده و از کار می افتند.

وظیفه بهره بردار در این بخش:

- ✓ نظارت بر عملکرد صحیح و به موقع سیستم در زمان راه اندازی واحد و درگیر شدن آن در زمان و دور برنامه ریزی شده
- ✓ نظارت بر عملکرد صحیح در جدا شدن سیستم از شفت کمپرسور محوری در دور مخصوص طراحی شده

کمپرسور هوای توربین گازی

کمپرسور مورد استفاده دیگر یک فن ساده نبود بلکه به منظور متراکم نمودن پیوسته جریان هوا تا رسیدن به فشار مطلوب با پیچیدگی های بیشتری طراحی گردیده است. معمولاً در توربینهای گاز دو نوع کمپرسور، جریان محوری و جریان شعاعی استفاده می گردد. کمپرسورهای جریان محوری جهت بدست آوردن نسبت تراکم بالا مناسب تر بوده و دارای کارایی بیشتری می باشد لذا در اینجا این کمپرسورها توضیح داده می شوند. کمپرسور جریان محوری از یک یا چند مجموعه رتور تشکیل گردیده است. رتور حامل تیغه ها بوده و بین یاتاقانها قرار گرفته است. پره های استاتور نیز روی پوسته کمپرسور قرار دارند. یک کمپرسور دارای چندین مرحله می باشد به گونه ای که فشار هوا در هر مرحله مقدار کمی افزایش پیدا می کند. هر مرحله کمپرسور از یک ردیف تیغه های دورا که به دنبال آنها یک ردیف پره های استاتور نیز آمده است تشکیل گردیده است. در صورتی که نیاز باشد یک ردیف اضافه از پره های استاتور، که به عنوان پره های راهنمای ورودی IGV^{51} شناخته می شوند استفاده می گردد. این پره ها هوا را روی اولین ردیف تیغه های رتور هدایت می کنند و جهت جلوگیری از پدیده استال⁵² نیز بکار می روند. استال در اثر جدایش جریان هوا با زاویه ای مناسب به سمت پره های کمپرسور محوری برخورد کند و در نتیجه از بروز استال جلوگیری گردد. در ضمن زمانیکه توربین گاز نیاز به شتاب گیری داشته باشد این پره راهنمای ورودی بیشتر باز شده و در نتیجه هوای بیشتری را به سمت کمپرسور محوری می فرستد.



شکل ۴-۱۴: نمای از کمپرسور محوری

از سمت جلو به سمت عقب کمپرسور یعنی از قسمت کم فشار به سمت قسمت پر فشار، نواحی وجود دارد که در آنها کاهش تدریجی جریان هوا رخ می دهد. این مطلب به منظور ثابت نگه داشتن سرعت محوری جریان هوا با توجه به اینکه حجم به طور همزمان طی مرحله تراکم کاهش می یابد ضروری است. به منظور جلوگیری از نشستی هوا بین مراحل کمپرسور و همچنین ورودی و خروجی کمپرسور آب بندهایی وجود دارد.

⁵¹ Inlet guide vane
⁵² stall

جهت جلوگیری از وقوع پدیده سرج در کمپرسور محوری شیرهای تخلیه هوایی⁵³ در بدنه کمپرسور محوری در نظر گرفته شده تا هوای اضافی را بخصوص در لحظه تعدیل دما به اتمسفر تخلیه می گردد.

اصول عملکرد:

در طول کارکرد توربین گاز، کمپرسور بوسیله توربین و با سرعت بالا چرخانیده می شود هوا بطور پیوسته به داخل کمپرسور مکیده شده و پس از شتاب گرفتن به وسیله تیغه های دوار روتور به قسمت عقب کمپرسور متمایل می شود. عبور هوا، از پره های استاتور که به شکل دیفیوز می باشند، با کاهش سرعت و البته افزایش فشار همراه خواهد بود.

فرایند مشابهی در عبور جریان هوا از تیغه های بعدی روتور اتفاق می افتد. پره های راهنما، انحرافی را که به وسیله تیغه های روتور به هوا وارد شده رفع نموده و هوا را تحت زاویه مناسب به مرحله بعدی تیغه های روتور هدایت می کنند.

آخرین ردیف پره استاتور معمولاً مانند یک صاف کننده هوا عمل می کند به گونه ای که هوا در خروج از کمپرسور و ورود به محفظه احتراق دارای سرعت محوری یکنواخت می باشد.

وظایف بهره بردار در این بخش:

- ✓ کنترل فشار و دمای ورودی و خروجی کمپرسور محوری
- ✓ کنترل موقعیت شیرهای تخلیه هوا در زمان راه اندازی و بعد از آن
- ✓ نظارت روزانه در جهت کارکرد مناسب کمپرسور از طریق صدای آن، زیرا بروز صداهای نابهنجار و غیرعادی می تواند علامت وقوع سرج، استال و یا ورود گرد و غبار به داخل کمپرسور و در نتیجه آسیب دیدن پره های آن باشد.

سیستم سوخت گاز

هدف این سیستم تغذیه مشعل های توربین با جریان گاز در طول استارت و حین کارکرد توربین می باشد. این سیستم همچنین وظیفه تامین گاز سیستم احتراق را بر عهده دارد. به طور کلی این سیستم اهداف زیر را دنبال می کند:

- تغذیه توربین گاز با سوخت گازی
- کنترل جریان سوخت در موقع راه اندازی، در طول کارکرد توربین و هنگام توقف
- تغذیه سیستم احتراق
- کنترل و چک کردن ولوهای قطع کننده جریان از نظر سفتی ولو در برابر نشتی

سوخت گازی قبل از جریان یافتن از طریق نازل های سوخت از مسیری شامل شیرهای مختلف جدا کننده، فیلتر سوخت، شیرهای قطع کننده جریان و شیرهای کنترلی عبور می کند. گاز جهت سیستم احتراق از پایین دست فیلتر گرفته شده است. جهت تخلیه گاز باقیمانده در مسیر سوخت بعد از توقف توربین گاز چند شیر تخلیه در مسیر

⁵³ Bleed valve

سوخت در نظر گرفته شده است. سوخت تغذیه سیستم جرقه زنی نیز در ورودی محفظه احتراق مسیری جداگانه تامین می گردد.

وظایف بهره بردار در این بخش:

- ✓ حصول اطمینان از عملکرد صحیح تمام شیرهایی که در مسیر سوخت نصب شده اند.
- ✓ کنترل کردن شیر کنترلی نهایی در زمان تغییر دور و اطمینان از عملکرد صحیح و یه موقع آن
- ✓ کنترل مداوم فشار، دما و فلوی سوخت ورودی به محفظه احتراق
- ✓ چک کردن روزانه اختلاف فشار دو طرف فیلتر سوخت

محفظه احتراق

در محفظه احتراق سوخت بطور پیوسته از طریق مشعل ها، به منظور سوختن با هوا، تزریق می گردد. گرمای حاصله از سوختن سوخت گازی به گونه ای آزاد می گردد که گاز منبسط گردیده و جریان هموار و یکنواختی از گازهای گرم در تمام شرایط تامین گردد. این امر باید به گونه ای صورت پذیرد که حداقل افت فشار، همراه با حداکثر گرمای آزاد شده حاصل گردد. حداکثر گرمای آزاد شده با توجه به محدودیت های مربوط به جنس مواد تعیین می گردد. به منظور به دست آوردن راندمان حرارتی بالا و همچنین مینیم کردن میزان نشر گازهای خروجی، کارایی موثر قسمت احتراقی سیستم لازم می باشد.

طراحی محفظه احتراق:

محفظه های احتراق به روش های مختلفی طراحی می گردند. در اینجا طراحی حلقه ای محفظه احتراق توضیح داده می شود.

تعدادی مشعل درون یک پوسته حلقه ای مشترک قرار دارند که این پوسته در جلو کمپرسور واقع شده و به عنوان پانل جلو شناخته می شود. خروجی کمپرسور هوا از طریق یک دیفیوزر به پوسته حلقوی متصل شده است. مشعلها نیز از طریق پانل جلو و بوشهای سیلندری به بخش ورودی توربین ارتباط دارند. در حین استارت احتراق به وسیله یک یا چند شمع که در محفظه احتراق نصب شده اند و وظیفه ایجاد جرقه را بر عهده دارند آغاز می شود. سپس شعله به سایر مشعلها گسترش می یابد. در زیر نمای یکی از مشعلهای سیستم احتراق آورده شده است.

اصول عملکرد:

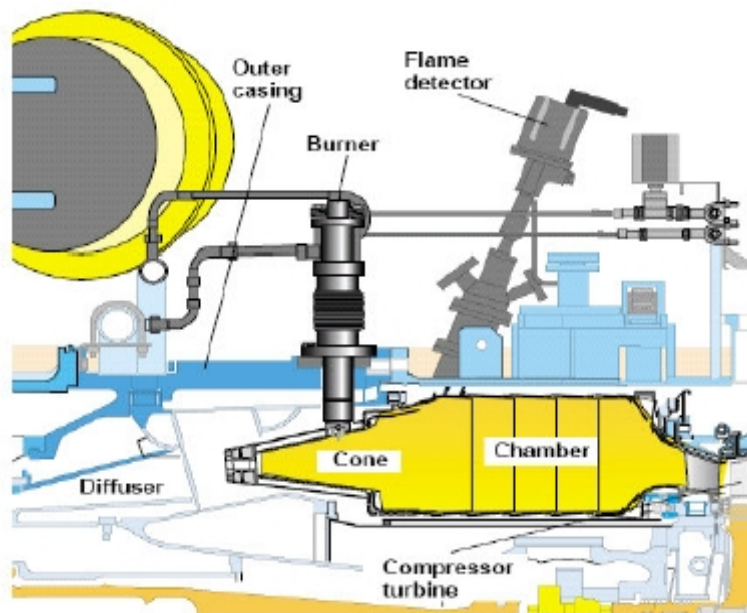
جریان هوا در موقع خروج از کمپرسور محوری سرعتی در حدود 100 m/s دارد اما سرعت سوخت احتراقی فقط چند متر بر ثانیه می باشد. بنابراین به منظور داشتن شعله پایدار سرعت جریان هوا باید کاهش یابد. جهت تامین این خواسته در محفظه احتراق ناحیه ای در نظر گرفته شده که در آن سرعت محوری جریان هوا کاهش می یابد. در این صورت شعله در شرایط کاری ماشین پایدار باقی خواهد ماند.

به منظور بدست آوردن احتراقی با کارایی بالا، دمای شعله باید در حدود ۱۰۰۰-۲۰۰۰ درجه سانتی گراد باشد. از آنجائیکه مواد شناخته شده امروزی توانایی ایستادگی در برابر چنین دماهایی را ندارند دیواره های بوشهای سیلندری باید با هوای اضافی خنک گردند. مقداری از هوا نیز جهت رقیق کردن گازهای داغ و پایین آوردن دمای آن تاحدی که قسمتهای مختلف توربین توان ایستادگی در برابر آن را داشته باشند استفاده می گردد.

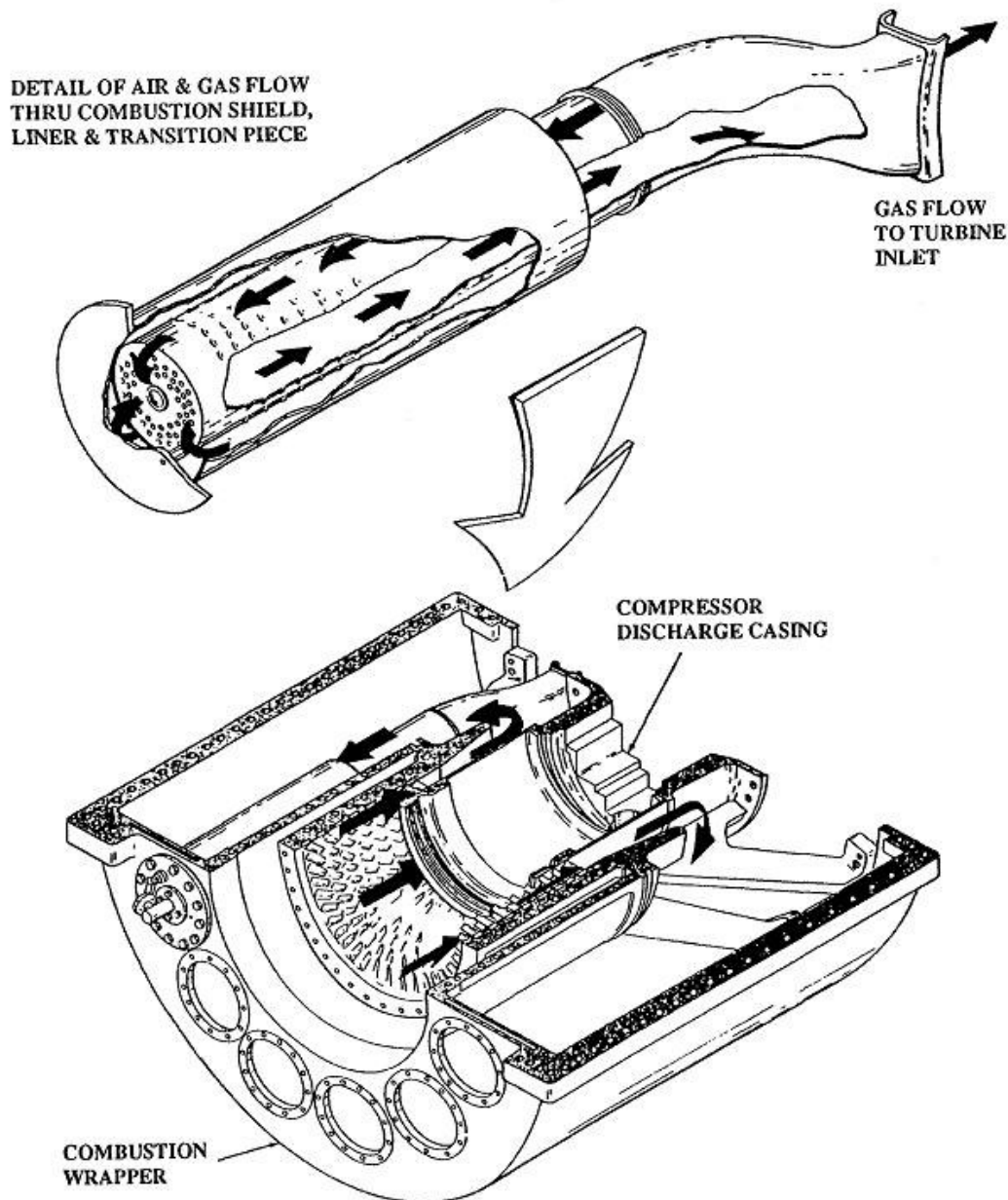
دو نوع محفظه احتراق داریم:

در برخی از آنها در حالت تامین بار فقط در حدود ۰.۲۵٪ از کل جریان هوا جهت تغذیه ناحیه احتراق و ترکیب با سوخت استفاده شده و در نوع دیگر از آنها نیز ۰.۷۵٪ از کل جریان هوا برای احتراق صرف می شود. البته این مقدار بستگی به نوع توربین گاز دارد. از باقیمانده جریان هوا جهت خنک کاری دیواره های محفظه احتراق و رقیق سازی گازهای داغ استفاده می گردد. هوای خنک کاری به گونه ای تغذیه می گردد که یک جریان نسبتاً سرد از هوا نزدیک دیواره های محفظه تشکیل گردد. هوای رقیق سازی نیز از طریق حفره های بزرگی که در پایین دست شعله وجود دارند تامین می گردد.

جهت داشتن احتراق کاملتر و بدون دود، در طراحی نازل ها، سوراخ های مارپیچی در نظر گرفته شده تا جریان سوخت و هوا را چرخشی نماید.



شکل ۴-۱۵: نمای مشعل محفظه احتراق

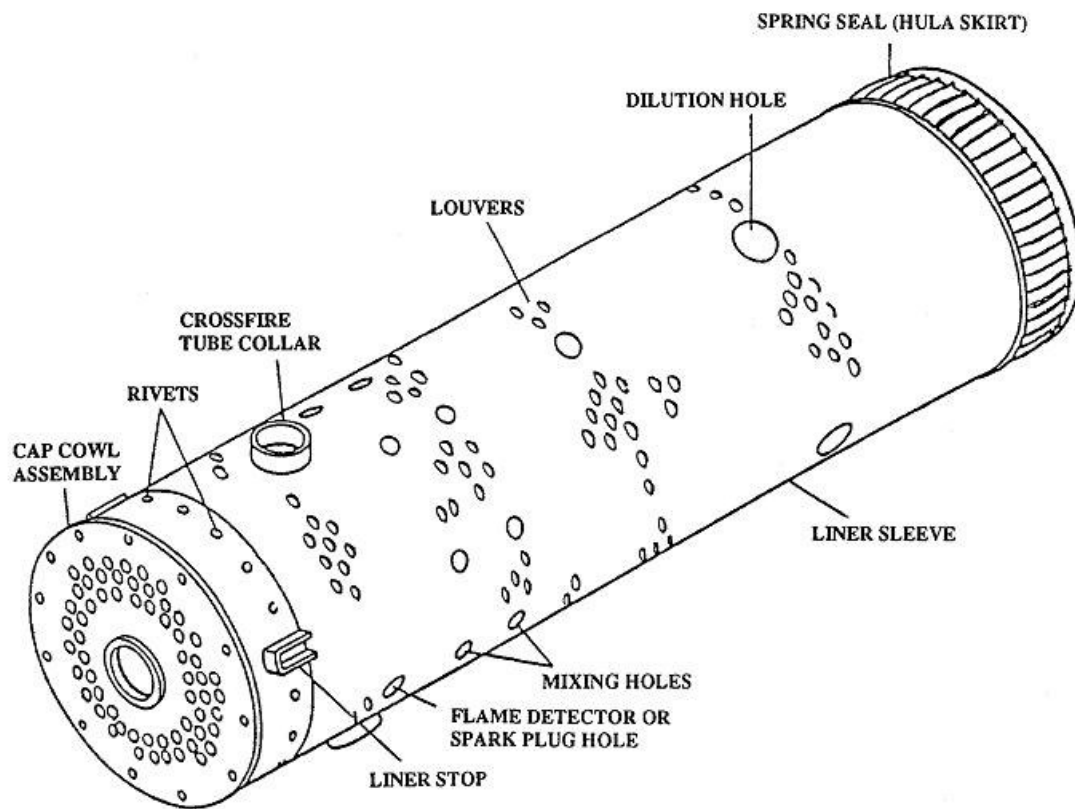


شکل ۴-۱۶: چگونگی جریان هوا در ورود به محفظه های احتراق

لایر^{۵۴} قسمتی از محفظه است که احتراق در آن صورت می گیرد و دارای حفره هایی جهت عبور هوا به منظور رقیق سازی محصولات احتراق می باشد.

وظیفه مشاهده شعله، به عهده چند سنسور شعله یاب می باشد که روی محفظه های مجاور هم قرار گرفته اند. وجود شعله باید توسط آنها تایید گردد. سنسورهای نوع ماوراء بنفش آن از گاز ویژه ای پر شده اند که اشعه ماوراء بنفشی که از سوختن هیدروکربن ها به وجود می آید را حس می کنند. در صورت ایجاد شعله، گاز داخل سنسور توسط ولتاژ DC که در دو سر ترمینال های سنسور وجود دارد یونیزه می شود و اجازه عبور جریان الکتریکی را می دهد.

liner⁵⁴



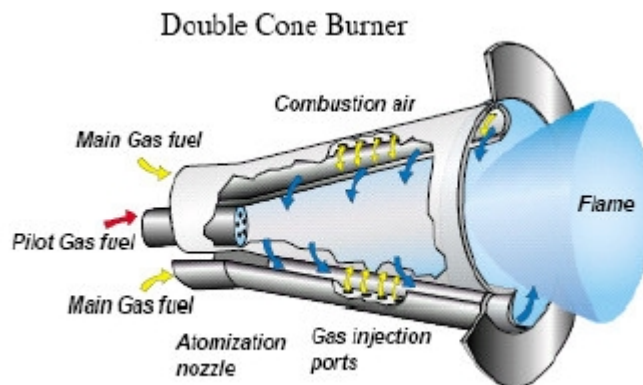
شکل ۴-۱۷: شماتیک لاینر یا قسمت داخلی محفظه احتراق

سیستم احتراق با خاصیت نشر امواج در سطح پایین:

به منظور به حائل رساندن میزان انتشار NOX، توربین گاز می تواند به محفظه های احتراقی با خاصیت نشر امواج در سطح پایین مجهز شود که بر اساس ترکیب هوا سوخت به صورت مخلوطی رقیق شده کار می کند. در این محفظه های احتراقی از مشعل های منحصر به فرد که به شکل دو مخروطی و موسوم به AEV- BURNER می باشند، استفاده شده است. به منظور اطمینان از کارکرد پایدار، تامین سوخت محفظه احتراق با تزریق سوخت از نوک مخروطی مشعل ها انجام می گیرد.

وظایف بهره بردار در این قسمت:

- ✓ نظارت بر حسن عملکرد سیستم جرقه زنی در زمان راه اندازی سیستم
- ✓ کنترل عملکرد صحیح و به موقع مشعل ها بخصوص در زمان راه اندازی
- ✓ نظارت بر دما و فشار هوای ورودی و خروجی
- ✓ حصول اطمینان از سالم بودن شعله یاب ها



شکل ۱۸-۴: نمونه مشعل مخروطی

توربین گاز

قسمتی از واحد که در آن قسمت محصولات احتراق به توان تبدیل می شوند را توربین گویند توربین توان لازم جهت به حرکت درآوردن کمپرسور محوری را تامین کرده و انرژی مکانیکی مفید در خروجی را نیز تهیه می نماید. این کار با انرژی که توربین از گازهای داغ می گیرد تامین می شود. گازهای داغ در حین عبور از توربین منبسط شده و به فشار و دمای پایین تر می رسند. از آنجایی که توربین با سرعت بالایی کار می کند در معرض نیروهای گریز از مرکز بزرگ قرار دارد. گازهای وارد شده به توربین دارای دمای خیلی بالایی می باشند. معمولاً دو نوع توربین می تواند استفاده گردد:

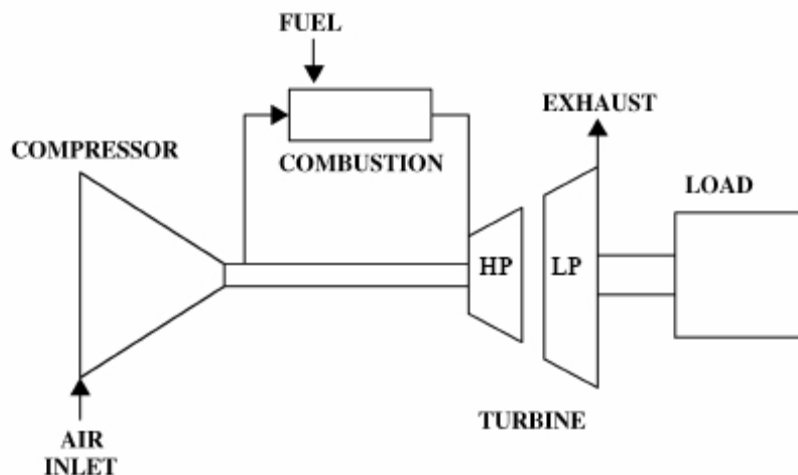
توربین با جریان شعاعی و توربین با جریان محوری.

در توربین با جریان شعاعی گاز در جهت شعاعی وارد توربین می گردد ولی در توربین های جریان محوری گاز در جهت محور از توربین عبور می کند. در این قسمت توربین های جریان محوری توضیح داده می شود.

توربین با جریان محوری:

توربین گاز دارای دو سری پره می باشد که از نظر مکانیکی مستقل می باشند. اولین مرحله فشار قوی برای گرداندن روتور کمپرسور و شافت لوازم جانبی بکار می رود.

مرحله دوم یا مرحله فشار ضعیف نیز کمپرسور گریز از مرکز گاز را می چرخاند. هدف از مستقل بودن توربین های فشار قوی و فشار ضعیف و عدم اتصال آنها به یکدیگر عملکرد آنها در دوره های مختلف و تامین بارهای مختلف مورد نیاز کمپرسور گاز می باشد.

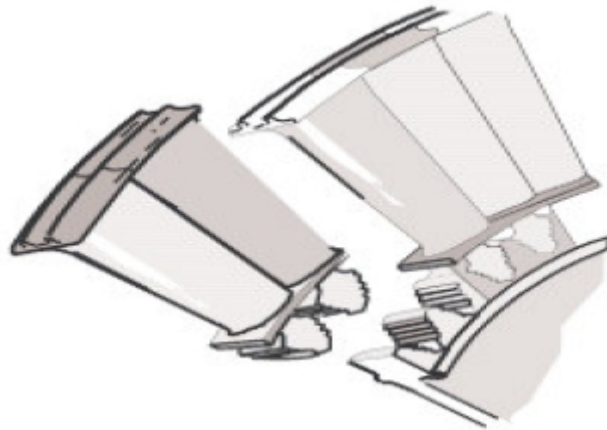


شکل ۱۹-۴: استفاده از دو چرخ توربین جداگانه در توربوکمپرسور های ایستگاه

توربین گازی دارای چهار یاتاقان می باشد، این یاتاقان ها بصورت بیضوی^{۵۵} و لقمه ای زاویه دار^{۵۶} بوده و تحت فشار، روغنکاری می شوند. این طرح ها یاتاقان باعث می شود تا سرعت بحرانی قطعات دوار همیشه بالاتر از بازده سرعت کارکرد توربین قرار گیرد و توربین دارای استارت، بارگذاری و توقف سریعتری باشد. علاوه بر موارد فوق این طرح اجازه می دهد که پره های توربین و همچنین پره های روتور در یک لقی کمی باقی بمانند تا بتوان بازدهی جزیی و خروجی بالاتری داشت. هر دو توربین دارای بدنه با طراحی و قالب دقیق و پره هایی با ساق طویل می باشند. این نوآوری بطور موثری لبه ها و پایه پره ها را از قرار گرفتن در معرض جریان اصلی گاز با دمای بالا حفظ می کند. چرخ های توربین^{۵۷} توسط هوای گرفته شده از کمپرسور خنک می شوند. دمای فضای بین پره ها نیز توسط ترموکوپل های مخصوصی قابل مشاهده است. توربین معمولاً از چندین مرحله تشکیل گردیده است. هر مرحله خود متشکل از یک ردیف پره های راهنمای ثابت به همراه یک ردیف تیغه های متحرک می باشند. پره های راهنما روی پوسته توربین تعبیه شده اند و تیغه ها درون دیسک های توربین محکم گردیده اند. پره های راهنما معمولاً دارای نوعی پوشش داخلی می باشند که به واسطه آن نشت گازهای داغ از زیر پره ها کاهش یافته و همچنین به عنوان محافظ روتور محسوب می گردند. تیغه های توربین نیز گاهی پوشش هایی در نوک خود دارند که باعث می شود تیغه ها از نظر دینامیکی بهتر عمل کرده و میزان نشتی نیز کاهش یابد. دیسکهای توربین نیز روی شفت قرار دارند.

پره های توربین درون شیارهایی که به شکل درخت کاج هستند محکم می شوند. این پره ها دارای پوششی می باشند که باعث کم شدن میزان نشتی در مراحل میانی می گردد. در شکل زیر شیارهای کاجی شکل به خوبی نشان داده شده است.

⁵⁵ Elliptical
⁵⁶ Tilting pad
⁵⁷ Turbine wheel

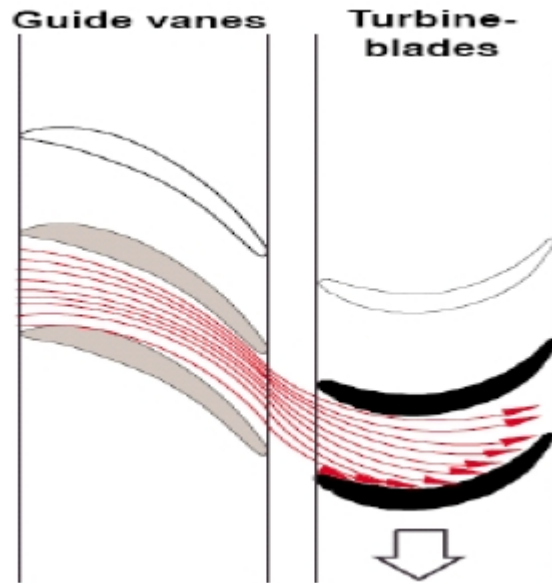


شکل ۴-۲۰: پره های توربین

پره های روتور مانند پره های راهنما به روش ریخته گری دقیق ساخته شده و از داخل خنک می شوند. تمامی سطوحی که در مجاورت گازهای داغ قرار می گیرند به وسیله یک لایه بخار آلومینیوم - پلاتین پوشانیده شده است. این کار جهت محافظت در برابر خوردگی و اکسید شدن انجام می گیرد. به منظور جلوگیری از نشت گاز، آب بندهایی بین مراحل توربین وجود دارد. همچنین آب بندهایی به منظور جلوگیری از نشت گازهای داغ به طرف شفت و یاتاقان ها وجود دارد. هوای آب بندی این آب بندها اغلب از مراحل مناسب کمپرسور محوری تامین می گردد. این هوا به سمت دیسکهای توربین نیز هدایت گشته تا علاوه بر خنک کردن آنها از انتقال گرما به سمت شفت و یاتاقانها جلوگیری نماید.

اصول عملکرد:

در عبور جریان از فضای همگران بین پره های راهنما، گازهای داغ منبسط می شوند. انرژی فشاری به انرژی جنبشی تبدیل گشته و گاز شتاب خواهد گرفت. همزمان گاز، حرکتی چرخشی در جهت چرخیدن تیغه های توربین ایجاد می نماید. در نتیجه حرکت تیغه ها، گاز منحرف شده و با توجه به اینکه مسیرهای عبور گاز به صورت همگرا است به انبساط گاز کمک می گردد. هنگامی که گازهای داغ به تیغه ها برخورد می نماید انرژی موجود در جریان گاز به تیغه ها منتقل گردیده و باعث می گردد تا توربین بچرخد و در نتیجه توان لازم جهت راندن شفت توربین فراهم شود.



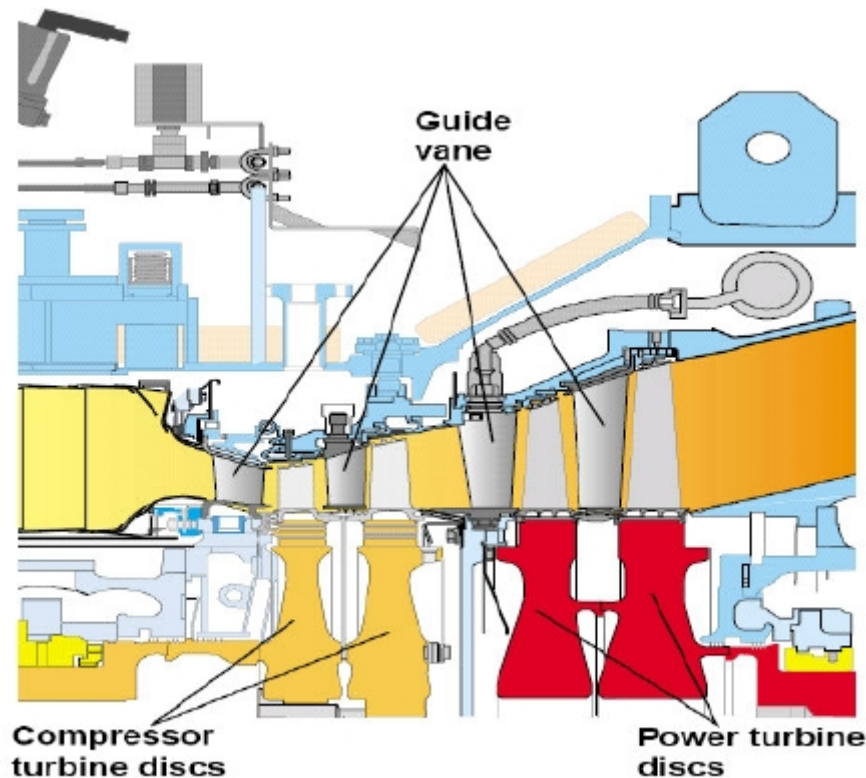
شکل ۴-۲۱: جریان گاز در هنگام برخورد با تیغه های تور

گاز در ادامه بیشتر منبسط گردیده و به وسیله پره های راهنمای مرحله بعد به سمت تیغه های ردیف بعد هدایت می گردد. اگر انرژی گاز به صورت مناسب جذب گردد حرکت چرخشی جریان گاز هنگام خروج از مرحله آخر توربین گرفته خواهد شد. بنابراین جریان گاز در خروج از توربین از حالت چرخشی خارج شده و به صورت یک جریان محوری وارد سیستم اگزوز می گردد. به منظور افزایش نسبت تراکم فشار در توربین، کانال خروجی گاز بصورت حلقوی و به شکل یک دیفیوزر می باشد. این کانال خروجی توربین متصل است.

افزایش و یا کاهش دور در توربین های مختلف مکانیزمهای متفاوتی دارد. در برخی از آنها از نازل های متغیری روی توربین فشار ضعیف استفاده می شود که در این صورت زاویه برخورد محصولات احتراق با پره های توربین تغییر کرده و در نتیجه دور کم و یا زیاد می گردد و در برخی دیگر صرفاً از طریق کم و زیاد کردن سوخت کنترل می گردد.

طراحی این نازل ها باعث تعدیل اثرات افزایش دما در نتیجه عبور گازهای داغ شده و علاوه بر آن تجهیزات را در مسیر گازها منظم نگه می دارد. نازل ها به شکل ایرفول و بصورت توخالی ساخته شده اند. در لبه انتهایی آنها نیز سوراخ هایی تعبیه شده است که قسمتی از هوای کمپرسور قبل از وارد شدن به محفظه احتراق، از طریق این سوراخ ها به نازل ها نشست کرده و خنک کاری نازل ها را انجام می دهد.

چرخ های توربین های فشار قوی و فشار ضعیف از نظر مکانیکی بر روی دو روتور مجزا سوار شده اند. این خصیصه باعث می شود که بتوان دور روتور را در دو سرعت مختلف به کار گرفت.

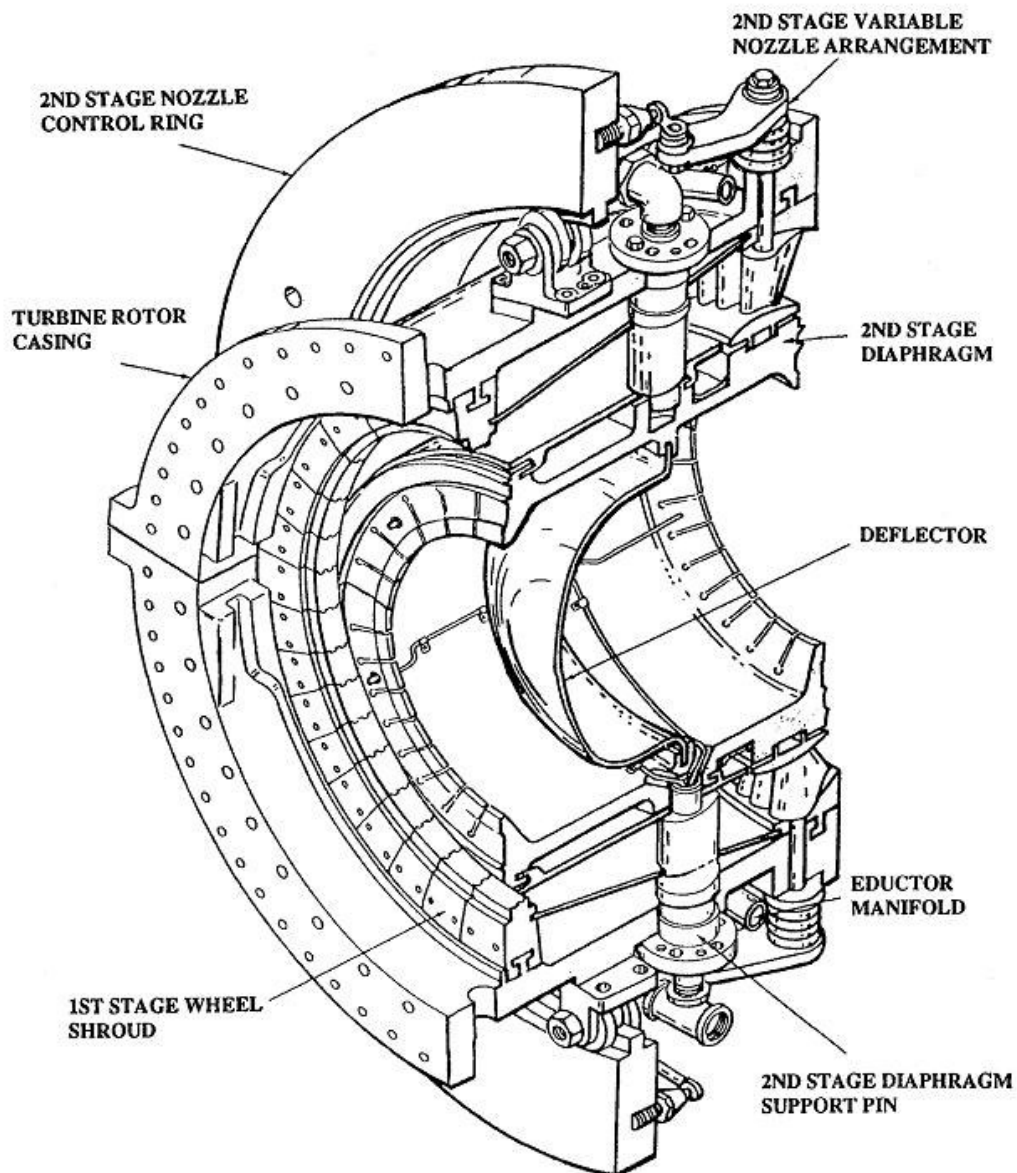


شکل ۴-۲۲: نمای توربین

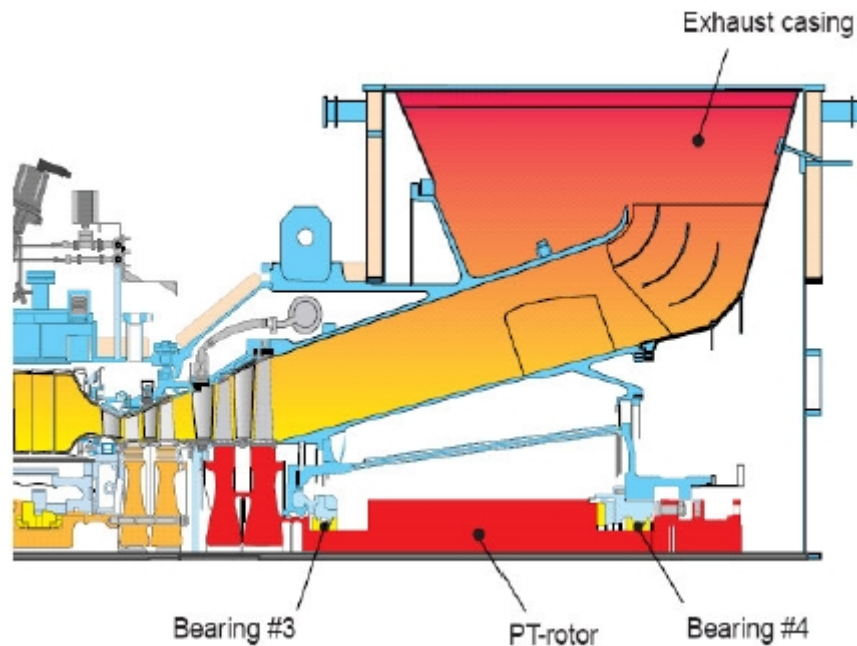
پوسته توربین:

بدنه یا پوسته توربین یکی از اصلی ترین قطعات سازه توربین گاز است که در قسمت خارجی، از جلو به بدنه خروجی کمپرسور محوری و در انتها به قاب آگزوز پیچ شده است. دیواره داخلی توربین به جز در سطوح کوچکی شامل سطح تماس ایزوله شده است. علاوه بر این هوای خروجی کمپرسور که از بین قطعات نازل مرحله اول نشت می کند به فضای بین بدنه توربین و دیواره خارجی مسیر عبور محصولات احتراق راه پیدا کرده و باعث کاهش انتقال حرارت تشعشعی از دیواره های داغ به بدنه توربین می شود. همچنین در بدنه توربین سوراخ هایی تعبیه شده است که با سوراخ هایی در قسمت آگزوز جفت می شوند. هوای محیط از طریق این سوراخ ها باعث خنک کاری قسمت انتهایی بدنه توربین و آگزوز می شود. پوسته توربین به پوسته دیفیوزری پیچ شده است. هدف از دیفیوزر، کند کردن میزان سرعت جریان گازهای داغ و بدست آوردن فشار استاتیکی است تا از طریق نسبت تراکم فشار در توربین افزایش یابد. محفظه باتاقان ها به پوسته دیفیوزری متصل است. پوسته آگزوز بخش بزرگی از پوسته دیفیوزری را در برگرفته و گازهای خروجی را به کانال خروجی هدایت می کند. پوسته توربین به گونه ای طراحی گردیده است تا حداقل فشار برگشتی را داشته باشیم. این مساله برای اینکه کمترین تاثیر را در توان خروجی توربین داشته باشیم مهم است.

در شکل زیر نمایی کلی از توربین قدرت آورده شده است.



شکل ۴-۲۳: شماتیک پوسته نوعی از توربین و قطعات نصب شده بر آن



شکل ۴-۲۴: توربین قدرت و اگزوز

از وظایف مهم بهره بردار در این بخش:

- ✓ کنترل و نظارت بر دور توربین فشار قوی و فشار ضعیف
- ✓ کنترل بر نحوه عملکرد صحیح نازل متغیر در زمان تغییر دور واحد (در صورت داشتن نازل متغیر در توربین فشار ضعیف)
- ✓ کنترل بر نحوه عملکرد شیرهای تنظیم سوخت در زمان تغییر دور واحد
- ✓ کنترل دمای ورودی توربین (خروجی محفظه احتراق)
- ✓ کنترل دمای دیسک های توربین
- ✓ کنترل دما و فشار هوای خروجی از توربین (اگزوز)

سیستم روانکاری روغنکاری

این سیستم به منظور روانکاری و خنک کاری یاتاقانها و تجهیزات متحرک توربین گاز استفاده می گردد. به منظور کارکرد ایمن و مطلوب توربین و تجهیزات متحرک آن، دما و فشار روغن به طور پیوسته کنترل می شود. روانکاری هر واحد توسط یک سیستم روانکاری تحت فشار با سیکل بسته می گیرد. این سیستم شامل تانک روغن، خنک کننده های روغن^{۵۸}، پمپ ها، فیلترها، شیرها و وسایل دیگری جهت کنترل و حفاظت از سیستم می باشد. بطور کلی روغن در این سیستم وظیفه روانکاری چهار یاتاقان ها و همچنین تامین روغن سیستم راه انداز را بر عهده دارد. در مراحل راه اندازی، کارکرد عادی و خنک کاری توربین گاز سیستم روانکاری در سرویس می باشد. در موقع از دست دادن منبع تغذیه AC با توجه به برخورداری سیستم روانکاری از سیستم پشتیبانی DC باتری ها، عمل روانکاری تجهیزات متحرک ادامه خواهد داشت پمپ روانکاری اصلی می تواند از نوع پمپ های جابجایی

⁵⁸ Oil cooler

مثبت⁵⁹ و چرخنده ای (که نیروی خود را از شفت توربین تامین کند) و یا از نوع گریز از مرکز و یا هر دو نوع توانان باشد. پمپ روغنکاری کمکی در هنگام استارت یا توقف واحد، که پمپ روغنکاری اصلی قادر به تامین فشار کافی برای روغنکاری و عملکرد ایمن واحد نیست، فشار لازم برای این منظور را فراهم می کند. در برخی از انواع توربوکمپرسورها، پمپ روغنکاری اضطراری به منظور تامین روغن روغنکاری یاتاقان ها در مواقعی که پمپ روغنکاری کمکی خارج از سرویس بوده و یا قادر به تامین فشار کافی برای روغنکاری یاتاقان ها نیست در نظر گرفته شده است. فیلترهای روغن نیز بصورت جفت بوده که یکی در سرویس و دیگری رزرو می باشد. فیلتر رزرو را می توان بدون آنکه خللی در کار توربین ایجاد شده و یا واحد متوقف گردد، از محل خود خارج و بازرسی کرد. پس از توقف واحد و در زمان COOL DOWN جهت جلوگیری از شکم انداختن و اعوجاج شافت و داغ ماندن قسمتی از یاتاقان ها در اثر عدم چرخش شفت به راه می افتد. روغن روغنکاری پس از گذشتن از یک فیلتر به ورودی پمپ روغن اضطراری وارد می شود و این پمپ وظیفه روغنکاری و خنک کاری روتور و یاتاقانها را به عهده دارد.

در زمان قطع برق طی مراحل خنک کاری⁶⁰ بصورت نرمال خود بسیار لازم و ضروری است لذا این سیستم باید کار کند. در برخی توربینها از همان پمپ های AC و به کمک پشتیبانی باتریها استفاده می گردد (پس از تبدیل جریان DC به AC) و در برخی دیگر از پمپ های DC و جریان مستقیم باتریها استفاده می شود.

سایر اجزای سیستم روغنکاری بدین شرح می باشد:

- سوئیچ جهت اخطار دادن کاهش فشار روغنکاری
- گنج های نشان دهنده سطح روغن
- سوئیچ هایی برای اخطار و توقف هنگام دمای بیش از حد روغن
- شیرهای یک طرفه جهت جلوگیری از برگشت روغن.

در خروجی پمپ اصلی، شیر یک طرفه ای قرار گرفته است تا از جریان معکوس روغن جلوگیری نماید. در زمان راه اندازی واحد دمای روغن معمولاً پایین است لذا لزجت روغن بالاست به همین دلیل چند عدد هیتر روغن در درون تانک روغن وجود دارد تا دمای روغن را در زمان استارت بالاتر از دمای طراحی شده نگه دارد. توجه به این نکته نیز ضروری است که در زمان روشن شدن این هیترها، پمپ روغنکاری اصلی و یا کمکی باید روشن باشد چون در غیر این صورت بدلیل جریان نداشتن روغن درون تانک، روغن در نقاط تماس با هیترها نقطه سوز شده و در نتیجه تغییر خواص روغن، صافی سطح یاتاقان ها را از بین می رود. لازم به ذکر است که سطح روغن درون تانک باید به حدی باشد که تمام سطح هیترها، بیش از حد افزایش یافته که آن نیز باعث افزایش بخارات روغن می گردد.

- سیستم خنک کننده که دارای چند عدد فن خنک کننده هوایی می باشد وظیفه خنک کاری روغن را به عهده دارد. زیرا دمای بالای روغن موجب رقیق شدن و کاهش لزجت آن می گردد که این مساله در کار انتقال حرارت در یاتاقان ها اختلال ایجاد کرده و نیز باعث می شود روغن شرایط لازم جهت کاهش اصطکاک بین

⁵⁹ Positive displacement
⁶⁰ Cool down

شافت و یاتاقان را از دست بدهد. این سیستم با کنترلی که روی فن ها دارد دمای روغن را در محدوده مجاز خود نگه می دارد.

- هیترهای برقی: برای جلوگیری از نفوذ سرمای بیش از حد زمستان به روغن در طی مسیر به سمت خنک کننده از هیترهای برقی اطراف لوله های روغن استفاده شده که بصورت اتوماتیک و دستی قابل فرمان دادن هستند. مقداری از روغن در اثر برخورد با نواحی داغ، بخار می شود و در تانک روغن دود ایجاد می کند به این منظور یک سیستم جداکننده که مجهز به یک الکتروموتور و یک مخزن می باشد، روغن و بخارات آن را از هم جدا کرده، بخارات روغن به اتمسفر هدایت و روغن ته نشین شده مجدداً به سیستم برمی گردد.

وظایف بهره بردار در این قسمت:

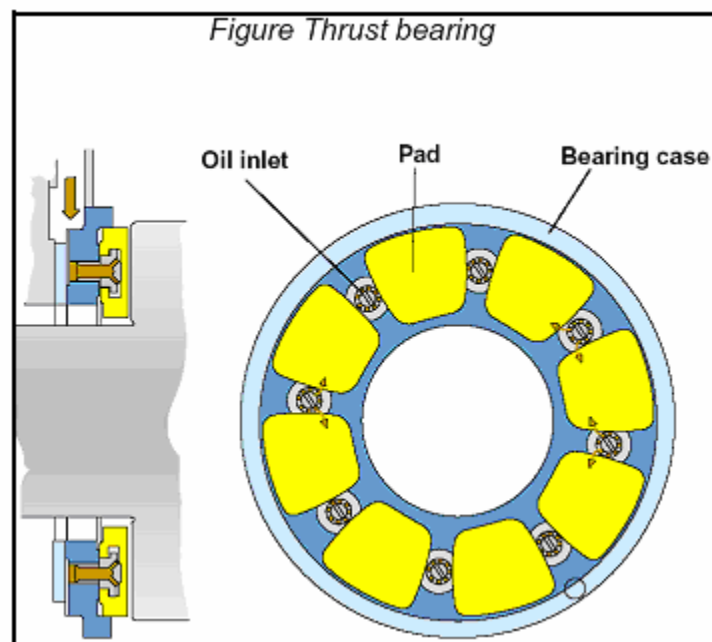
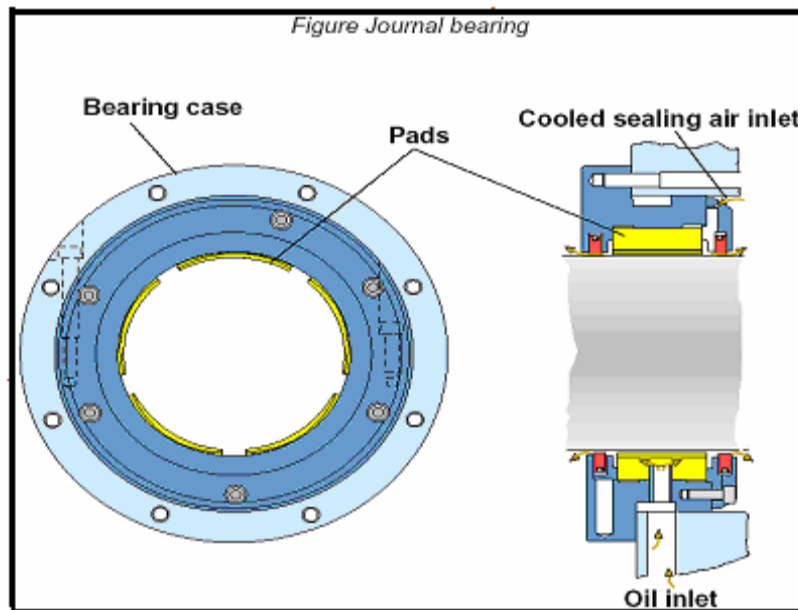
- ✓ بازدید روزانه از اتاقک توربین و کمپرسور و گزارش نشتی های احتمالی در سیستم
- ✓ بازدید روزانه از سطح روغن در مخزن آن
- ✓ کنترل مداوم روغن مخزن
- ✓ حصول اطمینان از کارکرد صحیح سیستم، بخصوص پمپ های اصلی و کمکی آن
- ✓ کنترل روزانه دمای ورودی و خروجی واحد خنک کننده روغن
- ✓ کنترل مداوم فشار و دمای روغن در نقاط مخصوص روغنکاری (یاتاقان ها)
- ✓ کنترل اختلاف فشار دو طرف فیلتر روغن

یاتاقان ها

بدنه دستگاه روی ۴ یاتاقان اصلی سوار می شود این یاتاقان ها سرعت بحرانی قطعات دوار را بالاتر از سرعت کارکرد آن برده و راه اندازی و توقف توربین را آسان و سریع می نماید. در ضمن اجازه حرکت شعاعی و محوری را از دستگاه می گیرد. روانکاری و خنک کاری این یاتاقان ها توسط روغن فشار دار انجام می گیرد. حسگرهایی، دما، فشار روغن و ارتعاشات یاتاقانها را اندازه می گیرند و از وظایف مهم بهره بردار، کنترل و نظارت دقیق بر پارامترهای فوق می باشد تا از محدوده مجاز تعیین شده توسط سازنده عبور نکند.

توربین گاز ۴ یاتاقان بیضوی و بالشتکی زاویه دار دارد که تحت فشار روغنکاری می شوند. این ۴ یاتاقان سرعت بحرانی قطعات دوار را بالاتر از حداکثر سرعت کارکرد توربین نگه می دارند در نتیجه توربین دارای استارت، بارگذاری و توقف سریعتری می شود. یاتاقان های شماره ۱ و ۲ تکیه گاه کمپرسور محوری و توربین فشار قوی و یاتاقان های شماره ۳ و ۴ تکیه گاه شافت توربین فشار ضعیف می باشد.

روغنکاری یاتاقان ۲ بدلیل نزدیکی به محفظه احتراق مهمتر از بقیه یاتاقان هاست. سیلهای روغن نیز از نوع لایبرنتی می باشد که در نشیمنگاه یاتاقان قرار داشته و فاصله بسیار کمی با شافت توربین دارند. در ضمن هوای کمپرسور محوری نیز به لایبرنتها در سیل بهتر کمک می کند. همه یاتاقانهای فوق از طریق روغن تحت فشار روغنکاری می شوند. آب بندهای روغن نیز از نوع شانه ای (Labyrinth) می باشند که در نشیمنگاه یاتاقان قرار داشته و لقی بسیار کمی با شافت توربین دارند. البته به منظور مطمئن تر از هوای کمپرسور محوری نیز برای آب بندی استفاده میشود.



شکل ۴-۲۵: شماتیک یاتاقان محوری و شعاعی و نحوه عملکرد آنها

وظایف بهره بردار:

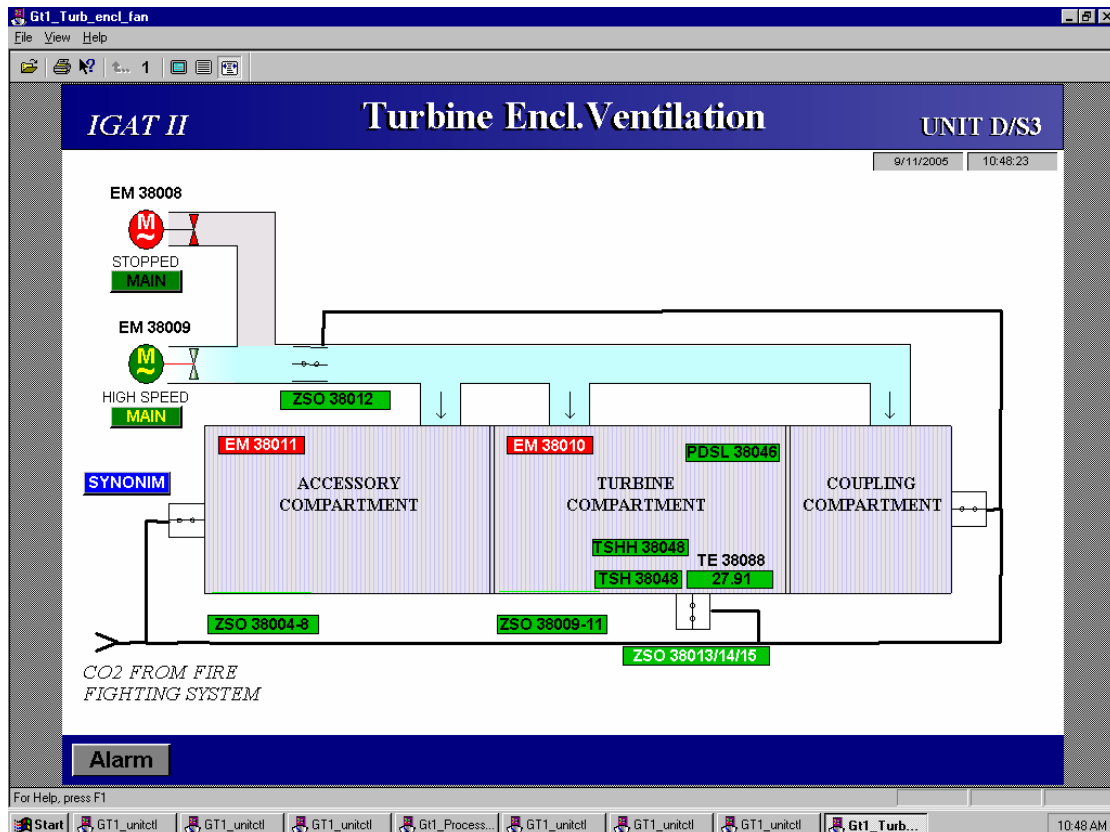
- ✓ کنترل مداوم دما و فشار روغن یاتاقان ها
- ✓ کنترل مداوم ارتعاشات یاتاقانها

سیستم تهویه

سیستم تهویه جهت تغذیه فضای داخلی اتاق توربین گاز با مقدار لازم هوا در نظر گرفته شده است تا علاوه بر انجام عمل خنک کاری، در برقراری جریان هوا به منظور ایجاد ناحیه ایمن و بی خطر موثر باشد. این سیستم اهداف زیر را دنبال می کند:

- فشار داخل اتاق توربین گاز را به گونه ای تامین می کند تا اختلاف ناچیزی با محیط بیرون ایجاد گردد. فشار داخل اتاق می تواند بیشتری ا کمتر از فشار محیط باشد.
 - هنگامی که سیستم اطفاء حریق فعال می گردد دمپر^{۶۱} های سیستم تهویه بسته گردند.
- سیستم تهویه اتاق تجهیزات کمکی نیز به منظور تغذیه اتاق با مقدار لازم هوا جهت خنک کردن اتاق در نظر گرفته شده است. این سیستم از یک کانال ورودی که هوا را به داخل اتاق توربین گاز هدایت می کند و یک کانال خروجی که هوا را از قسمت انتهایی محفظه توربین، جایی که تشعشعات حرارتی، بالاترین میزان را داراست خارج می کند، تشکیل گردیده است. کانال های ورودی و خروجی از جنس ورق استیل گالوانیزه بوده دارای عایق های صوتی و دمپر و یک فن می باشند. اگر از هوای بیرون جهت تهویه استفاده گردد از فیلتر هم استفاده می گردد. معمولاً در بیشتر کاربردها عمل تهویه با زیاد شدن فشار داخل اتاق توربین گاز همراه است مگر در جاهایی که واحد توربین گاز در ناحیه خطر قرار دارد. در مواقع بروز آتش دمپرها بسته شده و از ورود هوا به محفظه توربین جلوگیری می شود. این کار به تمرکز CO_2 آزاد شده در محفظه توربین کمک می کند. در این حالت فن سیستم نیز به صورت اتوماتیک خاموش می گردد. سیستم تهویه اتاق تجهیزات کمکی از سیستم تهویه اتاق توربین گاز جدا می باشد. هوا از قسمت تصفیه کننده وارد سیستم تهویه شده سپس به دو شاخه تقسیم می گردد. یک شاخه هوای تهویه محفظه توربین و شاخه دیگر هوای تهویه اتاق تجهیزات کمکی را تامین می نماید. این سیستم کاملاً اتوماتیک عمل می کند. هنگام راه اندازی، فن روشن می گردد و جریان ثابتی از هوا را در حین کار سیستم فراهم می نماید. عملکرد این فن با توجه به اختلاف فشار دو طرف آن تحت کنترل می باشد. عملکرد کلی سیستم تهویه با توجه به اختلاف فشار بین داخل و خارج محفظه توربین کنترل می گردد. هنگام توقف واحد سیستم تهویه در چند ساعت نخست مرحله خنک کاری توربین در سرویس می باشد و چنانچه نیاز نباشد به صورت اتوماتیک از سرویس خارج می گردد. عمل تهویه سیستم در زمان توقف کامل واحد، هر زمان که نیاز باشد، بجز هنگامی که اخطار سیستم گاز یاب فعال است بصورت دستی قابل انجام است.
- به منظور عملکرد ایمن سیستم تهویه دو نوع دمپر در این سیستم پیش بینی شده است:
- دمپر های جاذبه ای که به واسطه وزن خود بسته می شوند و توسط فن های تهویه و از طریق مکش این فن ها باز می شوند. این دمپرها در قسمت فیلتر ها قرار دارند.
 - دمپرهایی که در مسیر های ورودی و خروجی سیستم تهویه قرار دارند. این دمپرها بصورت اتوماتیک بسته می شوند و بسته شدن آنها به وسیله آتش یاب و از طریق فشار CO_2 خروجی صورت می گیرد.
- شکل زیر شماتیک این سیستم را نشان می دهد.

damper⁶¹



شکل ۴-۲۶: شماتیک سیستم هوای تهویه توربین

وظایف بهره بردار در این بخش:

- ✓ کنترل اختلاف فشار بین هوای داخل اتاقک های توربین و هوای بیرون که نمایانگر روشن بودن یا نبودن فن هاست.
- ✓ کنترل دمای اتاقک های توربین

سیستم هوای آب بندی و خنک کاری^{۶۲}

جهت آب بندی روغن یاتاقان ها و خنک کاری قسمتهای مختلف توربین از هوای مراحل مختلف کمپرسور محوری (بنا به نوع طراحی) و نشتی هوای آب بندی کمپرسور جریان محوری و همچنین هوای محیط استفاده می شود.

هوای گرفته شده از کمپرسور به منظور آب بندی یاتاقان ها درمقابل نشتی روغن، خنک کاری پوسته توربین و همچنین خنک کاری آگروز و بازوهای نگهدارنده داخلی آن، خنک کاری سمت راست چرخ توربین فشار قوی، هر دو طرف چرخ توربین فشار ضعیف و سمت چپ چرخ توربین فشار ضعیف و آب بندی مسیر عبور محصولات احتراق استفاده می شود. هوایی که جهت آب بندی یاتاقان ها استفاده می شود از یک جداکننده گریز از مرکز می گذرد تا از ورود ذرات و ناخالصی ها به یاتاقان ها جلوگیری نماید. تخلیه این هوا از طریق لوله های تخلیه روغن انجام می شود.

⁶² SEALING cooling air

هوای اگزوز^{۶۳}

در قسمت خروجی، گازهای حاصل از احتراق بعد از برخورد با پره های توربین به اتمسفر تخلیه می شوند. این گازها باید قبل از تخلیه شدن به اتمسفر رقیق شده و برای تخلیه به محیط دارای استانداردهایی از نظر تمیزی و سطح تولید صدا باشند. به این منظور سیستم اگزوز بصورت عمودی نصب شده و دارای فیلترهای صوتی نیز می باشد.

Exhaust air⁶³

فصل پنجم

کمپرسور

انواع کمپرسور

کاربردهای کمپرسورها

مکانیزم های ایجاد فشار در انواع کمپرسور

کمپرسور سانتایفوژ

کمپرسور رفت و برگشتی

کمپرسور پیچشی

کمپرسورهای گاز ایستگاه و اجزاء آنها

سیستم روغن کاری

پدیده سرج

فصل پنجم

کمپرسور

انواع کمپرسور

ماشینهای جذب کننده قدرت مکانیکی که انرژی را به صورتهای مختلفی از قبیل انرژی حرارتی، انرژی جنبشی و یا پتانسیل به سیالات تراکم پذیر اعمال می کنند. طیف وسیعی را شامل فن ها، دمنده ها و کمپرسورها تشکیل می دهند، از این میان کمپرسورها دارای نسبت تراکم بیشتری می باشند.

کمپرسورها بر حسب مکانیزم و اصول عملکرد و نحوه اعمال انرژی به سیال به دو گروه عمده تقسیم می شوند:

۱- کمپرسورهای جابجایی مثبت^{۶۴} یا جریان منقطع^{۶۵}

۲- کمپرسورهای دینامیک^{۶۶} یا پیوسته^{۶۷}

در یک تقسیم بندی دیگر مهم ترین انواع کمپرسورها که در صنعت استفاده می شوند عبارتند از:

۱- کمپرسورهای رفت و برگشتی^{۶۸}

۲- کمپرسورهای سانتریفوژ^{۶۹}

۳- کمپرسورهای پیچشی^{۷۰}

۴- کمپرسورهای حلزونی^{۷۱}

۵- کمپرسورهای جریان محوری^{۷۲}

کمپرسورهای جریان محوری و سانتریفوژ در دسته کمپرسورهای دینامیک و کمپرسورهای رفت و برگشتی و چرخشی (پیچشی و حلزونی) در دسته کمپرسورهای جابجایی مثبت قرار دارند.

کمپرسورهای حلزونی و پیچشی انواعی از کمپرسورهای چرخشی (rotary) هستند. طراحان بر اساس محدوده های خاصی که از نظر نسبت تراکم و شدت جریان گاز در مراجع وجود دارد نوع خاصی از کمپرسور را برای هدف مورد نظر انتخاب می کنند.

کاربرد کمپرسورها

مساله افزایش فشار در فرایندهای مختلف صنعتی بسیار حایز اهمیت است.

صنایع و زمینه های متعددی وجود دارند که در هر کدام از آنها کمپرسور نقش دارد. این زمینه ها عبارتند از:

❖ تهویه ساختمان ها، تونل ها و معادن و کوره ها

❖ تامین هوای فشرده جهت احتراق در ماشینهای احتراق داخلی و دیگ های بخار

⁶⁴ Positive displacement

⁶⁵ intermittent

⁶⁶ dynamic

⁶⁷ continuous

⁶⁸ Reciprocating compressor

⁶⁹ Centrifugal compressor

⁷⁰ Screw compressor

⁷¹ Scroll compressor

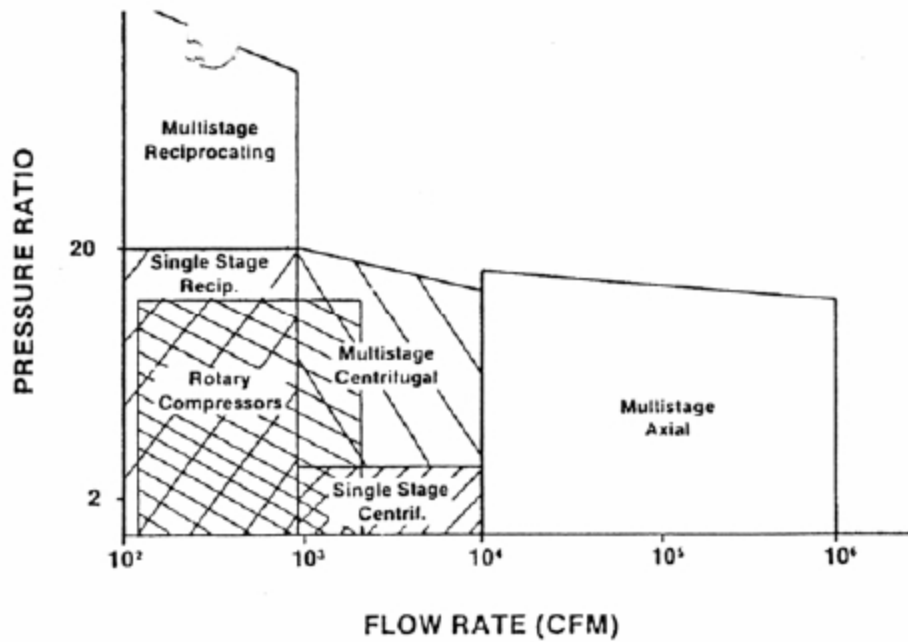
⁷² Axial flow compressor

- ❖ انتقال گاز (تامین فشار لازم جهت جریان گاز و افت های مسیر)
- ❖ تامین فشار مخازن ذخیره تحت فشار
- ❖ تزریق گاز به میدان های نفتی
- ❖ سیستم تبرید
- ❖ فرایندهای شیمیایی و تصفیه گاز
- ❖ بالا بردن سرعت واکنش ها در فرایندهای شیمیایی
- ❖ انتقال برخی پودرها توسط گاز فشرده شده

مکانیزم های ایجاد فشار در انواع کمپرسور

بطور کلی مکانیزم های ایجاد فشار به ۴ دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

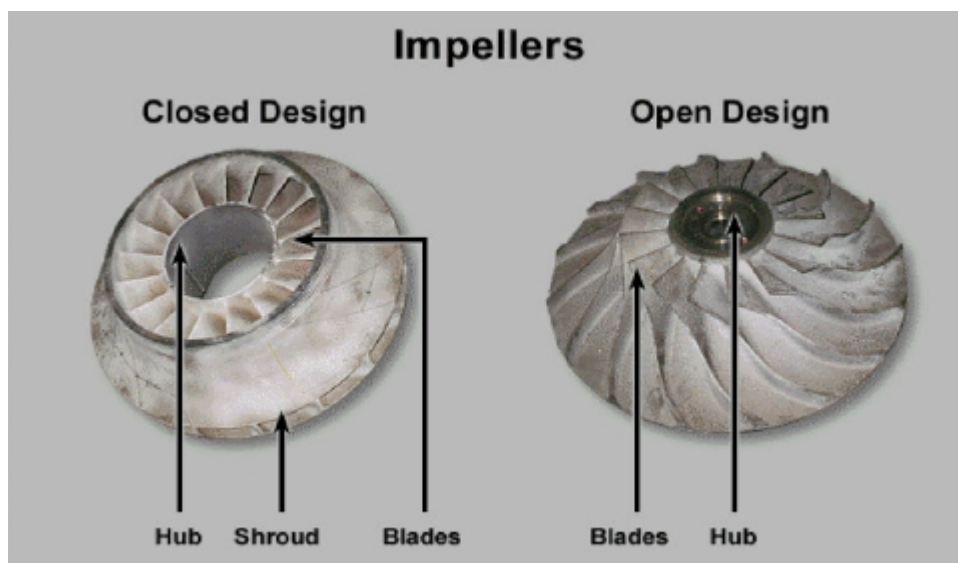
- (۱) حبس مقدارهای پی در پی از گاز در نوعی محفظه، کاستن حجم، افزودن فشار و سپس تخلیه گاز فشرده به بیرون محفظه
 - (۲) حبس مقادیر پی در پی از گاز در نوعی محفظه، انتقال آن بدون تغییر حجم به طرف دریچه خروجی، تراکم گاز توسط مقاومت سیستم خروجی و سپس ارسال گاز به بیرون محفظه.
 - (۳) تراکم گاز با عمل دینامیکی پروانه یا روتور پره دار در حال دوران که گاز در حال عبور فشرده شده و سرعت می گیرد و سهم سرعت سرانجام در دیفیوزر یا پره های ثابت به فشار مبدل می شود.
 - (۴) همراه کردن گاز با یک جت خیلی سریع از همان گاز یا یک گاز دیگر (به طور معمول اما نه الزاما از بخار آب استفاده می شود) و تبدیل گاز مخلوط دارای سرعت بالا به فشار در یک دیفیوزر.
- کمپرسورهای نوع اول و دوم جریان ناپیوسته بوده و معروف به جابجایی مثبت و کمپرسورهای نوع سوم و چهارم جریان پیوسته بوده و معروف به دینامیکی هستند. کمپرسورهای نوع چهارم شیپوره نامیده می شوند و معمولا با فشار مکش زیر اتمسفر کار می کنند. در حقیقت این مکانیزمهای ایجاد و اعمال فشار مبنای تقسیمات اصلی و تفاوت های اساسی از نظر مقادیر جریان، مقادیر فشار، قابلیت کترا ظرفیت، تحمل در مقابل تغییرات خواص گاز، نگهداری، محدوده های راندمان، قابلیت اطمینان و دسترسی، شرایط نصب، فضای مورد نیاز و دیگر مشخصه ها هستند و این مشخصه ها زمینه های کاربرد و توانایی دستگاه را برای یک سرویس معین دیکته می کنند.
- در شکل زیر محدوده عملکرد هر یک از کمپرسورها از نظر فشار و ظرفیت بیان شده است کمپرسور گاز در ایستگاههای تقویت فشار گاز از نوع سانتریفوژ و کمپرسورهای هوای ابزار دقیق از نوع رفت و برگشتی و یا پیچشی می باشند لذا در این بخش به بررسی این کمپرسورها خواهیم پرداخت.



شکل ۵-۱: محدوده عملکرد کمپرسورها از نظر فشار و ظرفیت

کمپرسور سانتریفوژ

کمپرسور سانتریفوژ از نوع کمپرسورهای دینامیکی است و در آن انتقال انرژی از طریق مجموعه ای از پره های دوار به صورت ترکیبی از فشار و سرعت درآمده و تبدیل بیشتر سرعت به فشار بعد از خروج پره های پروانه در جزء ثابت موسوم به دیفیوزر انجام می پذیرد. نمونه ای از یک پروانه در شکل زیر ارائه شده است.



شکل ۵-۲: کمپرسورهای سانتریفوژ برای افزایش سرعت گاز از پروانه های خاصی استفاده می کنند.

کارکرد کمپرسورهای سانتریفوژ

کمپرسورهای سانتریفوژ از نوع کمپرسورهای دینامیکی هستند یعنی بر خلاف کمپرسورهای رفت و برگشتی که در آنها تراکم گاز بوسیله یک عضو متراکم کننده (پیستون) انجام می شود، کمپرسورهای سانتریفوژ عضو متراکم کننده ای ندارند و تراکم گاز در آنها عمدتاً با نیروی گریز از مرکز و سرعتی که از چرخش سریع گاز به وسیله پروانه حاصل می شود انجام می گیرد.

پروانه^{۷۳} از جمله اجزای متحرک کمپرسورهای سانتریفوژ بوده و در منبع تمام انرژی داده شده به گاز در طول تراکم می باشد. هنگام چرخش پروانه انرژی داده شده به گاز توسط پره های پروانه موجب افزایش فشار استاتیکی و سرعت گاز می شود. به این صورت که نیروی گریز از مرکز وارده به گاز مابین پره ها، باعث متراکم شدن گاز می شود. علاوه بر این فشار استاتیکی به دلیل افزایش سرعت گاز در گذر از مرکز تا محیط چرخ افزایش می یابد. به این ترتیب افزایش کل فشار بوسیله یک پروانه برابر مجموع افزایش فشارهای استاتیکی و سرعتی است. در کمپرسورهای سانتریفوژ پروانه ها بر روی یک شفت نصب می شوند. با چرخش شفت و در نتیجه چرخش روتور، گاز بصورت محوری، یعنی در راستای محور شفت وارد پروانه شده و بصورت شعاعی یعنی عمود بر شفت، با فشار و سرعت بالاتری خارج می شود. روتور به وسیله موتور الکتریکی یا توربین به حرکت درآمده و گاز کم فشار و کم سرعت از قسمت مرکزی وارد چشم ورودی و یا چشمه کمپرسور شده و با چرخش توسط پروانه و افزایش فشار از خروجی کمپرسور خارج می گردد.

برای هدایت جریان گاز به دهانه پروانه با کمترین افت فشار، از پره هایی در ورودی کمپرسور و یا میان پروانه ها استفاده می شود که به آنها پره های هادی یا Guide vane گفته می شود.

زوايه بين اين پره ها را می توان بطور دستی یا اتوماتیک تغییر داد و کارکرد کمپرسور را تنظیم کرد. در کمپرسورهای سانتریفوژ افزایش فشار گاز، صرفاً به سرعت نوک پره های پروانه که با سرعت دورانی شفت و قطر چرخ متناسب است بستگی دارد. اما چون سرعت پروانه نمی تواند از مقدار مشخصی بیشتر باشد، افزایش فشار گاز در عبور از یک پروانه واحد نیز نمی تواند از محدوده خاصی بالاتر رود. در صورتیکه فشار بالاتری مورد نظر باشد برای افزایش فشار گاز از دو یا چند پروانه استفاده می شود. در این صورت گاز خروجی از پروانه اول که تا حدی فشرده شده است، به ترتیب وارد پروانه های بعدی شده و فشرده تر می گردد. غالب کمپرسورهای صنعتی چند مرحله ای هستند و تعداد پروانه های آنها، گاهی به بیش از ۱۰ عدد نیز می رسد.

کاربرد کمپرسورهای سانتریفوژ

کمپرسورهای دینامیکی (سانتریفوژ و محوریها) توانایی جا به جایی گازها را در حجم های زیاد با فشارهای متوسط و پایین دارا می باشند. در حالی که کمپرسورهایی جابجایی مثبت قادرند فشارهای فوق العاده بالا را با مقدار جریان کم تامین کنند.

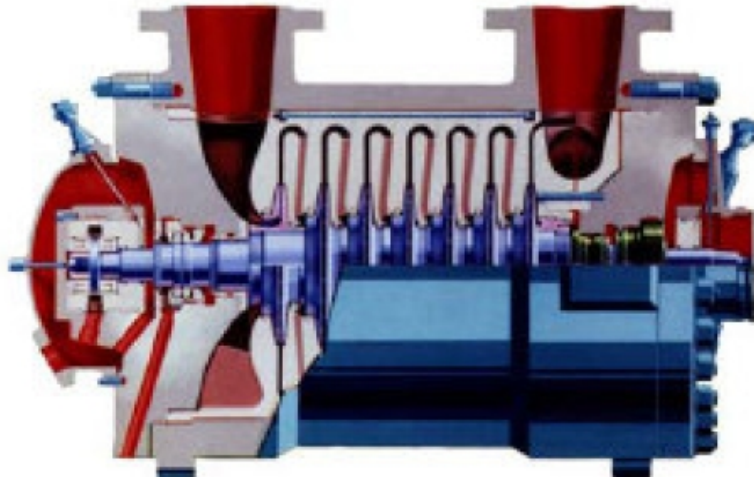
کمپرسورهای سانتریفوژ هنگامی که تحت بار کامل استفاده می گردند، بالاترین بازدهی را در بین سایر کمپرسورها دارا می باشند. این بازدهی در کمپرسورهای بزرگتر بیشتر بوده و به همین دلیل در چیلرهای بزرگ بیشتر از این نوع کمپرسورها استفاده می شود.

در مواردی که امکان همراه شدن مایعات و گاز (به مقدار کم) وجود داشته باشد و یا ذرات جامد در گاز موجود باشد، تنها کمپرسورهای سانتریفوژ قابل استفاده خواهند بود، اما از طریق دیگر تغییرات وزن مولکولی و دانسیته سیال برای این کمپرسورها مشکل غیر قابل علاجی تلقی می شود. کمپرسورهای سانتریفوژ مخصوصا در فرایندهایی که دارای محدوده های عملیاتی خیلی وسیعی هستند کاربردهای زیادی در صنعت دارند. کمپرسورهای سانتریفوژ ابتداء به عنوان دمنده های هوای اتمسفریک (به طور مثال برای کوره ها) به کار می رفتند. با گذشت زمان این کمپرسورها برای فشرده کردن گازها و حتی مخلوطهای بخار با مشخصاتی که کاملاً با هوا متفاوت است بکار برده شده اند. شدت جریان های کمپرسورها در نمونه های مختلف متفاوت است، ولی همیشه در نسبت فشار پایین کار می کنند. البته در این کمپرسورها امکان افزایش شدت جریان و نسبتهای فشرده سازی بسته به نیاز وجود دارد. مهمترین کاربردهای کمپرسورهای سانتریفوژ برای تامین گاز فشرده عبارتند از:

- ❖ جریان و گردش گاز در یک فرایند
- ❖ غلبه بر اصطکاک مسیر در خطوط انتقال و توزیع گاز
- ❖ ایجاد شرایط مناسب در گاز برای یک واکنش شیمیایی یا خواص ترمودینامیکی مطلوب
- ❖ ثابت نگهداشتن فشار گاز در سیستمهایی که نشستی نا خواسته یا مصرف تدریجی و کاهش فشار گاز وجود دارد
- ❖ تامین فشار لازم جهت ذخیره سازی در مخزن ها
- ❖ فرایندهای بازیافت و تزریق گاز در میدانهای نفتی
- ❖ تمیز کاری قطعات و سطوح با جت هوا، ماسهپاش، رنگ پاشی، هوازنی، همزنی مایعات،
- ❖ تخلیه مایعات از تانکرها و انتقال پودرها، مواد جامد و مایعات
- ❖ تامین جریان هوا برای تونلهای باد و آزمایشات ایرودینامیکی
- ❖ تهویه ساختمانها، تونلها، معادن و کوره ها
- ❖ تامین هوای فشرده جهت احتراق در ماشینهای احتراق داخلی و دیگهای بخار
- ❖ سیستم تبرید
- ❖ فرایندهای شیمیایی و تصفیه گاز
- ❖ بالا بردن سرعت واکنشها در فرایندهای شیمیایی

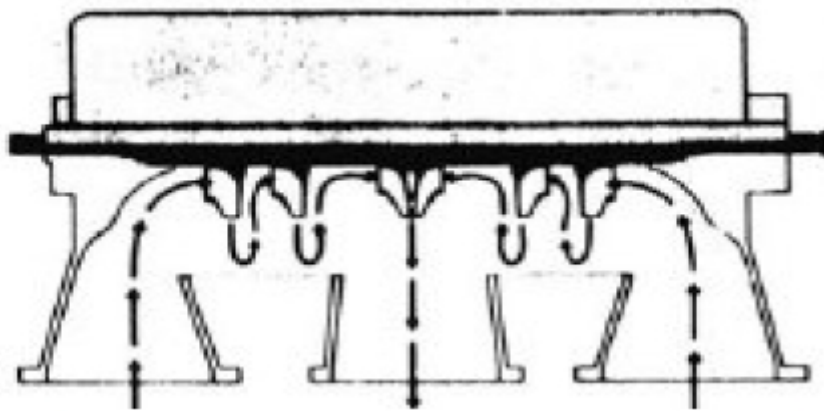
انواع کمپرسورهای سانتریفوژ

شکلهای مختلفی برای مسیر جریان سیال در کمپرسورها وجود دارد. ساده ترین شکل حالتی است که در شکل زیر نشان داده شده است. در این حالت کمپرسور فقط دو نازل دارد یکی ورودی وارد کمپرسور شده و پس از عبور از یک یا چند مرحله افزایش از نازل خروجی خارج میشود.



شکل ۳-۵: شماتیک یک کمپرسور با یک جریان ورودی و یک جریان خروجی

در صورتیکه شدت جریان گاز بالا و اختلاف فشار کمی در کمپرسور مورد نیاز باشد سازندگان اغلب اندازه کمپرسور را با به کارگیری دو جریان ورودی که در شکل زیر نشان داده شده است کاهش می دهند. در این حالت سیال ورودی به دو بخش مساوی تقسیم شده و از دو انتهای کمپرسور وارد آن می شود. گاز پس از فشرده شدن از نازل خروجی که در وسط کمپرسور قرار دارد خارج می شود. در این حالت قطر خارجی کمپرسور و هزینه ساخت آن کاهش می یابد. در نتیجه این روش راهی است که می توان ظرفیت بدنه کمپرسور را دو برابر کرد.



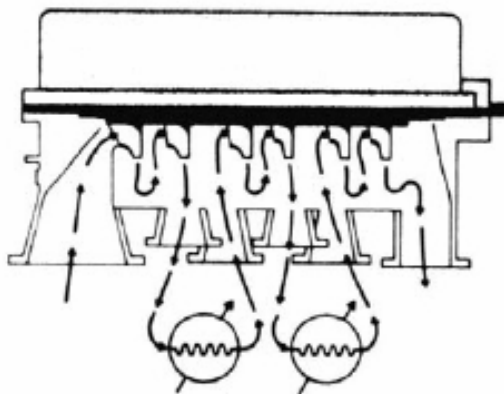
شکل ۴-۵: شماتیک یک کمپرسور با دو جریان ورودی و یک جریان خروجی

برای حالت هایی که دمای گاز به علت افزایش فشار به شدت افزایش می یابد باید با استفاده از خنک کردن گاز دمای خروجی را حد قابل قبولی نگه داشت. یک راه برای انجام این کار استفاده از دو کمپرسور با یک مبدل حرارتی که مابین آنها قرار دارد می باشد. البته برای سرد کردن، سازندگان می توانند از خنک کن های داخلی استفاده کنند. در این صورت در واقع دو کمپرسور در یک محفظه قرار خواهند داشت در این حالت گاز از نازل ورودی وارد کمپرسور شده و از یک نازل خروجی میانی وارد یک مبدل حرارتی خارجی می شود و پس از سرد شدن دوباره از بخش میانی محفظه کمپرسور وارد آن شده و دوباره فشرده می شود. در نهایت گاز از آخرین نازل خروجی خارج شده و به سیستم خط لوله وارد می شود.



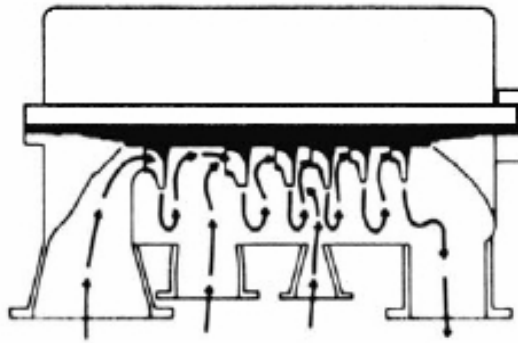
شکل ۵-۵: شماتیک یک کمپرسور با خنک کن میانی

گازهای با وزن مولکولی بالا نسبت به گازهای با وزن مولکولی پایین سریع تر گرم می شوند. در این موارد سازندگان از کمپرسورهایی با یک بدنه و دو خنک کن میانی استفاده می کنند. در این صورت گاز از دو نازل در قسمتهای میانی بدنه برای سرد شدن خارج شده و دوباره وارد می شود.



شکل ۵-۶: شماتیکی از یک کمپرسور با دو خنک کن میانی

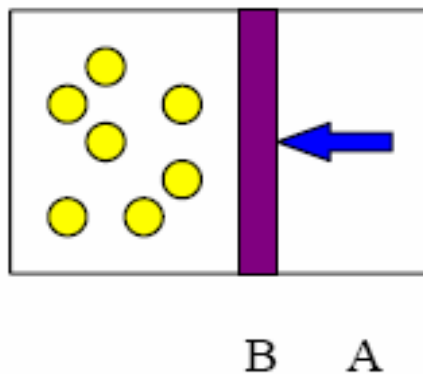
وجود هر خنک کن میانی مستلزم استفاده از دو نازل اضافی در بدنه کمپرسور و در نتیجه افزایش فضای اشغال شده توسط آن می باشد، بنابراین حداکثر تعداد دفعات سرمایش در کمپرسور دارای یک بدنه، دو مرتبه می باشد. در بعضی از فرایندهای سرمایش، مراحل فشرده سازی مختلفی مورد نیاز است. سازنده می تواند این کار را با استفاده از جریان های جانبی انجام دهد. در این حالت جریان اصلی گاز از نازل ورودی وارد می شود و پس از گذشتن از چند مرحله برای فشرده سازی جریان دیگری در داخل بدنه با آن مخلوط شده و به مرحله بعدی کمپرسور وارد می شود. در صورت نیاز گاز فرایندی می تواند پس از خروج از نازل خروجی میانی و قبل از ورود به نازل ورودی دوم وارد یک خنک کن شود.



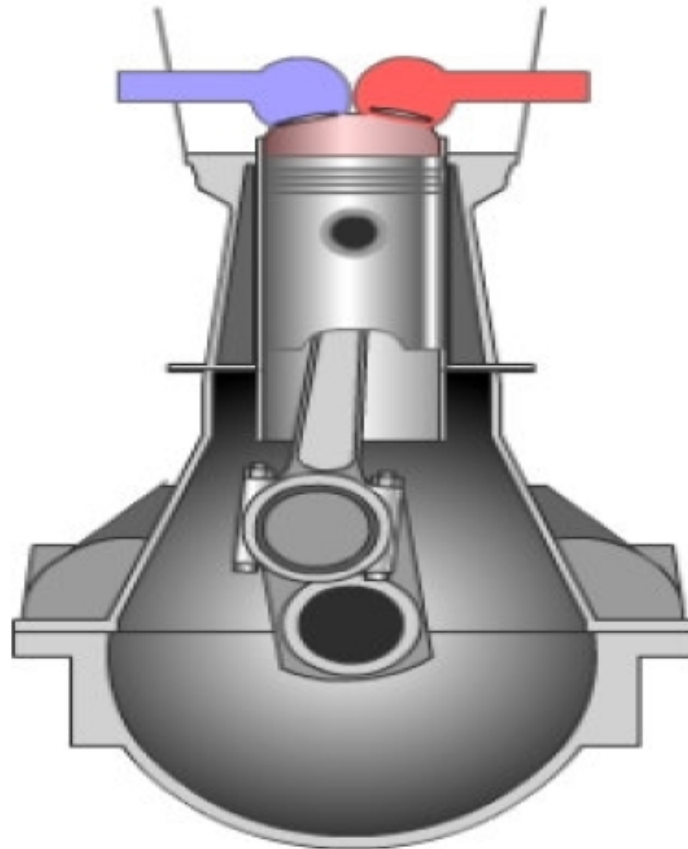
شکل ۵-۷: شماتیکی از یک کمپرسور با جریان جانبی

کمپرسور رفت و برگشتی

کمپرسورهای رفت و برگشتی از جمله قدیمی ترین کمپرسورها می باشند که در حال حاضر جایگاه مهمی را در میان کمپرسورهای کوچک و متوسط بدست آورده اند. این نوع از کمپرسورها قادرند فشار خیلی بالا را با مقدار جریان اندک تامین کنند، بنابراین کاربرد اصلی این کمپرسورها برای ایجاد فشارهای خیلی بالاست.



شکل ۵-۸: فشرده شدن گاز به روش جابجایی مثبت



شکل ۹۵: کمپرسور single acting

محدوده عملکرد

کمپرسورهای رفت و برگشتی از نظر تعداد مورد استفاده در صنایع، نسبت به دیگر انواع کمپرسورها مقام اول را دارند. این کمپرسورها برای تمام فشارها از خلاء تا حدود 100000 psi مناسب هستند و نیز برای مقادیر جریان از ۵۲ فوت مکعب در دقیقه تا ۱۰۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه به ازای هر سیلندر طراحی و ساخته می شوند. راندمان آنها $80\% - 90\%$ تغییر می کند و برای نسبتهای تراکم بالاتر از ۵ بیشترین راندمان را نسبت به دیگر انواع دارند. کمپرسورهای پیشتونی در فشارها و وزن های معمولی متغیر به راحتی کار می کنند. بطور معمول بالاترین راندمان کمپرسورهای رفت و برگشتی از راندمان کمپرسورهای سانتریفوژی و پیچشی کمتر است. مکش گاز، تخلیه گاز متراکم شده از طریق شیرهای تخلیه^{۷۴} و اصطکاک های ایجاد شده از جمله عوامل موثر در کاهش بازدهی در این نوع از کمپرسورها می باشند. یکی دیگر از عوامل موثر در پایین بودن بازدهی این نوع از کمپرسورها کوچک بودن اندازه این کمپرسورها است. در کمپرسورهای کوچک تر نسبت بیشتری از انرژی ورودی به ورودی کمپرسور صرف اصطکاک ایجاد شده در آن می گردد.

کاربرد کمپرسورهای رفت و برگشتی

مهمترین کاربردهای کمپرسورهای رفت و برگشتی برای تامین گاز فشرده عبارتند از:

⁷⁴ Discharge valve

- جریان و گردش گاز در یک فرایند
- انتقال نیرو
- غلبه بر اصطکاک مسیر در خطوط انتقال و توزیع گاز
- ایجاد شرایط مناسب در گاز برای یک واکنش شیمیایی یا خواص ترمودینامیکی مطلوب
- ثابت نگهداشتن فشار گاز در سیستم هایی که نشتی ناخواسته یا مصرف تدریجی و کاهش فشار گاز وجود دارد.
- تامین فشار لازم جهت ذخیره سازی در مخزن ها
- فرایندهای بازیافت و تزریق گاز در میدان های نفتی
- تمیزکاری قطعات و سطوح با جت هوایی، ماسه پاش، رنگ پاشی، هوازنی، همزنی مایعات، تخلیه مایعات از تانکرها و انتقال پودرها، مواد جامد و مایعات
- تامین جریان هوا برای تونل های باد و آزمایشات آبروینامیکی
- تهویه ساختمان ها، تونل ها، معادن و کوره ها
- تامین هوای فشرده جهت احتراق در ماشینهای احتراق داخلی و دیگهای بخار
- سیستم تبرید
- فرایندهای شیمیایی و تصفیه گاز
- بالا بردن سرعت واکنش ها در فرایندهای محدودیت ها

محدودیت ها

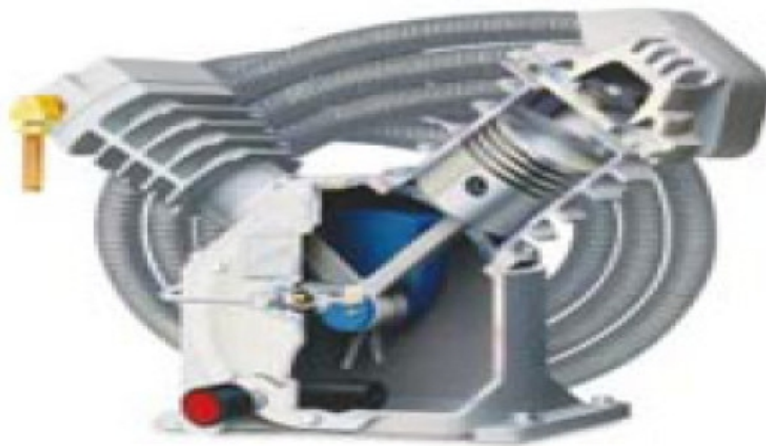
- ❖ برای سرویس های جریان پیوسته با حجم زیاد بیش از یک کمپرسور نیاز خواهد بود.
- ❖ غالبا بزرگ و گران بها هستند.
- ❖ هزینه تعمیرات بالایی دارند خصوصا برای جابجایی گازهای دارای ذرات مایع و جامد و خورنده
- ❖ با توجه به نیروهای لرزشی بالا نیاز به فوندانسیون های بزرگ دارند.

در کمپرسورهای رفت و برگشتی همان گونه که انتظار می رود رفت یا بازگشت پیستون عمل تراکم را انجام می دهد. در این حالت موتور تنها در نصف دوره تحت بار قرار گرفته و در نیمه بعدی بدون بار کار می کند. این روش کار کردن موتور می تواند مشکلاتی را برای موتور ایجاد کرده و در کل می تواند راندمان کاری را پایین آورده. برای رفع این مشکل معمولا در کمپرسورها تراکم هم در عمل رفت و هم در عمل برگشت انجام می شود. روش معمول برای این کار استفاده از دو پیستون در دو جهت مختلف می باشد. بدین ترتیب هنگامی که یک پیستون در حال تراکم است پیستون دیگر در حال مکش بوده و در نیم دوره بعد عملیات هر کمپرسور تعویض می گردد. این نوع از کمپرسورها به شکل های مختلفی طراحی و ساخته شده اند که در شکل (۱-۱۳) یکی از آنها مشاهده می شود. بطور کلی کمپرسورهای چند مرحله ای کاربرد بسیار بیشتری نسبت به کمپرسورهای یک مرحله ای دارند.



شکل ۱۰-۵: کمپرسورهای رفت و برگشتی **Double acting** و چند مرحله ای دارای بالاترین بازدهی و بالاترین قیمت در بین کمپرسورها هستند.

در صورتیکه فشار مورد نیاز برای گاز خروجی بالا باشد استفاده از یک مرحله تراکم ممکن نیست. راه حل پیشنهادی در این مورد استفاده از دو یا چند کمپرسور پشت سر هم می باشد که خروجی متراکم شده در هر کمپرسور وارد بعدی شود. این روش مقدر بوده و قابل استفاده می باشد. اما به دلیل هزینه بالای کمپرسورها طراحان ترجیح می دهند تا جایی که ممکن است مراحل تراکم را در تعداد کمتری کمپرسور انجام دهند. بطور مثال زمانی که نیاز به دو کمپرسور برای انجام دو مرحله تراکم می باشد، دو مرحله را در یک کمپرسور قرار داد و به این ترتیب صرفه جویی قابل ملاحظه ای در هزینه ساخت کمپرسور صورت می گیرد. شکل زیر نمونه ای از این کمپرسورها را نشان می دهد که دارای دو مرحله تراکم می باشد.



شکل ۵-۱۱: فشارهای بالا بوسیله یک مرحله تراکم قابل دسترسی نمی باشد. به همین دلیل کمپرسورهایی با تعداد مراحل بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد.

بحث ایجاد حرارت در اثر تراکم از اهمیت خاصی برخوردار است که برای رساندن بازدهی کمپرسور به حد قابل قبولی باید به آن توجه کافی نمود.

باید توجه داشت که در اثر اعمال فشار به گاز دمای آن بالا رفته و در صورتی که همین گاز را بدون تغییر دما وارد مرحله بعدی نماییم راندمان کاری کمپرسور بسیار کاهش یافته و علاوه بر این می تواند مشکلات دیگری را نیز در

کمپرسور ایجاد نماید. به همین دلیل لازم است بعد از هر مرحله تراکم و قبل از مرحله بعد دمای گاز را به نحوی کاهش داد.

استفاده از خنک کننده های هوایی^{۷۵} و مبدل^{۷۶} برای این کار مرسوم بوده و بسیار مورد استفاده قرار می گیرد. به این ترتیب گاز متراکم شده در هر مرحله با خنک شدن در این دستگاهها قابلیت تراکم تا فشارهای بالاتر را نیز پیدا می کند.

کمپرسورهای پیچشی

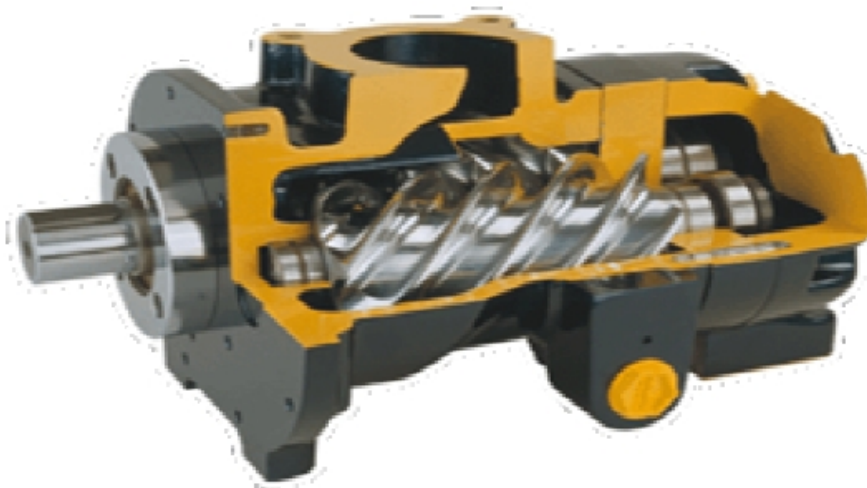
کمپرسورهای پیچشی مانند کمپرسورهای رفت و برگشتی یکی از انواع کمپرسورهای جابجایی مثبت هستند یعنی کمپرسورهایی که با محبوس کردن گاز ورودی و کاهش حجم آن توسط یک عضو متراکم کننده سبب افزایش فشار گاز می شوند. در اثر حرکت عضو متراکم کننده فاصله مولکولهای گاز موجود در ظرف کمتر شده و برخورد آنها با یکدیگر بیشتر می شود. در نتیجه مولکولهای نیروی بیشتری به ظرف وارد می کنند و این موضوع نشان دهنده این است که فشار گاز افزایش یافته است. در کمپرسورهای رفت و برگشتی این عضو متراکم کننده پیستون نامیده می شود اما در کمپرسورهای پیچشی عضو متراکم کننده مارپیچه ای بنام male است. در واقع کار مارپیچه male در کمپرسورهای پیچشی دقیقاً مشابه وظیفه پیستون در کمپرسورهای رفت و برگشتی است. روی مارپیچه male چند برآمدگی به صورت مارپیچ وجود دارد که مانند مارپیچه دستگاه چرخ گوشت، با چرخش مارپیچه، حرکت رو به جلویی را برای گاز تداعی می کنند. ظرف حاوی گاز در کمپرسورهای رفت و برگشتی سیلندر و در کمپرسورهای پیچشی مارپیچه ای بنام female است که وظایف آنها عیناً مشابه هم است و هر دو نقش ظرفی را بازی می کنند که گاز درون آن قرار گرفته و متراکم می شود. در کمپرسورهای پیچشی مارپیچه های male , female هر دو دارای شیارهایی هستند. در این کمپرسورها ابتدا گاز ورودی کل حجم یک شیار مارپیچه female را در بر می گیرد. با چرخش یک محرک که یک موتور الکتریکی و یا یک توربین است حرکت چرخشی به مارپیچه male منتقل می شود و در نتیجه مارپیچه male شروع به چرخیدن می کند با چرخش مارپیچه male مارپیچه female نیز که با آن درگیر است به چرخش در می آید. برآمدگیهای روی مارپیچه male به تناوب درون شیارهای مارپیچه female حرکت می کنند و به تدریج حجم گاز محبوس شده موجود در شیارها کاهش یافته و فشار گاز افزایش می یابد. تراکم گاز تا زمانی ادامه می یابد که فضای مابین پره ها به مجرای خروجی شیارها متصل شده، گاز متراکم شده از طریق آن خارج می شود. هر کدام از شیارهای مارپیچه female به ترتیب به مجرای خروجی می رسند و گاز فشرده شده را درون مجرای خروجی تخلیه کرده و مجدداً از هوای کم فشار پر می شوند و این سیکل به تناوب تکرار می شود. مقطعی از یک کمپرسور پیچشی در شکل زیر نشان داده شده است.

محدوده عملکرد

محدوده عملکرد کمپرسورهای پیچشی تا ۴۵ psig، با فشار مکش در حد اتمسفر بصورت تک مرحله و تا فشارهای ۲۵۰ psig بصورت چند مرحله می باشد. دامنه ظرفیت در آنها مابین ۳۵۰۰۰-۵۰۰ فوت مکعب در دقیقه گزارش شده است. این کمپرسورها از نظر محدوده کاربرد مابین کمپرسورهای سانتریفوژ و رفت و برگشتی قرار

⁷⁵ Air cooler
⁷⁶ Heat exchanger

دارند. در یک محدوده عملیاتی معین قیمت کمپرسورهای پیچشی کمتر از نوع سانتریفوژ و رفت و برگشتی است و راندمان آنها در محدوده ۰.۷۵-۰.۸۵ قرار دارد. این کمپرسورها توانایی فشرده کردن گازهای دارای پلیمر یا قیر را دارا بوده و در این شرایط راندمان بالاتری نسبت به گاز خالص دارند.



شکل ۵-۱۲: مقطعی از یک کمپرسور پیچشی

کاربردهای کمپرسورهای پیچشی

اصولا کمپرسورهای چرخشی برای جابجایی گازهای تشکیل دهنده پلیمر و گازهای حاوی قطرات مایع مورد استفاده قرار می گیرند. عیب اصلی آنها ایجاد سروصدای زیاد و عدم توانایی آنها برای جابجایی گازهای حاوی ذرات جامد شناخته شده است. در صورت نیاز به کمپرسورهای بدون روغن (oil free) کمپرسورهای چرخشی نوع پیچشی انتخاب مناسبی خواهند بود. اما با توجه به اینکه کمپرسورهای پیچشی اغلب توسط روغن آب بندی می شوند در این موارد برای جلوگیری از نشتی گاز لازم است مارپیچه های کمپرسور با سرعت بالاتری بچرخند که این عمل باعث افزایش صدا در این کمپرسور نوع کمپرسورها می شود. البته در این نوع کمپرسورها از آب بندی های خاصی برای جلوگیری از نشتی استفاده می شود. در مواردی که نیاز به بهره برداری در ظرفیت های بسیار پایین تر از ظرفیت کامل وجود دارد انتخاب این کمپرسورها مناسب است چون این نوع کمپرسورها بدون مشکل می توانند در ظرفیت هایی نزدیک به ۰.۱۰ ظرفیت کامل خود کار کنند. علاوه بر این می توان این کمپرسورها را به محض افت شدید بار خاموش و روشن نمود که مزیت بسیار مهمی نسبت به کمپرسورهای سانتریفوژ به حساب می آید.

یکی دیگر از مزایای این کمپرسور ها قابل تغییر بودن نسبت تراکم در آنها است. این عملیات به کمک خروجی های خاصی که در طول مسیر مارپیچه ها پیش بینی شده انجام می گیرد.

مهم ترین کاربردهای کمپرسورهای پیچشی برای تامین گاز فشرده عبارتند از:

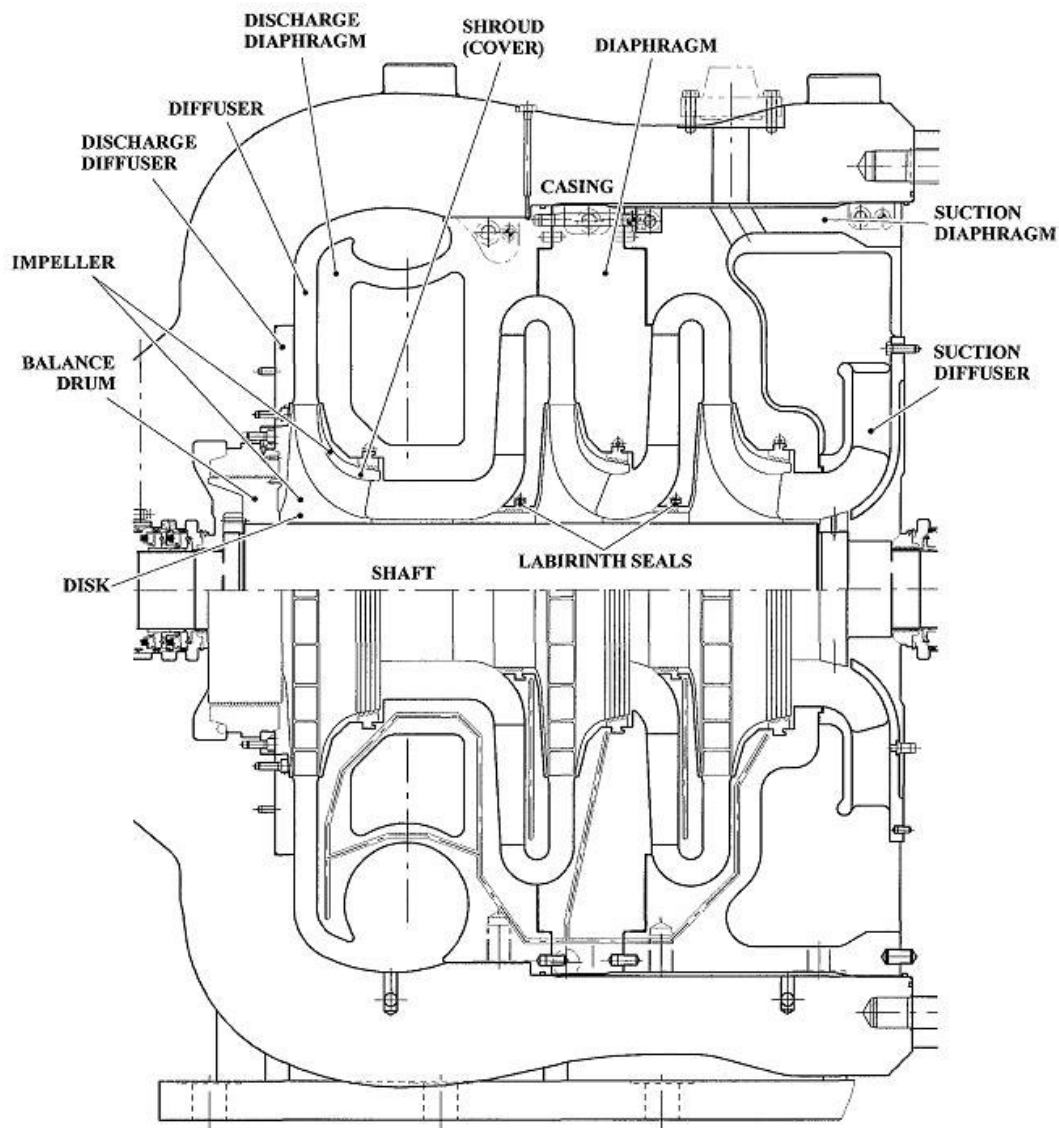
- ❖ جریان و گردش گاز در یک فرایند
- ❖ انتقال نیرو
- ❖ غلبه بر اصطکاک مسیر در خطوط انتقال و توزیع گاز
- ❖ ایجاد شرایط مناسب در گاز برای یک واکنش شیمیایی با خواص ترمودینامیکی

- ❖ مطلوب
- ❖ ثابت نگهداشتن فشار گاز در سیستم هایی که نشتی ناخواسته یا مصرف تدریجی و کاهش فشار گاز وجود دارد.
- ❖ تامین فشار لازم جهت ذخیره سازی در مخزن ها
- ❖ فرایندهای بازیافت و تزریق گاز در میدان های نفتی
- ❖ - تمیزکاری قطعات و سطوح با جت هوا، ماسه پاش، رنگ پاشی، هوا زنی، همزنی مایعات، تخلیه مایعات از تانکرها و انتقال پودرها، مواد جامد و مایعات
- ❖ تامین جریان هوا برای تونل های باد و آزمایشات آیرودینامیکی
- ❖ تهویه ساختمان ها، تونل ها، معادن و کوره ها
- ❖ تامین هوای فشرده جهت احتراق در ماشینهای احتراق داخلی و دیگهای بخار
- ❖ سیستم تبرید
- ❖ فرایندهای شیمیایی و تصفیه گاز
- ❖ بالابردن سرعت واکنش ها در فرایندهای شیمیایی

کمپرسورهای گاز ایستگاه و اجزاء آنها

برای ایستگاههای مختلف کمپرسورهای متفاوتی در نظر گرفته شده است و شرح همه آنها در این مقاله اندک نمی گنجد بنابراین جهت آشنایی خوانندگان محترم به شرح مختصری از کلیاتی که تقریباً در اکثر آنها مشترک است را با محوریت کمپرسور گریز از مرکز ساخت شرکت ایتالیایی NUOVO PIGNONE خواهیم پرداخت. کمپرسورهای گاز ایستگاهها از نوع گریز از مرکز (سانتریفوژ) می باشند و بطور ویژه برای دریافت گاز از خطوط لوله طراحی شده اند.

هر کمپرسور لزوماً شامل قسمتهای استاتیک (بدنه - هد- دیافراگم - آب بندها و تکیه گاه ها) و قسمتهای متحرک (روتور که از شافت و پره ها و محفظه بالانس تشکیل شده است) می باشد. شکل زیر نمای داخلی این کمپرسور را نشان می دهد.



شکل ۵-۱۳: نمای داخلی یک کمپرسور گریز از مرکز گاز با سه پروانه

دیافراگم و دیفیوزرها

مجموعه دیافراگم حول روتور سوار شده و قسمتهای ساکن مراحل کمپرسور را می سازد. یک دهانه مدور در میان دیافراگم وجود دارد که همان دیفیوزر^{۷۷} می باشد. دیفیوزر انرژی دینامیکی گاز در خروجی پره ها را به فشار تبدیل می کند. یک دیفیوزر که جریان گاز را بطور محوری به ورودی اولین پره هدایت می کند، در جلوی دیافراگم ورودی قرار گرفته است. این دیفیوزر شامل یک رینگ ریختگی می باشد که مستقیماً روی هد بدنه ثابت شده است و توسط یک پین^{۷۸} در موقعیت صحیح حفظ می شود.

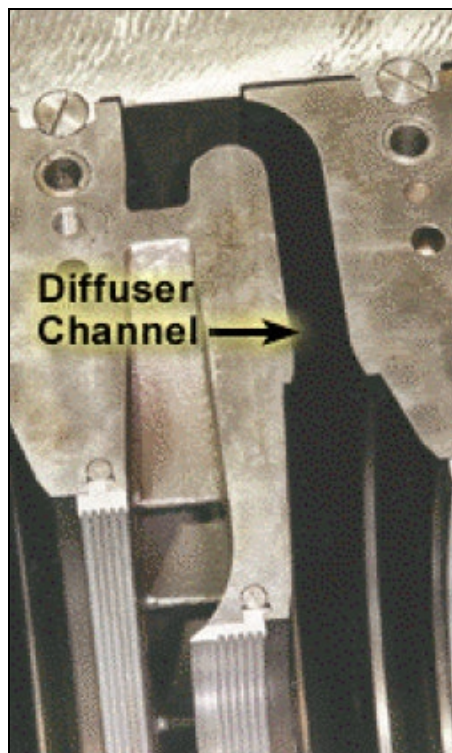
⁷⁷ Diffuser

⁷⁸ Positioning pin

آب بندیهای شانه ای^{۷۹} روی دیافراگم و نزدیک به چشم پره ها نصب می شوند تا نشتی گاز از ورودی و خروجی گاز به حداقل برسد. یک آب بند نیز بصورت اورینگ در طول دیافراگم مرحله سوم و دور بدنه در محل اتصال آنها قرار دارد. این اورینگ از نشتی گاز بین قسمتهایی که فشارهای مختلف دارند جلوگیری می کند. مجموعه روتور و دیافراگم ها در داخل بدنه توسط شانه ای که در بدنه ایجاد شده است و بوسیله پین تنظیم موقعیت که بین این مجموعه و هد بدنه قرار دارد تنظیم و نگه داشته می شود.



شکل ۵-۱۴: نیمه ای از دیافراگم



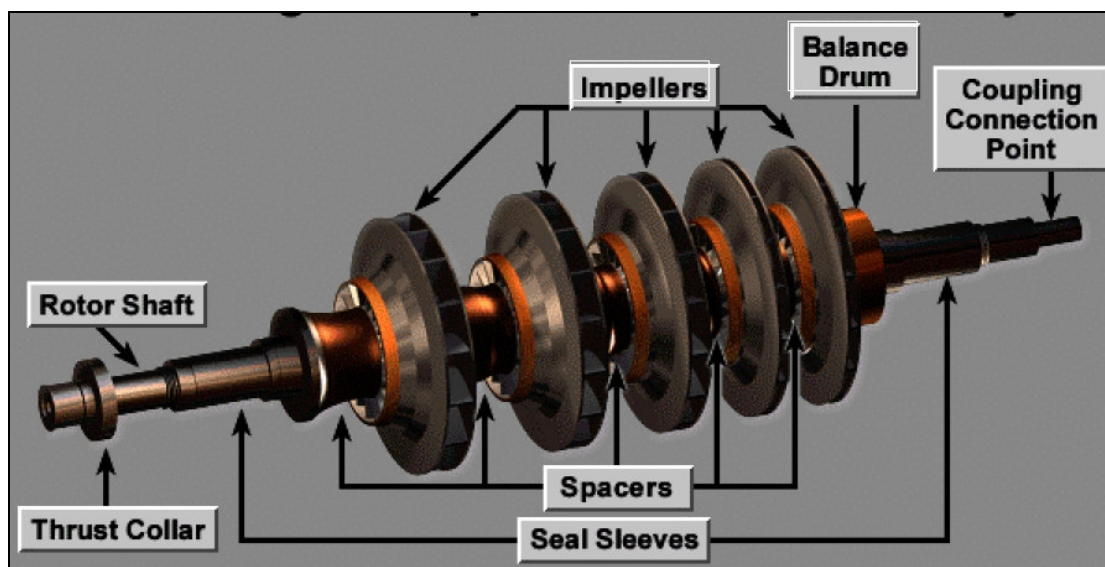
شکل ۵-۱۵: نمای بالای دیافراگم و دیفیوزر موجود در آن

⁷⁹ Labyrinth seal

روتور

روتور شامل یک شافت می باشد که پره ها و فاصله اندازها^{۸۰} روی آن سوار می شوند. اسپیسرها روی شافت جا زده شده اند و موقعیت محوری پره ها را حفظ می کنند. همچنین سطوحی از شافت که بین پره ها وجود دارد توسط اسپیسرها از تماس با گاز حفاظت می شوند.

پره ها قسمتی از کمپرسور گریز از مرکزی می باشند که باعث افزایش سرعت گاز می شوند. پره ها از نوع بسته با تیغه های رو به عقب هستند که بر روی شافت نصب شده و توسط خارهایی نگهداشته شده اند. هر پره قبل از نصب از نظر دینامیکی باید تست بالانس در سرعتی معادل ۱۵٪ بالاتر از ماکزیمم سرعت پیوسته کاری را پشت سر بگذارد. در حین کار کمپرسور روتور تحت یک نیروی محوری در جهت ورودی قرار دارد که این نیرو بر اثر اختلاف فشار طرفین پره ها ایجاد می شود. قسمت عمده این نیرو توسط محفظه بالانس^{۸۱} متعادل و خنثی می شود. نیروی محوری باقیمانده توسط یاتاقان های کف گرد محوری^{۸۲} جذب و تحمل می شود. در شکل زیر روتور یک کمپرسور گاز با پنج پروانه نشان داده شده است.



شکل ۵-۱۶: روتور کمپرسور گاز و متعلقات آن

محفظه بالانس

قسمت عمده ای از نیروی محوری توسط محفظه بالانس یا بالانس درام متعادل می شود، این درام بر روی انتهای شافت و نزدیک به آخرین پره نصب شده است. بالانس درام و لایبرنت مربوط به آن همراه با لایبرنتی که در انتهای شافت تعبیه شده است اتاقک بالانس^{۸۳} را تشکیل می دهند. کنترل و بالانس نیرو توسط بالانس درام با قرار دادن قسمت خارجی بالانس درام تحت یک فشار کم (تقریباً برابر با فشار ورودی) و ایجاد یک اختلاف فشار در خلاف جهت نیرویی که به پره ها وارد می شود انجام می گیرد. این فشار کم به وسیله اتصالی که از ناحیه مکش کمپرسور

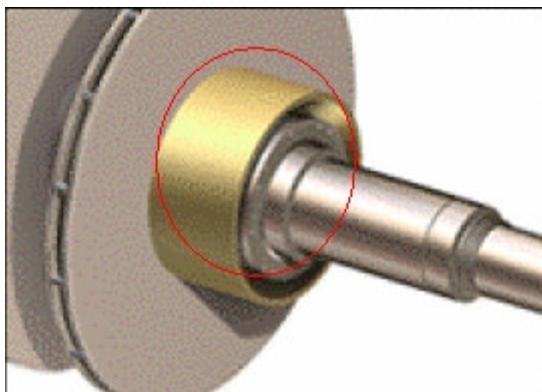
⁸⁰ spacer

⁸¹ Balance drum

⁸² Thrust bearing

⁸³ Balancing chamber

به پشت بالانس درام کشیده شده و خط بالانس^{۸۴} نام دارد فراهم می شود. ساینز بالانس درام طوری است که اگرچه نمی توان تمام نیروی محوری را خنثی کرد ولی حداکثر تعادل در این نیرو ایجاد می شود. نیروی باقیمانده توسط یاتاقان های کف گرد بطوری جذب می شود که روتور در جهت محوری هیچ حرکتی نداشته باشد. بعد از اینکه بالانس درام بر روی روتور نصب شد روتور دوباره از نظر بالانس دینامیکی تست و بررسی می شود.

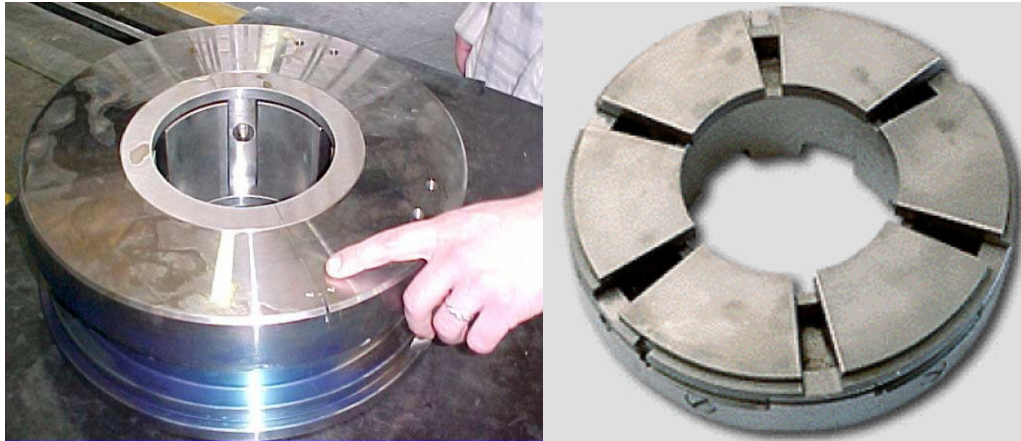


شکل ۵-۱۷: نحوه قرار گیری بالانس دارم روی موتور

یاتاقان ها

کمپرسورها دارای دو نوع یاتاقان ژورنال و کف گرد می باشند. یاتاقان ژورنال از نوع بالشتکی روپوش دار یا تکه ای رو پوش دار^{۸۵} با روغنکاری تحت فشار می باشند. روغن تحت فشار بطور شعاعی در یاتاقان ها جریان داشته و با گذر از سوراخ ها و بالشتک ها و بلوک ها را روغنکاری کرده و سپس از طرفین یاتاقان تخلیه می شود. یاتاقان های کف گرد از نوع عملگر دو گانه می باشند که در یک انتهای روتور قرار گرفته اند. عملکرد دو گانه در این یاتاقان ها به این معنی است که این یاتاقان با قرار گرفتن در طرفین یک رینگ حلقه ای که بر روی روتور ایجاد شده است از حرکت محوری روتور در هر دو جهت جلوگیری می کند. این یاتاقان ها به منظور جلوگیری از افت توان و کارایی که در نتیجه کف زدن روغن در یاتاقان تحت سرعت بالا ایجاد می شود در این یاتاقان ها از حلقه های کنترل روغن (O.C.R)^{۸۶} استفاده شده است.

⁸⁴ Balange gas line
⁸⁵ tilting
⁸⁶ Oil control ring



شکل ۵-۱۷: یاتاقان شعاعی (سمت چپ) و یاتاقان محوری کمپرسور گاز

آب بندی های شانه ای^{۸۷}

آب بندها یا سیل های شانه ای جزء سیل های داخلی بوده و بین قسمت های در حال چرخش و ثابت کمپرسور به منظور کاهش نشتی گاز بین نواحی با فشار مختلف استفاده می شود. سبیل شانه ای به شکل یک حلقه و بصورت یک سری پره یا فین^{۸۸} ریز است که با روتور لقی^{۸۹} کمی دارد. این حلقه پیرامون قسمتی که آب بندی می شود قرار گرفته و بصورت دو یا چهار تکه و از آلیاژ نرم که در برابر خوردگی مقاوم است ساخته می شود تا در صورت تماس با روتور از خرابی و صدمه به روتور جلوگیری شود.

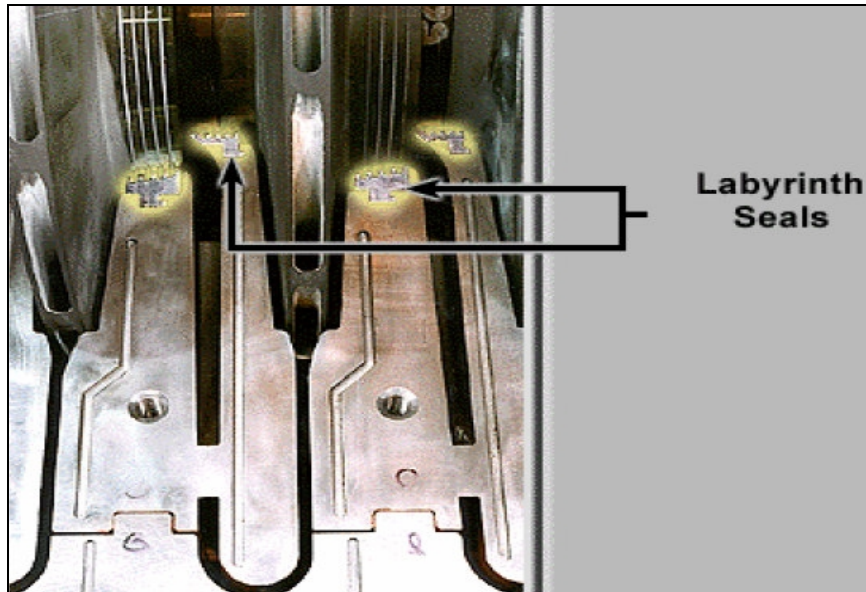
نیمه بالایی لایبرنت به دیافراگم متناظر بسته شده ولی قسمت پایینی می تواند با چرخش در شیار نشیمنگاه خود در دیافراگم مربوطه به راحتی حرکت کند. موقعیت هایی از روتور که آب بند لایبرنتی در آنجا بکار رفته است عبارتند از:

- دیسک های پره ها
 - بوش های شافت بین پره ها و بالانس درام
- آب بند مشابهی نیز در انتهای روتور قرار داده شده تا نشتی گاز به بیرون کمپرسور محدود شود.

⁸⁷ Labyrinth seals

⁸⁸ fin

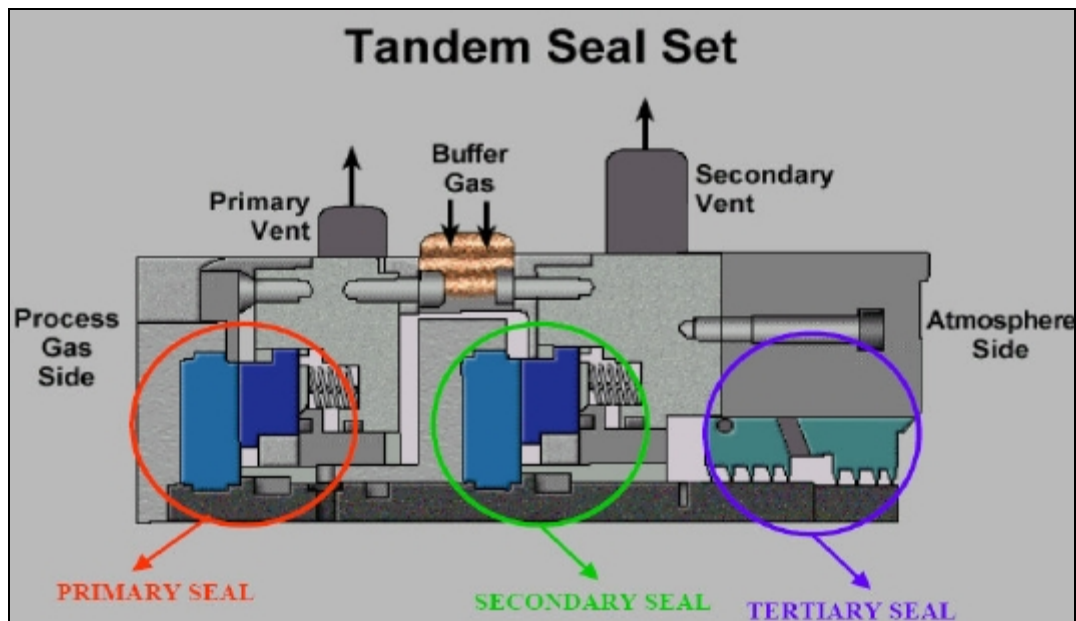
⁸⁹ clearance



شکل ۵-۱۹: نحوه قرارگیری آب بندهای شانه ای در دیافراگم کمپرسور گاز

آب بندهای گازی خشک^{۹۰}

آب بندهای گازی خشک در دو انتهای شافت کمپرسور واقع شده اند و از نشت گاز به بیرون از دستگاه کمپرسور جلوگیری می کنند. این آب بندها شامل آب بندهای لایبرنتی و دو آب بند گازی پشت سر هم می باشند. این دو آب بند گازی هر کدام از یک رینگ چرخان (به عنوان نشیمنگاه) از جنس کاربید تنگستن و یک رینگ ثابت از جنس کربن تشکیل شده اند. شکل زیر طرز قرار گیری و اجزای مختلف این آب بند را نشان می دهد. آب بند داخلی که در سمت گاز قرار دارد عمل آب بندی را طوری انجام می دهد که آب بند بعدی به عنوان آب بند رزرو کار کند.



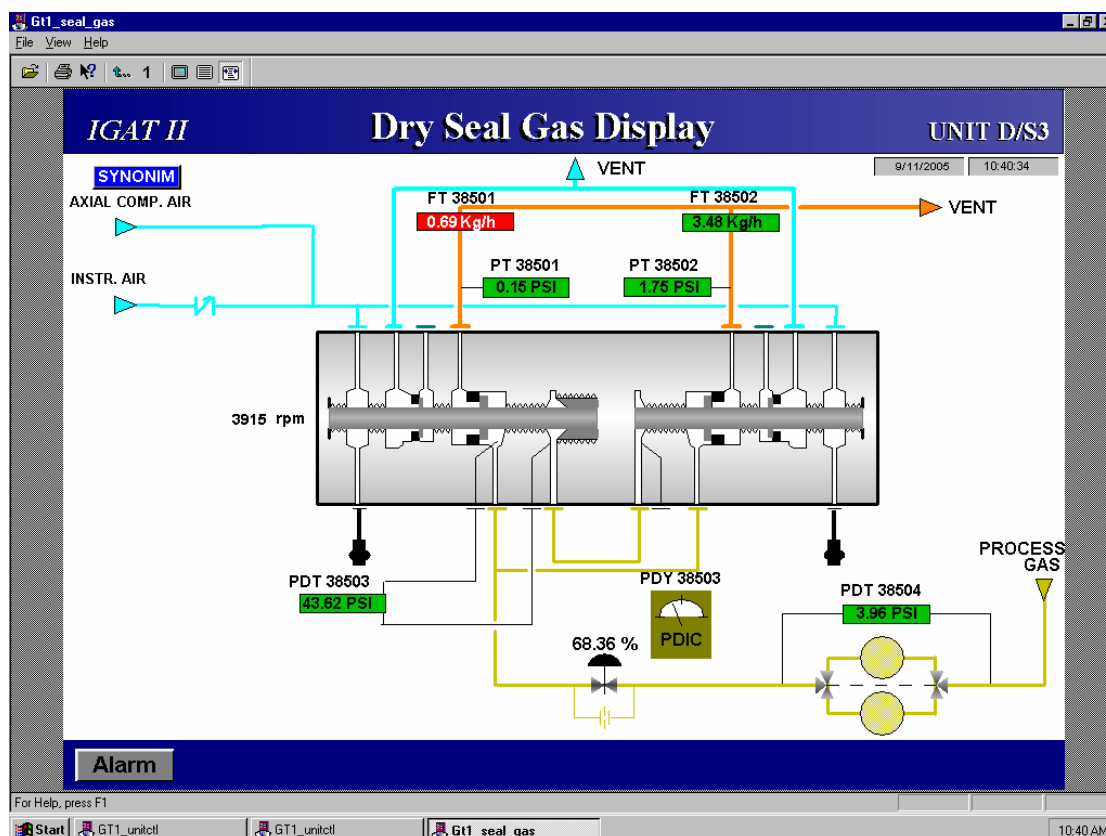
شکل ۵-۲۰: نحوه قرارگیری اجزا آب بند گاز

^{۹۰} Dry gas seal

لاین های آب بندی

برای اینکه بتوان جهت آب بندی در هر دو طرف روتور از رینگ های مشابه و هم جنس استفاده کرد و همچنین فشار یکسانی در دو طرف داشت می بایست فشار دو طرف روتور را یکسان نمود بدین جهت گازی که در خروجی کمپرسور از بین سیل ها و محفظه بالانس درام عبور کرد توسط لاین ایجاد تعادل مجدداً به ورودی کمپرسور برگردانده می شود و به فشار مکش نزدیک می شود. در صورتیکه رینگ های آب بندی نتوانند کاملاً از نشت گاز جلوگیری نمایند گاز پس از عبور از فیلترهای (دو فیلتر، یکی در سرویس و دیگری آماده) توسط دو لاین که به لاین های تخلیه اولیه معروفند به اتمسفر تخلیه می گردد. پس از آن ممکن است مقدار دیگری از گاز نشت کرده و از رینگ های آب بندی بعد از لاین تخلیه اولیه نیز بگذرند.

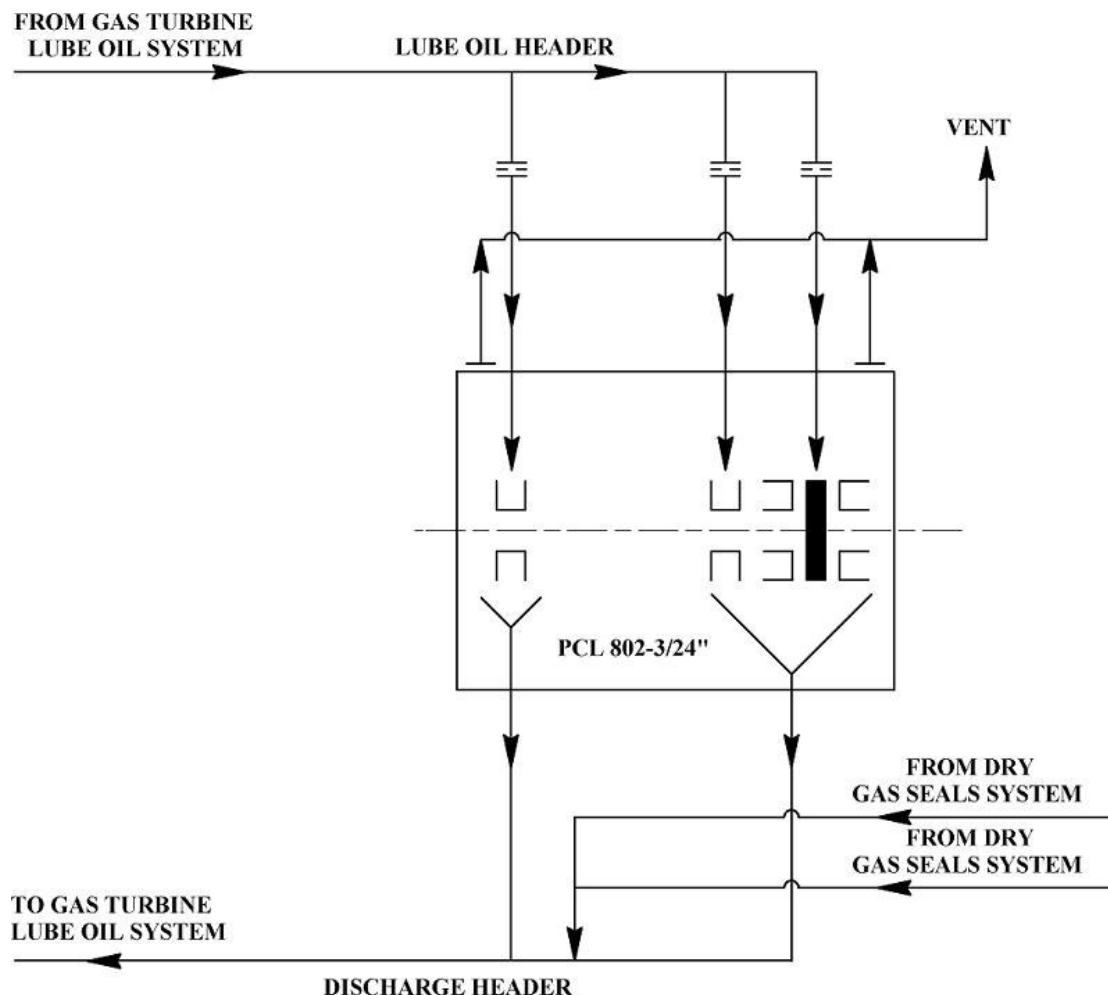
یک جریان هوا که در خلاف جهت حرکت گاز جریان دارد از نفوذ گاز به داخل جلوگیری کرده و در ضمن از تماس روغن روغنکاری با آب بندهای خشک جلوگیری می نماید و بدین ترتیب گاز از طریق دو لاین تخلیه دیگر که به آن لاین تخلیه ثانویه گویند به بیرون هدایت می شود. مدار این سیستم آب بندی را می توان در شکل زیر مشاهده کرد.



شکل ۵-۲۱: شماتیک سیستم آب بند گازی

سیستم روغنکاری

روغن روغنکاری در کمپرسور گریز از مرکزی گاز توسط سیستم روغن توربین گازی تامین می شود. سیستم روغنکاری توربین گاز یک روغن خنک کننده و فیلتر شده را در ما و فشار مورد نیاز برای روغنکاری نقاطی از کمپرسور تامین می کند. این نقاط در شکل زیر بطور شماتیک نمایش داده شده اند.



شکل ۵-۲۲: شماتیک نقاط روغنکاری در کمپرسور گاز (یاتاقان های ژورنال و کف گرد)

روغن فیلتر شده در دمای مورد نیاز به یک هدر^{۹۱} رسیده و بری روغنکاری یاتاقان ها پخش می شود. خطوط روغن که برای روغنکاری یاتاقان های کف گرد و ژورنال تعبیه شده اند دارای اریفیس های کالیبره می باشند که سطح فشار روغن را برای هر قسمت تنظیم می کنند. فشار روغن ها توسط اندازه گیری هایی که در محل نصب شده اند نمایش داده می شود. روغن های خروجی در یک هدر جمع شده و به سمت مخزن جریان پیدا می کند. جریان منظم و صحیح روغن در روغنکاری یاتاقان ها نیز از طریق یک نمایشگر شیشه ای جریان چک می شود.

⁹¹ header

وظایف بهره بردار در قبال کمپرسور گاز عبارتند از:

- ✓ بازدید روزانه از محوطه کمپرسور گاز و حصول اطمینان از عملکرد صحیح آن
- ✓ کنترل مداوم دمای روغن یاتاقانها
- ✓ کنترل مداوم ارتعاشات یاتاقانها
- ✓ نظارت مناسب از مراحل مختلف آب بندی در کمپرسور
- ✓ کنترل اختلاف فشار دو طرف فیلتر گاز آب بندی و در صورت نیاز اقدام لازم جهت تعویض و در نهایت تمیز کردن فیلتر کثیف
- ✓ کنترل مداوم منحنی سرج کمپرسور گاز

۹۲ پدیده سرج

می دانیم که جهت حرکت سیال از نقطه با فشار بیشتر به نقطه با فشار کمتر می باشد حال این سوال پیش خواهد آمد که در این صورت چرا در کمپرسور جهت حرکت سیال عکس قانون فوق است؟ یعنی با اینکه فشار خروجی کمپرسور بیش از فشار ورودی آن است ولی جهت جریان از قسمت با فشار پایین به سمت فشار بالاست. در توضیح مورد فوق باید گفت به قسمت فشار پایین سیال انرژی کمپرسور اضافه شده و مجموع انرژی ناشی از اعمال نیرو توسط کمپرسور به علاوه انرژی خود سیال در ورودی کمپرسور بیشتر از انرژی ناشی از اختلاف فشار بین خروجی و ورودی کمپرسور خواهد بود. حال سوال بعدی اینکه چرا و چه زمان و چگونه سرج اتفاق می افتد؟ سرج کمپرسور زمانی اتفاق می افتد که اختلاف فشار دو طرف کمپرسور بالا رفته و در نتیجه انرژی اختلاف فشار مابین ورودی و خروجی بیشتر از مجموع انرژی کمپرسور و انرژی خود سیال در ورودی باشد. در صورتیکه به چنین نقطه ای برسیم کمپرسور توان خارج کردن گاز را از خود نداشته و در نتیجه فلو در جهت عکس یعنی از سمت خروجی کمپرسور به ورودی جریان می یابد.

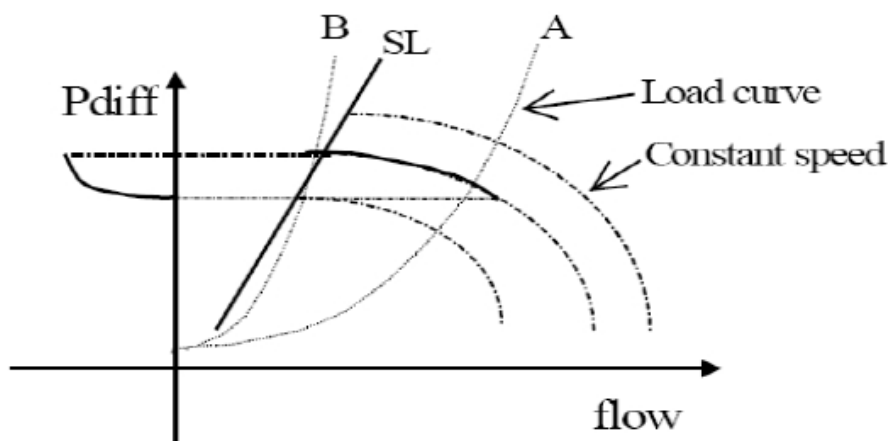
اگر هیچ کاری انجام نگیرد اختلاف فشار دو طرف کمپرسور کاهش یافته و مجدداً فشار و جریان مثبت سریعاً ساخته می شود تا جایی که دوباره اختلاف فشار زیاد شده و مجدداً فلو منفی ساخته می شود. این چرخه در پریودهای چند ثانیه ای تکرار می گردد که نتیجه آن ایجاد ارتعاشات زیان آور برای کمپرسور می باشد.

شکل زیر وضعیت سرج در تغییر بار از حالت A به حالت B نشان می دهد.

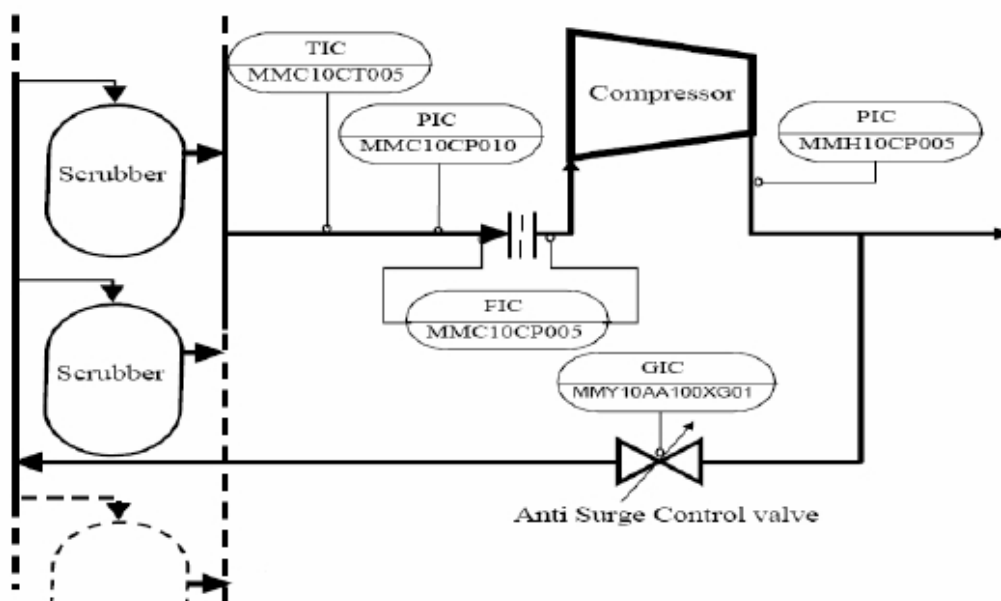
در گذر از خط سرج^{۹۲} (SL) ایجاد جریان مثبت با توجه به فشار خروجی کمپرسور ممکن نبوده و لذا جریان به جریان منفی تبدیل می شود به عبارت دیگر جهت جریان عکس می شود. لذا کاهشی سریع در نسبت تراکم فشار ایجاد می گردد و چنانچه سرعت کمپرسور تغییر نکند مجدداً فشار گاز افزایش و جریان مثبت ایجاد می گردد و کمپرسور دچار ارتعاشات شدیدی می گردد.

شفت کمپرسور از یک طرف در جهت دوران محرک چرخیده و از طرف دیگر به علت افزایش نسبت تراکم از حد مجاز تحت نیرویی برای چرخش در خلاف جهت محرک قرار دارد.

ارتعاشات ایجاد شده ممکن است باعث ایجاد خسارات زیادی به ساختمان کمپرسور، سرو صدای زیاد، تلف شدن انرژی و کاهش بازده کمپرسور شود. کنترل کننده آنتی سرچ (ASCV)^{۹۴} عمل کنترل سرچ را انجام می دهد. با باز کردن این شیر فلو از خروجی کمپرسور به ورودی آن برمی گردد لذا با کاهش اختلاف فشار دو طرف کمپرسور قادر به ایجاد جریان مثبت در کمپرسور خواهیم بود. با باز کردن شیر برگشت گاز کمپرسور را از سرچ حفظ می کنیم اما این کار باعث اتلاف انرژی می گردد لذا تا حد امکان از باز کردن این شیر باید پرهیز نمود.



شکل ۵-۲۳: نمودار کلی سرچ

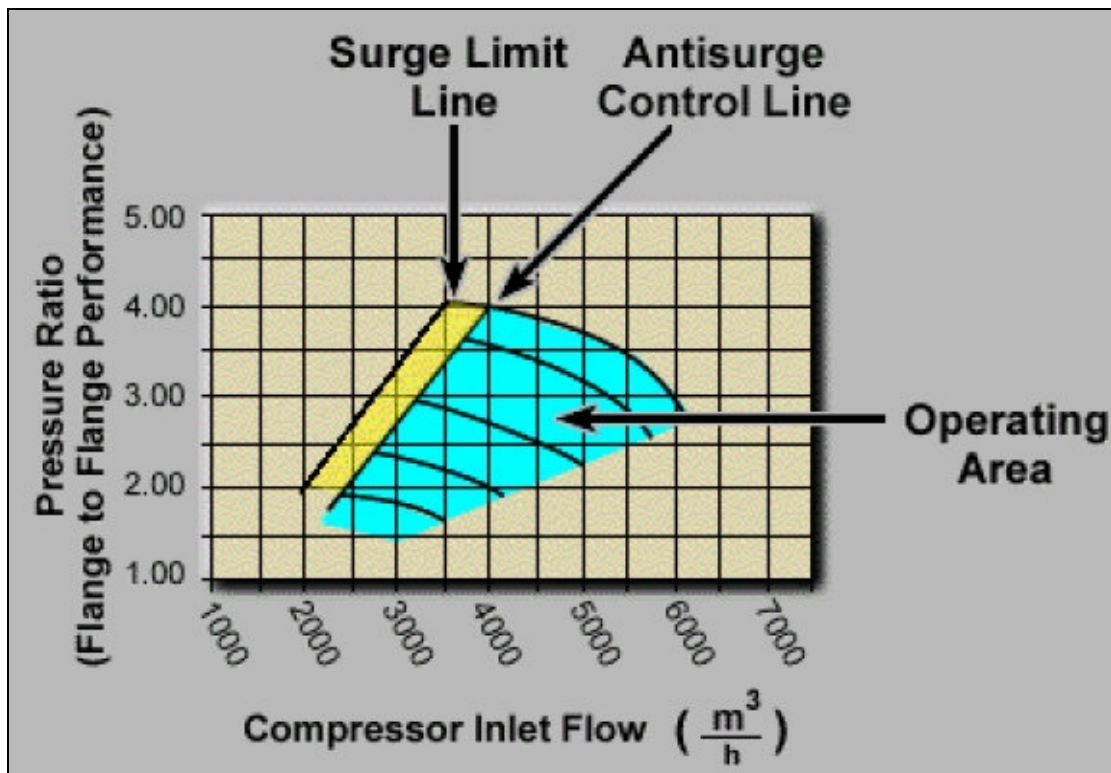


شکل ۵-۲۴: موقعیت ولو برگشت گاز

برای هر کمپرسور از جمله کمپرسورهای سانتریفوژ یک منحنی مشخصه به صورت تابعی از نسبت تراکم کمپرسور برحسب شدت جریان حجمی ورودی برای سرعت های مختلف وجود دارد همانگونه که در شکل زیر مشاهده می شود خط سرچ به عنوان پایین ترین محدوده عملیاتی مشخص می شود. اگر در شرایطی میزان جریان گاز ورودی به کمپرسور کمتر از میزان آن روی خط سرچ باشد این پدیده اتفاق می افتد. مکان دقیق خط سرچ بر روی منحنی

⁹⁴ Anti surge control valve

مشخصه معلوم نیست بنابراین همانطور که در شکل مشاهده می شود خط کنترل کمپرسورها سرچ در ورودی به پروانه و جایی که جدایی جریان در هنگام ورود به تیغه های پروانه اتفاق می افتد رخ می دهد. در واحدهای دیگر این اتفاق در دیفیوزر خواهد افتاد. این پدیده به علت عدم توانایی دیفیوزر برای غلبه بر فشار خروجی کمپرسور اتفاق می افتد. احتمال وقوع این پدیده در جریان های حجمی کم و هدهای بالا بیشتر است. برای مشخص کردن پدیده سرچ تجهیزات خیلی پیچیده ای مورد نیاز نمی باشد. ارتعاشات ایجاد شده به علت این ناپایداری معمولاً به راحتی شنیده می شود و حتی با ایستادن در نزدیکی کمپرسور احساس می شوند بطور مشابه اگر شخصی در اتاق کنترل حضور داشته باشد در شرایط سرچ یک نوسان شدید در گیج های مربوط به فشار و نرخ جریان، در برد کنترل مشاهده می شود.



شکل ۵-۲۵: نمونه ای از یک منحنی مشخصه، به صورت تابعی از نسبت تراکم کمپرسور (محور عمودی) بر حسب شدت جریان حجمی ورودی (محور افقی) برای سرعت های مختلف

فصل ششم

سیستم های حفاظتی

سیستم های گاز یاب و آتش یاب

تشخیص دهنده گاز

عملکرد سیستم:

سیستم اطفاء حریق

عملکرد سیستم اطفاء حریق

سیستم فشار زدایی و تخلیه گاز

فصل ۶

سیستم های حفاظتی

سیستم های گاز یاب و آتش یاب

سیستم گاز یاب و آتش یاب (F&G) به منظور مشاهده آتش، گرما، دود و گاز اعلام خطر و منطقه آن و راه اندازی سیستم ضد آتش و توقف تجهیزات موجود در منطقه خطر بکار گرفته شده است. محدوده انفجار گاز بین ۵ تا ۱۵ درصد گاز می باشد و این یعنی در صورتی که بین ۵ تا ۱۵ درصد یک حجم مشخصی گاز و مابقی هوا باشد و حرارت نیز به آن برسد با انفجار مواجه خواهیم شد لذا به مقدار ۵ درصد گاز محدوده پایین انفجار (LEL)^{۹۵} و به مقدار ۱۵ درصد آن محدوده بالای انفجار (HEL)^{۹۶} گویند.

سیستم (f&g) بر اساس فرمان سنسورهای ویژه تشخیص آتش و گاز در نواحی مختلف کار می کند. این سنسورها با حس وجود آتش و یا گاز آلامی به اتاق کنترل ارسال کرده، بهره بردار را از محل بروز آتش و یا گاز از طریق SCS و یک صفحه شماتیک که شامل آلام های شعله و گاز و دود در هر منطقه است مطلع می نماید. این سیستم بر اساس سیگنال ورودی و در صورت نیاز توقف اضطراری یک ناحیه یا کل ایستگاه را فرمان می دهد. تشخیص دهنده های گاز میزان غلظت گاز موجود در هوا را می سنجند.

سنسورهای گاز یابی که در محوطه ایستگاه قرار دارند در ۰.۲۰٪ حد پایین انفجار یک آلام به اتاق کنترل ارسال کرده و هنگامی که دو عدد از سنسورهای آن ۰.۶۰٪ حد پایین انفجار را گزارش کنند سیستم بصورت اتوماتیک فرمان توقف می دهد. این میزان در مورد سنسورهایی که در داخل اتاقک توربین واقع شده اند اندکی کمتر است بطوریکه اگر میزان گاز به ۱۰٪ LEL برسد توسط واحد مرکزی سیستم آلامی ایجاد می شود و در صورتی که میزان گاز به ۲۵٪ LEL برسد باعث توقف توربین می شود.

(در صدهای عنوان شده در طراحی های مختلف می توانند اندکی متفاوت باشند)

تشخیص دهنده گاز:

تشخیص دهنده های گاز مخصوص داخل توربین در مکان های زیر قرار دارند:

- در ورودی کانال های تهویه اتاق ژنراتور گاز و اتاق تجهیزات کمکی
- در خروجی کانال تهویه اتاق ژنراتور گاز
- در کف اتاق ژنراتور گاز
- در محفظه تصفیه هوای ورودی به توربین گاز

واحد مرکزی سیستم دارای سوئیچهای خاموش و روشن و دیودهای ساطع کننده نور برای مشخص کردن ناحیه آلام و همچنین تعیین خرابی ها می باشد. واحد مرکزی در اتاق کنترل قرار دارد. شکل زیر موقعیت تشخیص دهنده های گاز را نشان می دهد:

⁹⁵ Low explosion limit
⁹⁶ High explosion limit

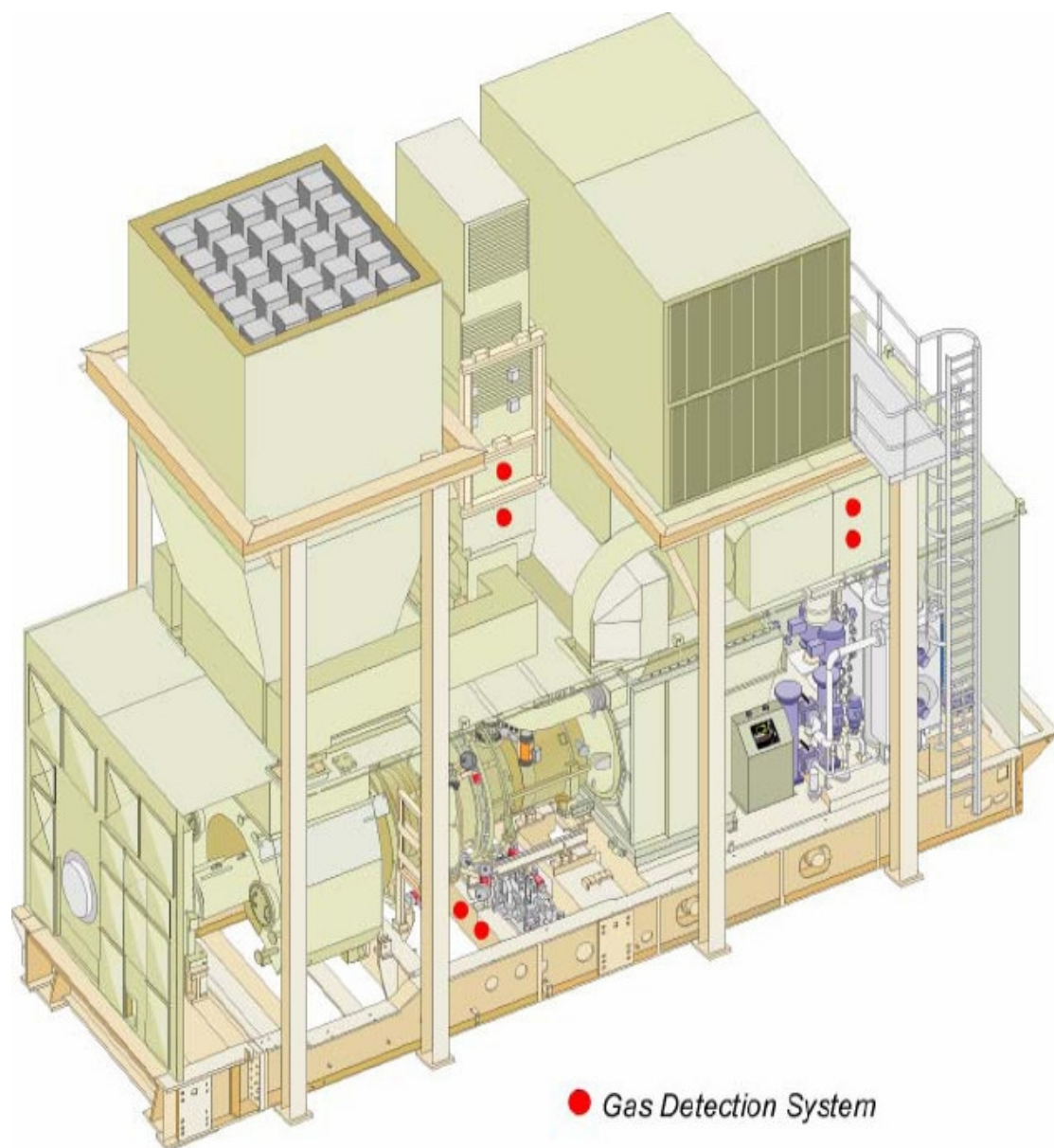
عملکرد سیستم:

این سیستم به صورت کاملاً اتوماتیک عمل می نماید و تا زمانی که از طریق واحد مرکزی متوقف نگردد بطور اتوماتیک وضعیت نشستی گاز را زیر نظر دارد. در هنگام توقف واحد سیستم می تواند به کارکرد عادی خود ادامه دهد یا متوقف گردد.

تشخیص دهنده های گاز را می توان بعد از توقف توربینی گاز کالپره نمود.

مشخصات فنی:

- تشخیص دهنده های گاز دارای پوشش ضد انفجاری جهت استفاده در نواحی خطرناک می باشند.
- در مواقع اضطراری واحد مرکزی سیستم گازیاب از پشتیبانی سیستم برق ۲۴VDC باتریها برخوردار است.



سیستم اطفاء حریق

این سیستم به منظور تشخیص اتوماتیک آتش در اتاق توربین گاز و اطفاء آن طراحی گردیده است تا از طریق آن میزان آسیب به توربین گاز محدود گردد.

این سیستم وظایف زیر را دنبال می کند:

- تشخیص اتوماتیک آتش داخل توربین گاز
- خاموش کردن آتش به هنگام ارسال سیگنال توسط سیستم تشخیص دهنده آتش
- خاموش کردن آتش هنگامی که سیستم به صورت دسنی فعال گردد.

توصیف کلی سیستم:

این سیستم کاهش اکسیژن هوا از ۲۱٪ به ۱۵٪ را تشخیص داده و بر مبنای آن عمل می کند یعنی در هنگام بروز آتش سوزی و رویت آن توسط سنسور سیستم حفاظتی CO_2 جهت خاموش کردن آتش سوزی درون بخش های توربین به مدت زمان لازم (معمولا یک دقیقه) CO_2 تخلیه می نماید.

تجهیزات این سیستم شامل:

سیلندرهای حاوی CO_2 ، نازل ها و لوله های خروجی، سولنوئیدها، سوئیچ های فشاری و آتش یاب ها می باشند. این سیستم هم بصورت اتوماتیک و هم بصورت دستی قابل فرمان می باشد عمل کردن این سیستم در هر دو حالت فوق باعث توقف اضطراری واحدها می گردد.

✓ هنگام تخلیه گاز دی اکسید کربن باید به سرعت از محل دور شد چرا که نتیجه استنشاق این گاز بیرنگ و بی بو به احتمال زیاد مرگ است.

هنگامی که سیستم تشخیص دهنده بروز آتش را تشخیص می دهد سیگنالی از واحد مرکزی جهت سیستم اطفاء حریق ارسال می شود. زمانی که فعال کننده الکتریکی روی شیر سیلندر راهنما^{۹۷} این سیگنال را دریافت نمود شیر باز شده و باعث رها شدن CO_2 سیلندر راهنما می گردد. فشار سیلندر راهنما واحد کنترل تاخیر زمانی CO_2 را فعال می کند. این واحد آزاد شدن CO_2 سیلندرهای اصلی را چند ثانیه (بسته به طراحی) به تاخیر می اندازد. این سیستم جهت مهار آتش از دو خروجی مجزا در توربین استفاده می کنند که یکی مربوط به پلشش اولیه و دیگری مربوط به پاشش بصورت ممتد می باشد.

عملکرد سیستم:

این سیستم کاملاً اتوماتیک عمل کرد و همیشه در سرویس است بجز مواقعی که به منظور تامین ایمنی پرسنل از سرویس خارج گردد. در حالتی که یک تشخیص دهنده حرارت یا یک تشخیص دهنده شعله فعال می گردد موارد زیر رخ می دهد:

- مشخص گردیده اخطار آتش توسط سیستم کنترل و نظارت
- چراغ های قرمز بیرون منطقه محافظت شده شروع به چشمک زدن می کنند.
- اخطار آتش روی واحد مرکزی سیستم اطفاء حریق مشخص خواهد گردید.

⁹⁷ Pilot cylinder valve

در حالتی که یکی از دکمہ های آزاد سازی $2CO$ از محل مربوطه فعال گردد یا دو تشخیص دهنده گرما فعال شود و یا دو تشخیص دهنده شعله یا یک تشخیص دهنده شعله و یک تشخیص دهنده گرما همزمان فعال گردیده باشند علاوه بر ایجاد اخطار آتش موارد زیر انجام می گیرد.

- (۱) آلازم آتش روی واحد مرکزی سیستم مشخص می گردد.
 - (۲) آلازم آتش از واحد مرکزی به سیستم کنترل توربین گاز ارسال می شود.
 - (۳) آلازم آتش از واحد مرکزی برای رله های توقف ارسال می گردد.
 - (۴) تمامی دمپرهای سیستم تهویه از طریق واحد مرکزی بسته می گردند.
 - (۵) فرمان آزاد سازی $2CO$ ارسال می گردد که با توجه به مراحل زیر $2CO$ آزاد می گردد:
 - (۶) فعال کننده الکتریکی با دریافت سیگنال شیر سیلندر راهنما را باز می کند.
 - (۷) آژیر پنوماتیکی و الکتریکی درون اتاق محافظت شده شنیده می شود.
 - (۸) واحد تاخیر زمان خالی شدن $2CO$ سیلندرها ی اصلی فعال می گردد.
 - (۹) پس از چند ثانیه (بسته به طراح سیستم)، شیرهای سیلندرها ی $2CO$ باز می گردند.
 - (۱۰) از طریق نازل ها $2CO$ به داخل اتاقکهای محافظت شده تخلیه می گردد.
- این سیستم باید قبل از مرحله راه اندازی توربین گاز در سرویس قرار گیرد. توقف توربین گاز تاثیری روی سیستم ندارد.

اجزاء سیستم:

واحد مرکزی سیستم اطفاء حریق:

این واحد در اتاق کنترل قرار دارد و وظیفه کنترل مراحل آزاد سازی $2CO$ را بر عهده دارد. این سیستم همچنین اطلاعات قابل قبولی از وضعیت سیستم خاموش کننده آتش فراهم کرده و آن را به سیستم کنترل توربین ارسال می دارد.

برخی از این اطلاعات عبارتند از:

- هشدار آتش
- توقف واحد در نتیجه بروز آتش
- آزاد سازی $2CO$
- قفل شدن سیستم اطفاء حریق
- خرابی تجهیزات مربوط به سیستم اطفاء آتش
- بستن دمپرهای اتاق ژنراتور گاز در موقع فعال شدن سیستم

تشخیص دهنده های حرارت:

چهار تشخیص دهنده حرارت در اتاق توربین گاز وجود دارد که با واحد مرکزی سیستم در ارتباط می باشند. هنگامی که دمای اتاق به حد از پیش تنظیم شده رسید تشخیص دهنده آتش فعال گردیده و هشدار آتش صادر می گردد. چنانچه دو تشخیص دهنده حرارت یا یک تشخیص دهنده حرارت به همراه یک تشخیص دهنده شعله فعال

گردد باعث رها شدن $2CO$ به داخل اتاق های محافظت شده می گردد. در صورت خرابی سیستم تهویه این تشخیص دهنده ها فقط باعث ایجاد آلام می شوند.

تشخیص دهنده های شعله:

معمولا چهار تشخیص دهنده شعله در اتاق توربین گاز قرار دارد که با واحد مرکزی سیستم در ارتباط می باشند. این تشخیص دهنده ها اشعه مادون قرمز شعله را حس می کنند. هنگامی که یک تشخیص دهنده شعله فعال می گردد هشدار آتش ایجاد می شود. چنانچه دو تشخیص شعله یا یک تشخیص دهنده شعله به همراه یک تشخیص دهنده حرارت فعال گردند آلام ارسال شده و $2CO$ در داخل اتاقهای محافظت شده پخش می گردد.

سیلندرهای دی اکسید کربن:

این سیلندرها در بیرون اتاق توربین گاز قرار گرفته اند. اگر در هر سیلندر سطح $2CO$ به کمتر از ۹۰٪ برسد موضوع با ارسال آلامی مشخص می گردد. معمولا در قسمت بیرونی اتاق توربین گازها و در دو طرف واحد دو چراغ به رنگهای سبز و قرمز وجود دارد.

✓ چراغ سبز هنگامی که سیستم اطفاء حریق قفل می شود روشن می گردد.

✓ چراغ قرمز در زمان آزاد شدن $2CO$ روشن می شود.

یک آژیر الکتریکی در داخل اتاق محافظت شده وجود دارد که هنگام ایجاد آلام آتش فعال می گردد. علاوه بر آن یک آژیر مکانیکی نیز در اتاق وجود دارد که در زمان فعال شدن واحد تاخیر زمان تخلیه $2CO$ این آژیر با صدایی متفاوت از آژیر الکتریکی فعال می گردد. لازم به توضیح است بدلیل حفظ ایمنی افراد واحد تاخیر زمان باز شدن ولوهای سیلندرهای $2CO$ را چند ثانیه (معمولا ۳۰ ثانیه) به تاخیر می اندازد.

مشخصات فنی:

✓ کلیه تجهیزات الکتریکی سیستم اطفاء حریق درون اتاق ژنراتور گاز به منظور استفاده در ناحیه خطرناک دارای پوشش ضد انفجاری می باشند.

✓ این سیستم دارای یک منبع تغذیه پشتیبان است تا سیستم حداقل برای ۲۴ ساعت به هنگام از دست رفتن منبع تغذیه اصلی در سرویس باقی بماند.

✓ واحد مرکزی از پشتیبانی سیستم برق $VDC24$ باتریها برخوردار است.

✓ تشخیص دهنده ها و نازل های $2CO$ و آژیرهای الکتریکی و مکانیکی درون اتاق ژنراتور گاز قرار دارند و بقیه تجهیزات سیستم خارج اتاق حفاظت شده قرار دارند.

محدوده انفجار یا آتش برای مخلوط گاز با هوا ۵-۱۵٪ می باشد در مقدار کمتر یا بیشتر از این عمل ، انفجار غیر ممکن است حد پایین این محدوده ۰٫۵٪ و ما در هنگام نشت گاز نباید اجازه دهیم مخلوط گاز با هوا به ۰٫۵٪ برسد برای این منظور دستگاهی جهت اندازه گیری مقدار گاز درون محیط و دستگاهی جهت کالبریت کردن این سنسورها وجود دارد که دستگاه اول در اختیار بهره بردار و دستگاه دوم در اختیار ابزار دقیق می باشد.

جهت کالبریت کردن دستگاه گاز سنج، مخلوطی از ۰.۱٪ گاز و ۹۹٪ هوا را به سنسور می دهند و آن را روی ۰.۲٪ تنظیم می کنند دوباره مخلوطی از ۰.۲٪ گاز و ۹۸٪ هوا را به سنسور داده و آن را روی LEL۴۰٪ تنظیم می کنند به همین ترتیب در مرحله پنجم ۰.۵٪ گاز و ۹۵٪ هوا را به سنسور داده و آن را روی LEL۱۰۰٪ تنظیم می کنند در اینجا سنسور کالبریت شده است یعنی LEL۶۰٪ معرف ۰.۳٪ گاز و ۹۷٪ هواست.

سیستم فشار زدایی و تخلیه گاز

سیستم فشار زدایی و تخلیه گاز در ایستگاه، به منظور کاهش مقدار گاز موجود در نواحی از ایستگاه می باشد که دچار آتش سوزی و انفجار و یا هر حالت خطرناک دیگری شده باشند. در واقع هدف از ایجاد این سیستم کاهش فشار سیستم های در حال آتش سوزی و در نتیجه مینیم کردن احتمال شکست و انفجار در این نواحی می باشد. این سیستم همچنین مانع از رسیدن سوخت به نواحی فوق می شود.

سیستم تخلیه شامل قسمت های زیر می باشد:

- شیرهای تخلیه
- اریفیس های محدود کننده^{۹۸}
- شیر اطمینان های خطوط ورودی و خروجی
- هدرهای جمع آوری کننده خروجی شیرهای اطمینان
- هدر اصلی
- دود کش^{۹۹}

گازهای رها شده در طی فشار زدایی از طریق هدرها به دودکش هدایت شده و تخلیه می شوند. تخلیه گاز باید در محل امنی صورت گیرد به همین منظور در انتخاب این محل بایستی شرایط محیطی اطراف، توسعه های آینده ایستگاه و چگونگی وزش باد بررسی و منظور شوند. سیستم فشارزدایی و تخلیه ایستگاه طوری طراحی شده که توسط آن می توان نیازهای زیر را برآورده ساخت:

- در حالت فشار زدایی کل ایستگاه فشار تمام مخازن و لوله ها بایستی ظرف مدت ۱۵ دقیقه از حالت اولیه به زیر ۱۰۰ psig رسانده شود.
- اندازه هدر و دودکش تخلیه به گونه ای باشد که توانایی تخلیه گاز از تمام شیرهای تخلیه وجود داشته باشد.
- هر کمپرسور را بتوان بطور مجزا فشار زدایی کرد.
- مرکز تقلیل فشار را بتوان بطور مجزا فشار زدایی کرد.
- واحد پروسه گاز شامل: ورودی ایستگاه، اسکرابرها، کولرهای گاز و خط خروجی ایستگاه را بتوان بصورت مجزا فشار زدایی کرد.

⁹⁸ Restriction orifice
⁹⁹ Vent stack

شرایط طراحی فشار و سرعت گاز در این سیستم تخلیه بصورت زیر منظور شده است:

- ماکزیمم فشار برگشتی مجاز در شبکه ۱۱۶ psig است.
- ماکزیمم سرعت گاز در شبکه ۷.۰ ماخ (232m/s) می باشد.

دلایلی که باعث نیاز به فشار زدایی در ایستگاه می شوند عبارتند از:

- قطع برق کل یا قسمتی از ایستگاه
- اشکال در خنک سازی و دمای بیش از حد گاز
- آتش سوزی
- مسدود شدن خروجی
- اشکال در سیستم هوای ابزار دقیق
- اشکال در سیستم گاز عملگر
- نشستی و رسوخ سیال پروسه از نواحی پرفشار به قسمت های کم فشار سیستم

فصل ۷

کنترل و بهره برداری

کنترل توربوکمپرسورها

راه اندازی و توقف توربین

تدابیر عمومی ایمنی در ایستگاههای تقویت فشار

نکات ایمنی در کار با توربو کمپرسورها

تحلیل خط انتقال

واحد کنترل مرکزی DISPATCHING

بهره برداری

فصل ۷

کنترل و بهره برداری

بهره بردار با توجه به ارتباط سیستم SCS , UCP (پانل کنترل واحد) می تواند اطلاعات رسیده از سیستم ها و سنسورها در نقاط مختلف ایستگاه را از طریق مونیتورهای مربوطه مشاهده و در نتیجه کارکرد واحدها و پروسه کامل ایستگاه را کنترل نماید.

پانل کنترل واحد (UCP)، حفاظت، نمایش و کنترل پارامترهای زیر را بر عهده دارد:

- شعله در توربین و سیستم گازیاب
- سیستم سوخت رسانی توربین گاز
- دمای اگزوز توربین
- سرعت های توربین و کمپرسور
- ارتعاشات در توربین و کمپرسور
- فلوی مپرسور
- فشارهای ورودی و خروجی کمپرسور
- دمای خروجی کمپرسور
- کارکرد کمپرسور در شرایط ایمن و جلوگیری از سرچ آن
- سیستم روغن و روغنکاری

کنترل توربو کمپرسورها

کنترل واحدها اعم از کارکرد مرحله به مرحله اجزای مختلف توربین شامل روغنکاری، تهویه، راه اندازی، آب بندی و.... و همچنین کنترل پروسه ایستگاه، شامل کتترا نقطه سرچ و در نتیجه باز یا بسته بودن آنتی سرچ ولو، تشخیص باز یا بسته ماندن شیرهای ورودی و خروجی و... به عهده PLC ها یا همان کنترل کننده های منطقی قابل برنامه ریزی است. کنترل توربو کمپرسورها در زمانی که کنترل ایستگاه روی حالت اتوماتیک باشد از دو طریق امکان پذیر است:

(۱) از طریق فشارهای ورودی و خروجی ایستگاه

(۲) از طریق مقدار فلوی ایستگاه

که هر دو عامل فوق نیز در مانیتور SCS آمده است و این یعنی SCS بر اساس اطلاعات رسیده در مورد فلوی و یا فشارهای ورودی و خروجی به استارت و یا توقف یک واحد بسته به اینکه تعداد واحدهای در حال کار قادر به برآورد بار مورد نیاز نباشند و یا بالعکس با تعداد واحد کمتری بتوان شرایط و بار مورد نیاز را نحالت نماید اقدام می کند.

جهت راه اندازی واحد پس از اقدامات اولیه می توانیم حالت های زیر را انتخاب کنیم: (البته این حالتها در توربو کمپرسورهای مختلف و البته با توجه به نرم افزار نصب شده روی UCP,SCS ممکن است بیشتر و یا کمتر بوده و یا با نام های دیگر شناخته شوند)

Remote, Auto, off, manual , Fire, Crank

حالت off:

معمولا در زمان تعمیرات واحد این حالت به منظور جلوگیری از صدور فرمان استارت فعال می شود.

حالت crank:

جهت آزمایش واحد پس از انجام تعمیرات از این حالت که یک استارت مجازی بدون ایجاد جرقه است شیرهای ورودی و خروجی واحد باز نمی شود.

حالت fire:

در این حالت بدون باز شدن ولوهای ورودی و خروجی واحد یک استارت همراه با تشکیل شعله انجام می شود از این حالت نیز جهت آزمایش واحد پس از انجام تعمیرات بر روی محفظه احتراق یا فتوسل ها استفاده می گردد.

حالت manual:

در این حالت می توان بطور دستی فرمان استارت یا استاپ واحد از طریق پانل کنترل واحد نحالت. در این حالت بهره بردار می تواند کاهش یا افزایش دور و تنظیم فشار ورودی و خروجی واحدها و استارت و استاپ واحدهای دیگر را با نظر خود تنظیم و یا تغییر دهد و سیستم کنترل ایستگاه هیچگونه دخالتی در کنترل واحدها ندارد البته در صورتی که واحد به محدوده خط سرج برسد شیر آنتی سرج بطور اتوماتیک باز می شود تا واحد را از این وضعیت خطرناک دور کند.

حالت auto :

در این حالت واحد بطور اتوماتیک راه اندازی شده و مراحل فشار گیری، بستن شیر تخلیه و بستن شیر آنتی سرج نیز توسط خود واحد انجام می شود. در این حالت با توجه به تنظیمات بهره بردار هر توربین به صورت مجزا اتوماتیک کار می کند و کاهش یا افزایش دور آن تابع میزان فلوی درخواستی تنظیم شده توسط بهره بردار می باشد.

حالت remote :

در این حالت سیستم کنترل ایستگاه با توجه به منحنی عملکرد و بر اساس اولویت بندی تنظیم شده توسط بهره بردار راه اندازی یا توقف واحدها را انجام میدهد. در این حالت با توجه به مقادیر تعیین شده برای فشار ورودی ، فشار خروجی و دبی، کنترل فشار، دور و دبی واحدها توسط سیستم کنترل ایستگاه صورت می گیرد هیچگاه سیستم کنترل ایستگاه همزمان از هر سه پارامتر فرمان نمی گیرد زیرا هر کدام از سه پارامتر یاد شده که فعال باشد با علامتی در مقابل ستون مربوطه مشخص است.

راه اندازی و توقف توربین

برای راه اندازی توربین اطمینان از رفع شرایط زیر ضروری است:

- فشار سوخت بالا
- دمای خیلی بالا در اتاقک توربین

- تخلیه CO₂ سیستم حفاظت در مقابل آتش
- وجود آتش در محوطه توربین
- فعال بودن مکانیزم جلوگیری از سرعت بالای توربین راه انداز (در صورت وجود توربین انبساطی)
- اختلاف فشار بالا در طرفین فیلترهای ورودی هوا
- فعال بودن توقف اضطراری همراه با تخلیه گاز یا بدون آن
- وجود گاز به مقدار خیلی بالا در اتاقک توربین
- صفر بنودن سرعت شافت توربین hp
- دمای اگزوز بالا
- ارتعاشات خیلی بالا در توربین
- دمای روغن کاری خیلی بالا
- وجود جابجایی محوری در توربین
- مشکل در سیستم حفاظت هیدرولیک
- دمای خیلی بالا در فضای بین پره های توربین
- مشکل در نازل های راهنما
- وجود گاز در اتاقک فیلترها
- وضعیت غیر صحیح شیرها
- مشکل در سیستم تشخیص شعله
- فعال بودن سیگنال سرعت غیر مجاز در توربین های lp و hp
- ارتعاشات محوری و شعاعی خیلی زیاد در کمپرسور
- باز بودن دریای اتاقک فیلترها
- اشکال در سیستم ضد حریق
- اشکال در ترموکوبل های اگزوز
- اشکال سیستم گاز یاب

در ضمن تحقق شرایط زیر نیز باید چک شود:

- پایین نبودن ولتاژ باتریها
- دمای نرمال در هدرروغن کاری
- عدم وجود گاز در اتاقک جانبی توربین
- باز بودن دمپرهای موجود در مسیر تهویه
- بسته بودن درب اتاقک فیلترها، اتاقک جانبی و توربین
- ولتاژ نرمال در پمپ اضطراری (در صورت وجود)
- عادی بودن ارتعاشات سیستم
- سطح روغن تانک نرمال باشد
- سیستم آتش یاب و گازیاب در سرویس باشد

- عدم وجود مشکل در موقعیت تیغه های راهنمای ورودی
- عدم وجود مشکل در سیستم پالس جت
- موقعیت صحیح شیرها

عادی بودن تمام فاکتورهای فوق به این معنی است که توربین ready داشته آماده استارت می باشد با فشردن دکمه استارت و پس از فشار دار شدن واحد، آنتی سرج ولو بسته شده و سیستم روغن کاری، فن تهویه اتاقک توربین، فن جدا کننده بخارات روغن و فن های خنک کننده روغن استارت می شوند اگر واحد خالی از گاز باشد شیر آنتی سرج به حالت بسته باقی مانده و شیر بای پاس شیر ورودی باز می شود در این هنگام و در حالی که شیر تخلیه کاملاً باز است هواگیری کمپرسور تا فشار ۲۰۰ پوند بر اینچ مربع انجام می گیرد.

پس از هوا گیری خطوط آنتی سرج شیر تخلیه گاز بسته شده فشار گاز در واحد افزایش می یابد. زمانی که اختلاف فشار دو طرف شیر ورودی واحد کم شود شیر ورودی باز شده و بای پاس می بندد بعد از گاز دار شده واحد سیستم راله انداز اولیه استارت شده و شفت hp شروع به چرخش می کند. سپس شیرهای مربوط به سوخت باز شده و جرقه زده شده شعله ایجاد می شود. پس از آن شفت lp شروع به چرخش میکند و سیستم راه انداز متوقف می گردد. هنگامی که دور lp به مقدار مناسب رسید شیر خروجی واحد باز میشود. در این زمان می بایستی شیر آنتی سرج بسته و دور واحد افزایش یابد تا اصطلاحاً واحد به خط زده شود.

توقف توربین

توقف عادی: هنگام توقف عادی واحد سیستم کنترل ابتدا فلو خروجی را تا مقدار حداقل کاهش می دهد سپس شیرهای کنترل سوخت در وضعیت حداقل خود قرار می گیرد.

توقف اضطراری: در هنگام توقف اضطراری سیستم کنترل سریعاً شیرهای کنترل سوخت را می بندد. بعد از توقف اضطراری سیستم کنترل توربین در سرویس نمی باشد. در این مرحله سیستم تقاضای بسته شدن و توقف تجهیزات سوخت را می دهد برای توقف عادی از فرمان STOP در UCP و یا در حالت REMOTE در SCS استفاده می شود. با انجام این کار سرعت شافت HP بر اساس تابع خطی شروع به کاهش کرده و شیر آنتی سرج باز می شود. هنگامیکه سرعت LP به کمتر از دور بحرانی رسید شیرهای ورودی و خروجی واحد بسته می شوند و پس از اینکه سرعت HP به کمتر از دور بحرانی رسید سیستم روغنکاری خودش را با شرایط جدید وفق داده. در شرایط COOL DOWN بسته به نوع طراحی شفت باید چرخانده شود که در برخی از انواع طرحیه سیستم راه انداز این وظیفه را به عهده داشته و در برخی دیگر پمپ دیگری جداگانه اجرای فرایند فوق را بعهده دارد.

توقف اضطراری بدون تخلیه گاز

این نوع توقف در شرایط زیر اتفاق می افتد:

- دمای خیلی بالا در فضای بین توربین ها
- دمای خیلی بالا در اتاقک توربین
- ناهماهنگی در ترموکوپل های ورودی کمپرسور محوری

- دمای خیلی بالای روغن روغنکاری
 - اختلاف فشار خیلی زیاد در طرفین فیلترهای ورودی
 - ارتعاشات خیلی زیاد توربین
 - اشکال در ترموکوپلهای اگزوز
 - دمای زیاد در اگزوز
 - جابجایی محوری توربین
 - وضعیت غیر صحیح شیرها
 - قطع شدن شعله
 - افزایش بیش از حد سرعت در شافت های LP , HP
 - ارتعاشات شعاعی و جابجایی محوری خیلی زیاد در کمپرسور گاز
 - باز شدن درب های اتاقک فیلتر
 - پایین بودن ولتاژ به مدت معلوم تعیین شده
 - اشکال در سیستم مشاهده گاز
- در صورت تحقق هر کدام از شرایط فوق سوخت قطع شده و شیر آنتی سرج باز می شود.

توقف اضطراری همراه با تخلیه گاز

که در صورت بروز موارد زیر اتفاق خواهد افتاد:

- فشردن PUSH BUTTON مربوطه
- تخلیه CO_2 سیستم ضد حریق
- مشاهده گاز در اتاقک فیلتر
- گاز بسیار زیاد در اتاقک توربین

سیستم توقف اضطراری

سیستم توقف اضطراری (ESD) در حقیقت جهت محافظت از پرسنل و تجهیزات و محیط از فرایندهای ناخواسته و یا آزاد شدن غیر قابل کنترل هیدروکربن ها و یا شرایط دیگر است.

یک شرایط SHUT DOWN ایمن به این معنی است که ورودی خروجی به واحد بسته شده و لوله و تجهیزاتی که در صورت خراب شدن احتمالی مقدار زیادی هیدروکربن آزاد می کنند ایزوله می شوند و سیستم هایی که پتانسیل احتراق دارند SHUT DOWN می شوند. سیستم ESD به سه سطح ESD_1 , ESD_2 , ESD_3 تقسیم بندی می گردد. این طراحی بگونه ای است که توقف اضطراری در یک سطح سطوح بالاتر را فعال نمی کند اما موجب عمل کردن سطوح پایین تر خواهد شد. در خلال یک SHUT DOWN سیستم ها و قسمت های مختلف توسط ESDV ها از هم ایزوله می شوند. هر قسمتی که از هم جدا شده دارای یک شیر تخلیه گاز است که می توان آنها را با دکمه مربوطه در اتاق کنترل نیز باز نحالت که البته در آن صورت ESDV های آن قسمت نیز باز می شوند.

۱: ESD

که در صورت بروز عوامل زیر اتفاق می افتد:

- ❖ فشار خیلی خیلی پایین در شبکه هوای ابزار دقیق
- ❖ مشاهده آتش و یا گاز در مراکز الکتریکی ایستگاه شامل مرکز $20KV$ ، اتاق کنترل و اتاق برق
- ❖ فعال کردن دکمه های مربوط به ESD ۱ بصورت دستی که در اتاق کنترل و ورودی ایستگاه قرار داشته و می توان بوسیله آنها ایستگاه را با فشار زدایی یا بدون آن متوقف نمود. در این حالت تنها سیستم UPS و تمام ابزار آلات و تجهیزات متصل به آن بدوت تغییر به کار خود ادامه می دهد.

۲: ESD

شرایط بروز ESD ۲:

- ❖ به هم خوردن شرایط پروسه و یا واحدهای کمکی
 - ❖ مشاهده آتش و یا گاز در مرکز تقلیل فشار، MCC ولرهای گاز، اطراف کمپرسورها و ساختمان بویلرها
 - ❖ فشار دادن دکمه های مربوط به ESD ۲ بصورت دستی که در اتاق کنترل و مرکز تقلیل فشار و ساختمان بویلرها و MCC کولرهای گاز قرار دارند.
- بروز عوامل فوق توقف قسمتی از پروسه و یا واحدهای کمکی را در پی خواهد داشت و البته موارد ذیل نیز اتفاق می افتند:

- (۱) توقف کمپرسورها
- (۲) باز شدن ولو بای پاس ایستگاه
- (۳) توقف مرکز تقلیل فشار
- (۴) توقف واحد تولید آب گرم
- (۵) توقف کولرهای گاز
- (۶) توقف گاز سوخت توربین ها

۳: ESD

این حالت در صورت بروز یکی از عوامل زیر ایجاد میشود:

- ❖ بهم خوردن شرایط مربوط به تجهیز
- ❖ مشاهده گاز و یا آتش در نواحی مربوط به تجهیزاتی که در ارتباط با پروسه گاز نیستند همانند ساختمان مولد اضطراری برق و کارگاه و ساختمان اداری
- ❖ فشار دادن دکمه های مربوط به ESD ۳ بصورت دستی در اتاق کنترل که در اینصورت یک تجهیز مشخصی از کار افتاده متوقف می شود.

تدابیر عمومی ایمنی در ایستگاههای تقویت فشار

از آنجا که نیروی انسانی سرمایه بزرگی به شمار آمده و حفظ این سرمایه در بالاترین اولویت است لذا باید تدابیر لازم جهت حفظ این سرمایه صورت گیرد.

در این راستا تدابیر عموم ایمنی زیر در ایستگاههای تقویت فشار توصیه می شود:

- (۱) کلیه امور بهره برداری و تعمیرات باید مطابق دستورالعمل کارخانه سازنده انجام گیرد.
- (۲) وسایل پیشگیری و اطفاء حریق و کمک های اولیه در محل های مناسب تعبیه شوند.
- (۳) کلیه حفاظت های آتش سوزی و نشت گاز و انفجار و غیره در سرویس باشند.
- (۴) سیستم های تهویه و کنترل دما و رطوبت سالن ها ، سالم و برقرار باشند.
- (۵) به منظور جلوگیری از برق گرفتگی و تخلیه الکتریکی کلیه تجهیزات باید مجهز به سیستم برقگیر باشد.
- (۶) از ایجاد هر گونه آتش در محوطه ایستگاه خود داری گردد.
- (۷) تدابیر ایمنی لازم به منظور کاهش سروصدا در محیط ایستگاه انجام گیرد.
- (۸) هر گونه آتش سوزی و نشت گاز باید کتبا گزارش شود.
- (۹) تعمیر و سرویس تجهیزات با استفاده از مجوز و با هماهنگی لازم انجام گیرد.
- (۱۰) هر گونه تزریق و تخلیه گاز در لوله ها با رعایت اصول ایمنی و احتیاط باشد.

نکات ایمنی در کار با توربوکمپرسورها

توربوکمپرسورها جزء اصلی ترین تجهیزات ایستگاه بوده که حساس ترین قسمت را تشکیل داده و بیشترین تماس افراد نیز با این تجهیز می باشد لذا در کار با توربوماشین ها و اجزای کمکی آنها باید نکات ایمنی که در ذیل آمده توجه کرد.

- (۱) به افرادی که با کتابچه راهنما و طرز کار سیستم آشنایی ندارند نباید اجازه کار و تنظیم و بازکردن سیستم و اجزای کمکی را داد.
- (۲) هیچ شخصی نباید در نگهداری و تعمیرات توربوماشین و اجزای کمکی آن تلاش کند مگر تجربه و آشنایی لازم با کار با این تجهیزات و ابزار آلات معمولی و تخصصی را داشته باشد.
- (۳) تخلیه ها و آگروزها باید در محل امنی صورت گیرد.
- (۴) از جایگزینی گیره ها و نگهدارنده ها و هدایت کننده ها و دیگر وسایل موقت پرهیز شود.
- (۵) از کار توربوماشین با سرعتی نزدیک به سرعت بحرانی و شرایطی بجز شرایط طراحی باید جلوگیری شود.
- (۶) هیچ شخصی اجازه برداشتن پوشش ها و حفاظ ها (COVERS & GUARDS) را در حین کار واحد ندارد.
- (۷) پرسنل بایستی از تماس با سطوح تجهیزاتی که ایزوله نیستند و همچنین لوله هایی که تحت دماهای بالا یا خیلی پایین هستند حفاظت شوند.
- (۸) فقط قطعات جایگزین اصلی که توسط کارخانه تهیه شده است جایگزین قطعات توربوماشین و یا تجهیزات جانبی شود تا بازدهی و قابلیت اعتماد و ایمنی و عمر مفید دستگاه تضمین شود.
- (۹) قبل از آن که هر کار تعمیراتی بر روی واحد شروع شود مراحل قطعی به منظور جلوگیری از استارت سهوی توربوماشین باید انجام گیرد.
- (۱۰) هیچ اصلاحی بر روی توربوماشین ها و تجهیزات کمکی بدون موافقت کارخانه سازنده صورت نگیرد.

- ۱۱) هنگامی که آب بندها در حال کار نیستند باید مراحل قطعی برای جلوگیری از ورود گاز به کمپرسور انجام گیرد.
- ۱۲) هنگامی که سیستم باز و یا در حال تعمیرات اساسی (OVERHAUL) است باید سیستم ایزوله شده و فشار زدایی شود.
- ۱۳) در حال تعمیر سیستم سوخت و یا کار بر روی آن برای جلوگیری از جرقه و آتش سوزیو یا انفجار در توربو ماشین و سیستم های فرعی آن باید مراقبت های ویژه صورت گیرد.
- ۱۴) هنگام کار بر روی هر جزء الکتریکی سیستم برق آن ایزوله شده و مراحل قطعی برای جلوگیری از اتصال سهوی برق انجام پذیرد.
- ۱۵) تمامی وسایل ایمنی و کنترل باید در فواصل زمانی منظم کالبره و تست شوند.
- ۱۶) نباید از محصولات فرار و قابل اشتعال برای تمیز کردن قسمتهای ماشین استفاده شود.
- ۱۷) هنگام استفاده نکردن طولانی مدت از ماشین باید حفاظت و نگهداری مناسب از ماشین بعمل آید.

تحلیل خط

می دانیم ایستگاههای تقویت فشار گاز رابط بین تولید کننده و مصرف کننده اند لذا هر گونه خللی در امر انتقال گاز باعث بروز اختلال در فرایند تولید و مصرف خواهد گردید. مهمترین عملی که ایستگاهها انجام می دهند کنترل راه اندازی و توقف واحدهای ایستگاه بر مبنای نیاز مصرف کننده های صنعتی و خانگی است. با توجه به وابستگی اکثر صنایع مهم کشور به گاز و نیاز مبرم مصرف کننده های خانگی به این سوخت بخصوص در فصول سرد سال اهمیت کنترل و اداره ایستگاهها با توجه به شرایط خطوط سراسری گاز بیش از پیش نمایان میشود. بهره برداری بایستی با در نظر گرفتن محدوده های مجاز سرعت فشار دما و فلوی ایستگاه بتواند با کم و زیاد نحالت دور توربین فشار ضعیف و در نتیجه کمپرسور گاز بهره برداری مناسبی از ایستگاهها در جهت رفع نیاز های خط سراسری داشته باشد. اولین چیزی که بهره بردار باید بداند تعامل مناسب با دیسپچینگ است.

واحد کنترل مرکزی (DISPATCHING): این مرکز فرماندهی و کنترل تمامی خطوط سراسری کشور را به عهده داشته و اشراف کامل بر خطوط سراسری ایستگاهها تقویت فشار تولید کننده و پالایشگاهها و در نهایت مصرف کننده ها دارد. بهره بردار موظف است بر اساس تقاضا و نیاز دیسچر اقدام به تغییر دور در جهت افزایش و یا کاهش فلو نماید البته در صورتی که خارج از محدوده مجاز کارکرد توربو کمپرسور ایستگاه نباشد. در ضمن هر گونه راه اندازی و یا توقف واحد نیز بدون اجازه دیسپچینگ مجاز نخواهد بود. داشتن تحلیلی مناسب و صحیح از شرایط فشار و فلوی ورودی و خروجی ایستگاه بسیار مهم و اساسی است و در صورتیکه بهره بردار از قدرت تحلیل مناسب در مورد پارامترهای فوق برخوردار نباشد، ممکن است باعث بروز اختلال بخصوص در ایستگاههای قبل و بعد از خود و البته مشکلات برای مصرف کننده شود.

در زیر به بررسی برخی شرایط ایستگاه و وظایف بهرهبردار در برخورد با آنها خواهیم پرداخت.

افزایش دور:

با زیاد کردن دور توربین فشار ضعیف و نتیجه کمپرسور گاز، انرژی جنبشی بیشتری از طرف کمپرسور گاز به سیال اعمال شده در نتیجه این انرژی جنبشی تبدیل به سرعت و آن نیز توسط دیفیوزر ها به فشار تبدیل می شود. یعنی در اثر افزایش دور، مکش کمپرسور در ورودی بیشتر شده (فشار ورودی کاهش می یابد) و در نتیجه گاز موجود در خط را با سرعت بیشتری می کشد یعنی فلو افزایش می یابد ولی از آن طرف فشار خروجی کمپرسور نیز بیشتر می گردد زیرا انرژی جنبشی بیشتری به گاز اعمال شده و سرعت گاز در کمپرسور بالا رفته و در نتیجه به فشار بیشتری تبدیل می شود و این افزایش فشار خروجی با توجه به نسبت معکوس فشار و سرعت در گازها به سرعت کمتر و در نتیجه فلوی عبوری کمتر منجر می گردد. به همین دلیل بلافاصله پس از افزایش دور فلو زیاد شده ولی پس از مدت نسبتاً کوتاهی مقداری کم می شود. اگر چه مقدار افزایش فلو به کاهش آن می چربد.

حال به بررسی تاثیرات ایستگاه قبل و ایستگاه بعد و مصرف کننده در شرایط فوق می پردازیم:

❖ در صورت افزایش دور وقوع دو حالت زیر امکان پذیر است:

(۱) در صورتیکه این افزایش فلو از ناحیه تولید کننده حمایت نشود یعنی ورودی کمپرسور چه به لحاظ فشار و یا فلو تقویت نگردد، فشار ورودی افت بیشتری کرده و در نهایت به کاهش فشار و مقدار گاز در خط ورودی تا ایستگاه قبلی شده کمپرسور با کاهش فشار ورودی از حداقل فشار مجاز مواجه شده و احیاناً نزدیک به خط سرج می شود. بنابراین بهره بردار باید با توجه به شرایط خط و در صورتیکه فشار ورودی مناسب افزایش دور باشد و البته در محدوده حداکثر مقدار فلوی مجاز نیز باشد اقدام به افزایش دور نماید. در ضمن اگر فشار ورودی بیش از حد زیاد باشد بطوریکه اولاً این فشار فشار خروجی را نیز تا محدوده حداکثر مقدار مجاز بالا ببرد و ثانیاً نسبت تراکم تا حداقل آن یعنی حدود ۱.۱ برسد واحد به سمت چوک پیش رفته است در این حالت فعال بودن یا نبودن کمپرسور فرقی نداشته و عملاً کمپرسور گاز کار مفیدی انجام نمی دهد. راه گریز از چوک افزایش دور است ولی از آنجاییکه واحد به محدوده حداکثر فشار خروجی مجاز رسیده است تنها راه چاره توقف حداقل یکی از واحدهای فعال با هماهنگی دیسپچر است.

(۲) اگر افزایش دور با افزایش مصرف همراه نگردد ایستگاه مقدار مشخصی گاز را عبور می دهد ولی از آنجاییکه میزان مصرف کمتر از مقدار فلوی ایستگاه باشد اصطلاحاً خروجی کمپرسور پک می شود یعنی مقداری از گاز که مصرف نمی شود در طول مسیر خروجی خط ذخیره می گردد و چون گاز تراکم پذیر است نیروی اعمالی کمپرسور آن را فشرده تر کرده و فشار خط را در خروجی بالا می برد. این افزایش فشار در خروجی به معنی کاهش سرعت حرکت گاز در خروجی نیز می باشد لذا فلوی عبوری رفته رفته کم می گردد این کاهش فلو به ورودی کمپرسور نیز تاثیر گذاشته یعنی گاز در ورودی کمپرسور و خروجی ایستگاه قبلی نیز ذخیره و متراکم می گردد یعنی فشار ورودی هم بالا می رود. این مساله نیز نشان می دهد این افزایش دور بی مورد بوده است و باید به حالت اولیه برگردد.

❖ در صورتیکه فشار خروجی افزایش پیدا کند:

(۱) اولین معنای آن این است که میزان فلوی عبوری از ایستگاه متناسب با میزان مصرف آن نیست لذا با هماهنگی با دیسپچر و با کم کردن دور توربین می بایست در جهت کاهش فلو اقدام نحالت. این هماهنگی با دیسپچر از آن رو مهم است که در صورت بروز مساله فوق تمام ایستگاهها بایستی از دور خود بکاهند تا مقدار گاز خط را کاهش دهند.

۲) دومین حدسی که می توان از افزایش فشار خروجی ایستگاه زد این است که ایستگاه بعدی دچاز توقف ناخواسته گردیده است و فلوی عبوری از ایستگاه در ورودی ایستگاه بعدی پک می شود. در این صورت مورد فوق از طریق دیسپچر به اطلاع بهره بردار خواهد رسید و بهره بردار می تواند موقتا اقدام به کاهش دور (در جهت کاهش فلو) نماید.

۳) و بالاخره سومین احتمال امکان بسته شدن یکی از شیرهای بین راهی است که طبیعتا در این صورت فشار خروجی به سرعت بالا می رود. این شیرها در فواصل بین ایستگاهها (تقریبا هر ۲۵ کیلومتر) نصب شده اند و در صورتیکه اختلاف فشار دو طرفشان از ۱۵ تا ۲۰ psi بیشتر شود بنا را بر شکستگی لوله گذاشته و بسته میگردند. وجود این شیرها همچنین در مواقع اضطراری مانند انفجار و آتش سوزی خط بسیار ضروری است بطوریکه در چنین شرایطی دو شیری که آتش سوزی بین آنها اتفاق می افتد بسته شده و آتش پس از تمام شده گاز بین این دو یر مهار می گردد. همچنین در زمان تعمیر قطعه ای از خط نیز با بستن دو شیر در طرفین قسما تعمیری و تخلیه گاز مابین آن اقدام به تعمیر می نمایند.

در هر صورت اگر فشار خروجی بصورت غیر عادی افزایش یابد صرفنظر از علت آن بهره بردار می باید در جهت حفظ تعادل خط و رعایت آستانه تحمل فشار لوله های خط و ایستگاه و البته حفظ محدوده مجاز کارکرد توربو کمپرسور اقدام به کاهش دور و فلوی عبوری نماید و در صورتیکه کاهش مجاز دور (تا محدوده مجاز تعریف شده برای توربین) نتیجه بخش نباشد و در صورتیکه دیسپچر اصرار به حفظ واحدهای فعال داشته باشد اقدام به باز کردن شیر ریسایکل ایستگاه نماید زیرا واحدهای فعال برای ادامه کارکرد مجبور به عبور یک فشار ورودی و فلوی حداقل می باشند و در صورتیکه شرایط خط ایجاب کند تا میزان فلوی عبوری ایستگاه کمتر از مقدار حداقل طراحی آن باشد می باید از شیر ریسایکی کمک گرفت. این شیر مقداری از فلوی عبوری از کمپرسور را بجای اینکه وارد خط کند به ورودی می رساند و بنابراین می توان با استفاده از این مساله هم حداقل فلوی واحد را تامین نحالت و هم فلوی کمتری را به خط زد. ضمن اینکه در اینصورت و پس از طی مدتی مقدار گاز خط کم شده از تراکم خط کاسته شده و در نتیجه فلوی عبوری افزایش می یابد.

کاهش دور:

در صورت کاهش دور توربین فشار ضعیف و در نتیجه کمپرسور گاز، انرژی کمتری به سیال منتقل شده و در نتیجه سیال سرعتش کمتر شده و این سرعت کمتر فشار کمتری را در خروجی تحویل خواهد داد لذا با کاهش دور مکش کمپرسور از ورودی کمتر شده و مقدار گاز کمتری را می کشد و این بدان معنی است که گاز ورودی در کمپرسور ذخیره و در نهایت متراکم میشود یعنی فشار ورودی بالا رفته و سرعت کم می شود و این کم شدن سرعت به معنی کم شدن فلوی عبوری است. این مساله پس از کاهش دور فلو آرام آرام زیاد می شود ولی به مقدار اولیه نمی رسد. علت این افزایش فلوی نسبی کم شدن فشار خروجی است زیرا با کاهش دور انتظار کاهش فشار خروجی کاملا منطقی است و در نتیجه کاهش فلوی عبوری ذخیره گاز خط در خروجی کمپرسور پایین آمده و این مقدار گاز توسط ایستگاه بعدی یا مصرف کننده بعدی زودتر کشیده می شود لذا در اثر کاهش فشار ورودی که نتیجه آن ذخیره مقدار گاز در ورودی و در نتیجه کاهش فشار خروجی که نتیجه آن کاهش ذخیره گاز در خروجی است مقداری به فلوی عبوری افزوده می شود ولی همانطور که بیان گردیده از میزان اولیه بیشتر نخواهد شد. بدیهی است

میزان کم و یا زیاد شدن فلوی عبوری علاوه بر افزایش و یا کاهش فشارورودی و خروجی نسبت مستقیم با تغییرات نسبت تراکم خواهد داشت.

در کاهش دور می بایست به منحنی عملکرد و خط سرج توجه ویژه نحالت زیرا کاهش دور ناگهانی و زیاد کمپرسور را به محدوده سرج نزدیک می کند.

❖ در صورت کاهش فشار ورودی حالت های زیر متحمل خواهد بود:

(۱) احتمال بروز توقف ناخواسته در ایستگاه قبل که در آن صورت معمولاً دیسپچر مساله را اطلاع خواهد داد و بهره بردار می باید میزان دور واحدهای فعال را کاهش دهد زیرا در اثر از کار افتادن ایستگاه قبل از مقدار فشار و در نتیجه ذخیره گاز خط کاسته شده و ایستگاه با خطر سرج، نزدیکی به مقدار حداقلی فشار و فلوی عبوری ورودی روبرو می گردد. در صورتیکه کاهش دور نتیجه لازم ندهد بهره بردار باید شیر ریسایکل ایستگاه را باز کرده تا با برگشت گاز خروجی از کمپرسور میزان فشار ورودی و فلوی عبوری را افزایش دهد. در صورت عدم حصول نتیجه لازم بهره بردار باید با هماهنگی دیسپچر اقدام به توقف یکی از واحدها فعال نماید.

(۲) دومین احتمال بسته شدن یکی از شیرهای بین راهی است که در قسمت قبل به آن اشاره گردید.

(۳) سومین احتمال نیز کم شدن تولید بنا به هر دلیلی می باشد (اعم از خواست دیسپچر و یا مشکلات در پالایشگاهها و....)

❖ در صورت کاهش فشار خروجی خواهیم داشت:

(۱) تمام عواملی که باعث کاهش فشار ورودی می شوند.

(۲) افزایش مصرف گاز از سمت مصرف کننده ها

(۳) کم بودن دور توربین با توجه به شرایط خط

(۴) زیاد بودن دور واحدهای فعال ایستگاه بعدی

❖ در صورت کاهش افزایش فشار ورودی خواهیم داشت:

(۱) تمام عواملی که باعث افزایش فشار خروجی می گردند.

(۲) کم بودن دور واحدهای فعال ایستگاه

(۳) زیاد بودن دور واحدهای ایستگاه قبل

بهره برداری

مهمترین وظایف پرسنل بهره بردار عبارتند از:

(۱) ارسال گزارشی از روند کار ایستگاه شامل فشار و دمای ورودی و خروجی و نرخ جریان و وضعیت آمادگی واحدها به مرکز کنترل گاز (دیسپچر)، بصورت تلفنی

(۲) تثبیت اعداد و ارقام مربوط به پارامترهای مختلف کارکرد واحدها از قبیل نقاط کاری واحد و شرایط کلی آنها دمای یاتاقان ها و روغن کاری خروجی از آنها ارتعاشات یاتاقان ها فشار روغن و عوامل دیگر در برگیرنده و مقایسه آن با مقادیر مجاز

(۳) راه اندازی واحدها با هماهنگی دیسپچر و در صورت وجود ظرفیت های لازم از قبیل:

- فشار ورودی مناسب
- میزان جریان حجمی مناسب در خط لوله با پیش بینی اینکه نرخ جریان واحدهای فعال کمتر از مقدار مجاز آنها نگردد.
- فشار خروجی مناسب با پیش بینی اینکه فشار خروجی واحدهای فعال بیشتر از مقدار مجاز آن نگردد.
- (۴) توقف عادی واحدها در صورت وجود هر یک از عوامل زیر:
- عدم نیاز مرکز ارسال گاز و با پیش بینی اینکه نرخ جریان حجمی واحدهای فعال بیشتر از حد مجاز آن نشود.
- احتمال وجود عیب در هر یک از قسمت های واحد
- وجود نشستی گار در خطوط و اتصالات لوله های گاز موجود در ایستگاه.
- (۵) استفاده از واحدها در خطوط دیگر موجود بدین معنی که با درخواست دیسچر و با تغییر موقعیت شیرهای ایستگاه از ظرفیت واحدهای آن برای انتقال گاز خطوط دیگر استفاده میشود.
- (۶) گزارش و تثبیت اشکالات به وجود آمده در کلیه تجهیزات ایستگاه
- (۷) صدور مجوز کار (با رعایت موارد ایمنی) برای پرسنل تعمیرات ایستگاه یا منطقه عملیات به منظور رفع اشکالات موجود.
- (۸) پرسنل بهره برداری ایستگاه علاوه بر وظایف فوق باید بر عملکرد تجهیزات موجود در ایستگاه نیز نظارت کاملی داشته باشند. در جدول زیر به برخی از نظارتهای لازم اشاره شده است.

جدول ۷-۱ نظارت های بهره برداری در سیستم SCS

ردیف	توضیحات
۱	فشار ورودی و خروجی ایستگاه در محدوده مناسب باشد.
۲	فشار ورودی و خروجی واحدها در محدوده مناسب باشد
۳	دمای خروجی واحدها در محدوده مناسب باشد
۴	دبی عبوری از واحدها در محدوده باشد
۵	سرعت شفت hp و lp در محدوده مناسب باشد
۶	سطح مواد ته نشین شده در فیلترهای گاز ورودی ایستگاه در محدوده مجاز باشد
۷	دمای گاز خروجی از خنک کننده های گاز در محدوده مناسب باشد
۸	کنترل و به کار گیری صحیح خنک کننده های گاز بر اساس ساعت کارکرد و تعداد استارت موتور آنها
۹	سطح مواد ته نشین شده در فیلترهای واحد تقلیل فشار در محدوده مجاز
۱۰	فشارهای خروجی از واحد تقلیل فشار برای مصارف مختلف در محدوده مناسب باشد
۱۱	دمای آب خروجی بولیرها در محدوده مناسب باشد
۱۲	فشار آب بولیرها در محدوده مناسب باشد
۱۳	دمای گاز مصرفی واحدها (fuel gas) در محدوده مناسب باشد
۱۴	اختلاف فشار دو سر فیلترها در سیستم dry seal gas واحدها در محدوده مناسب باشد
۱۵	کنترل در سرویس بودن کمپرسور هوا و اینکه فشار هوای خروجی در محدوده مناسب باشد

جدول ۷-۲ نظارت های بهره برداری در سیستم UCP

۰	دمای آگروز توربین در محدوده مناسب باشد
۱	فشار گاز تغذیه توربین (ful gas) در محدوده مناسب باشد
۲	کنترل دمای خروجی از مرحله شانزدهم کمپرسور محوری
۳	کنترل فشار هوای خروجی از مرحله شانزدهم کمپرسور محوری
	دمای روغن ورودی و خروجی به خنک کننده های روغن (oil coolers) واحدها در محدوده مناسب باشد
۴	کنترل زاویه پرده های راهنمای کمپرسور (igv)
	فشار روغن، سیستم روغنکاری توربین در محدوده مناسب باشد
۵	
	سیستم جدا کننده بخارات از روغن توربین (oil separator) در سرویس باشد
۶	ارتعاشات شفت های lp و hp در محدوده مناسب باشد
۷	دمای یاتاقهای واحد در روغن خروجی از یاتاقهای در محدوده مناسب باشد
۸	دمای فضا بین پره های (wheel space) lp و hp در محدوده مناسب باشد
۹	دمای اتاق های توربین در محدوده مناسب باشد

جدول ۷-۳ نظارت های بهره برداری بر سیستم PMS

ردیف	توضیحات
۱	سیستم کنترلی pms در حالت automation باشد
۲	ولتاژ و آمپر خطوط ۲۰ kv در محدوده مناسب باشد
۳	سلکتور کلیه بریکرها در حالت remote باشد
۴	کنترل وضعیت در سرویس بودن ترانسها
۵	ژنراتور اضطراری آماده به کار باشد (ready for automatic start)
۶	کنترل وضعیت کار کرد ژنراتور اضطراری (در صورت در سرویس بودن)
۷	فشار و دمای آب خنک کننده در محدوده مناسب باشد
۸	فشار و دمای روغن روانکاری در محدوده مناسب باشد

جدول ۷-۴ نظارت های مربوط به محوطه (site)

ردیف	توضیحات
۱	کنترل خطوط لوله و اتصالات و اطمینان از عدم صدمه دیدگی (مشاهده ظاهر لوله ها از لحاظ پوسیدگی و ترک خوردگی) و نشتی گاز
۲	سطح روغن تانک روغن واحدها در محدوده مناسب باشد.
۳	کنترل داخل اتاق های توربین و حصول اطمینان از عدم نشت روغن
۴	کنترل کلیه الکتروموتورها از لحاظ عدم سروصدای غیرعادی
۵	کنترل و بازرسی اتاق بویلرها و اطمینان از کارکرد صحیح بویلرها و عدم نشتی آب
۶	کنترل و بازرسی کلیه شیرهای ایستگاه و دیگر تجهیزات و اطمینان از صحت عملکرد آنها

جدول ۷-۵ نظارت های مربوط به اتاق مولد (Engine room)

ردیف	توضیحات
۱	دمای انجین روم در محدوده مناسب باشد
۲	کسب اطمینان از شارژ بودن باتریها و بررسی ولتاژ و آمپر شارژر آنها
۳	سطح روغن تانک انجین در محدوده مناسب باشد.
۴	سیستم تهویه مطبوع جعبه کابل ها و ترمینالهای ابزار دقیق در سرویس باشد
۵	عدم وجود نشتی در سیستم روغنکاری. سوخت و سیستم خنک کاری
۶	قرار گرفتن سلکتورهای مربوط به پانل کنترل مولد در حالت Auto / remote

البته در صورت بروز اشکال در بسیاری از موارد موجود در جداول فوق سیستم کنترلی مربوطه بهره بردار را از مشکل بوجود آمده مطلع می سازد اما برای اطمینان از صحت عملکرد ایستگاه و اطلاع به موقع از مشکلات به وجود آمده و انجام اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از توقف کار ایستگاه لازم است پرسنل بهره بردار کنترل های ذکر شده را انجام دهند. لازم به ذکر است که پرسنل بهره بردار در کلیه موارد نظارتی خود باید ابتدا از صحت عملکرد سیستم های اندازه گیری و ابزار دقیق اطمینان حاصل کنند و در صورت احتمال وجود اشکال در این سیستم ها پرسنل تعمیرات ابزار دقیق ایستگاه را جهت رفع اشکال باخبر سازند.

منابع

- ۱) کتاب راهنمای بهره برداری از توربین های گازی ALSTOM ساخت کشور سوئد (ترجمه از مهندس محسن جعفری ایوب)
- ۲) کتاب راهنمای بهره برداری از توربین های گازی NUOVO PIGNONE ساخت کشور ایتالیا (ترجمه از مهندس محمد حسن منصوری)
- ۳) انواع کمپرسورها و کاربردهای آنها، خدمات آموزشی شرکت پتروشیمی ره آوران جنوب
- ۴) گاز از اکتشاف تا مصرف : مهندس جواد دانشیار
- ۵) کتابهای راهنمای ایستگاه های تقویت فشار گاز منطقه ۲ انتقال گاز