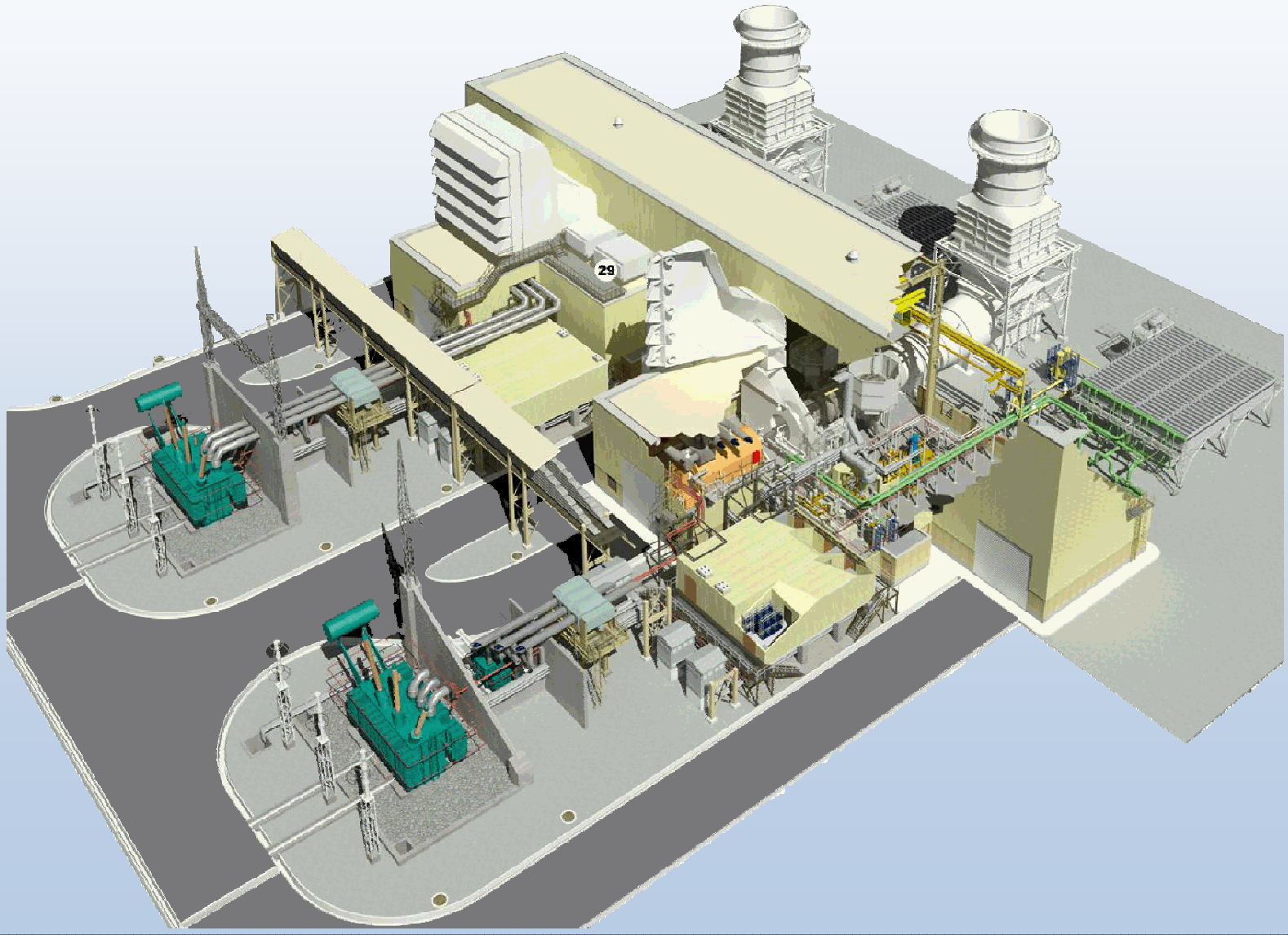
مجموعه آموزشی

نیروگاه استاندارد میپنا (نیام)

جلد اول : توربین گاز

فصل دوم :

معرفی توربین گاز V94.2



مقدمه:

واژهٔ توربین برای اولین بار به وسیله Claude Burdin (۱۷۹۰-۱۸۷۳) در سال ۱۸۲۸ به وجود آمد که از لغت یونانی به معنی چرخنده یا سر گردان مشتق شده‌است. توربین موتوری چرخنده‌است که می‌تواند از یک سیال انرژی به‌دست آورد.

ساده‌ترین توربین‌ها یک بخش گردان و تعدادی پره دارند که به بخش اصلی متصل شده‌است. سیال به پره‌ها برخورد می‌کند و بدین ترتیب، انرژی جنبشی سیال به توربین منتقل شده و به انرژی مکانیکی تبدیل میشود. به عنوان اولین توربین‌ها می‌توان آسیاب بادی و آسیاب آبی را نام برد.

توربین گاز، یک ماشین تبدیل انرژی است و وظیفه اش تبدیل انرژی نهفته در سوخت‌های فسیلی به انرژی مکانیکی و کار می‌باشد. تفاوت عمده ای که توربین گاز با سایر مبدلهای انرژی دارد، این است که مقدار زیادی انرژی را نسبت به ابعاد و وزنش تولید می‌کند. این ویژگی توربین گاز باعث شده تا بخش عمده ای از صنعت را به خود اختصاص دهد.

امروزه کاربرد توربین‌های گازی در نیروگاه‌ها و به عنوان مولد برق، بسیار با ارزش و حیاتی می‌باشد. علاوه بر آن در صنایع دیگری مانند صنایع پتروشیمی، صنایع فضایی، سکوهای دریایی، ترن‌ها و غیره کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است. این توربین‌ها بویژه در مواردی از صنعت برق که فوریت در نصب و راه‌اندازی مد نظر باشد و نیز مواقعی که شبکه سراسری برق از دست می رود (Black Start) می تواند مفید باشد.

سرعت در نصب ، میزان هزینه سرمایه‌گذاری کم، وزن کم و امکان کاربرد سوخت چندگانه از جمله محاسن توربین‌های گازی در مقایسه با سایر مولدهای برق (مثلاً واحدهای بخاری) می‌باشد.

توربین‌های گازی امروزی با گاز طبیعی، گازوئیل، نفت، متان، سوخت خام، گازهای با ارزش حرارتی پایین، نفت‌گاز تقطیر شده و حتی فضولات کار می‌کنند. این خود نشانه انعطاف بالای این وسیله می باشد.

در مورد معایب توربین‌های گازی می‌توان به پایین بودن راندمان و لزوم تعمیرات اساسی بعد از تعداد ساعات کارکرد کمتر و تغییرات قدرت و راندمان آن بر اثر تغییرات جوی اشاره کرد

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

اصول عملکرد توربین های گازی

طبق تعریف، کار مکانیکی عبارت است از حاصلضرب نیروی مقاوم در جابه جایی .برای استخراج کار مکانیکی از انرژی ذخیره شده در گاز، باید به نحوی آن را منبسط کرد، اما این انبساط تنها در شرایط خاصی می تواند تولیدکار نماید .فرض کنید به گاز داخل یک سیلندر، که در فشار اتمسفر قرار دارد، گرما دهیم؛ در اثر گرم شدن، گاز منبسط میشود و بخشی از آن سیلندر را ترک مینماید، بدین ترتیب چون هیچ نیروی مقاومی در برابر این انبساط وجود ندارد تا جابجا گردد، کاری هم تولید نمیشود .به عبارت دیگر، برای اینکه بتوان از این انبساط حجم، کاری به دست آورد، باید یک نیروی مقاوم در برابر انبساط گاز وجود داشته باشد.

برای ایجاد این نیروی مقاوم می توانیم با یک پیستون، گاز را محبوس کرده و وزنه ای روی پیستون قرار دهیم .با این کار، گاز در داخل سیلندر فشرده می شود .مقدار کار صرف شده برای ایجاد این فشرده سازی، برابر با $mgx1$ می باشد.

چنانچه در زیر این سیلندر شعله ای قرار گیرد، در اثر بالا رفتن دمای سیلندر، گاز شروع به انبساط می کند، ولی سنگینی وزنه بر خلاف نیروی انبساط گاز، فشار وارد می کند. با حرارت دهی بیشتر، نیروی حاصل از انبساط گاز، بر سنگینی وزنه غلبه کرده و وزنه را بالا می برد. در نهایت بر اثر انبساط گاز، جابجایی بوجود می آید که به مفهوم انجام کار می باشد. مقدار این کار، برابر است با میزان نیروی مقاوم وزنه در مقدار جابه جایی آن یعنی: $mgx2$

این مقدار کار را می توان از طریق پارامترهای مربوط به سینلدر تعریف کرد. به عبارت دیگر کار انجام شده برابر است با حاصل ضرب فشار در تغییر حجم سیلندر.

اگر از اتلاف انرژی در این سیستم صرفنظر نماییم، با خاموش شدن شعله زیر سیلندر، دیگر وزنه بالاتر نرفته و در ارتفاعی ساکن می ماند .در این حالت فشار درون سیلندر برابر با P می ماند. حال از پایین این سیلندر و بوسیله یک شیر، مجرایی به بیرون باز می کنیم و پره ای را در مقابل مسیر خروج گازها قرار می دهیم. با بازشدن شیر، جریانی از گاز تحت فشار به بیرون از سیلندر جریان می یابد. در حین خروج گاز از شیر، سرعت آن افزایش یافته و پس از برخورد با پره، سبب چرخش آن می شود. به عبارت دیگر با حرکت پره، انرژی جنبشی گاز به کار مکانیکی تبدیل می گردد. با فرض ثابت بودن سرعت حرکت پیستون، فشار داخل سیلندر تقریباً ثابت می ماند.

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

به مرور زمان و با خروج گاز، پیستون پایین می آید تا جایی که همه گاز درون سیلندر تخلیه گردد و دیگر گازی، برای خارج شدن باقی نماند. در این زمان فشار درون نیز برابر فشار محیط می شود. با صفر شدن اختلاف فشار محیط و درون سیلندر، دیگر جریان هوایی با انرژی جنبشی بالا برای چرخاندن پره وجود نخواهد داشت و لذا پره از حرکت باز می ماند.

برای آنکه بتوانیم در پره حرکت مستمر داشته باشیم، باید مقدار انرژی جنبشی مورد نیاز را در مقداری خاص حفظ نماییم .به عبارت دیگر اختلاف فشار هوای درون و بیرون سیلندر باید ثابت باشد. فشار محیط برابر اتمسفر و ثابت است، در نتیجه فشار درون سیلندر نیز باید حفظ شود تا اختلاف فشار ثابت بماند. به همین دلیل با خارج شدن هوا از داخل سیلندر، باید به شکلی آنرا جبران نمود. برای حصول این مقصود، از نقطه ای دیگر در سیلندر، مقدار هوای معادل با هوای خارج شده، وارد می گردد.

برای اینکه بتوانیم دائماً به سیلندر هوای جایگزین وارد نماییم، باید هوای ورودی دارای فشاری بالاتر از فشار سیلندر باشد، لذا باید انرژی صرف شود تا هوایی با فشار بالاتر تولید و درون سیلندر تزریق شود. این انرژی را می توان از کار تولید شده در پر ه ها تامین نمود.

همان گونه که گفته شد، با گرم کردن هوای فشرده شدهٔ درون سیلندر، حجم آن افزایش یافته و انرژی پتانسیل آن نیز افزایش می یابد. این انرژی افزوده شده، با گرداندن پره به انرژی مکانیکی قابل استحصال تبدیل می شود. در نتیجه برای استمرار کارکرد پایدار سیستم باید به طور مداوم انرژی گرمایی به هوای فشرده شده، تزریق شود.

این مثال ساده اساس کارکرد توربین های گازی می باشد. ابتدا هوا در بخشی به نام کمپرسور فشرده می شود تا وارد محفظه احتراق گردد. در محفظه احتراق با سوزاندن سوخت فسیلی، هوای فشرده تزریقی گرم می شود و تولید سیال با انرژی جنبشی بالا می نماید. این سیال به سمت پره های توربین هدایت می شود تا به کمک آن کار مکانیکی تولید نماید. کار تولید شده صرف چرخاندن کمپرسور هوا و دستگاههای متصل به آن، مانند ژنراتور می گردد.

به طور کلی می توان گفت که یک توربین گازی دارای سه بخش اصلی می باشد:

۱- وسیله ای برای فشرده کردن هوا یا کمپرسور.

۲- بستری برای انجام واکنش احتراق یا محفظه احتراق.

۳- وسیله ای برای استخراج کار یا توربین.

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

بر اساس آنچه گفته شد، فرآیند گردش هوا و گازهای حاصل از احتراق یا همان سیال عامل در توربین گازی را میتوان در سه مرحله اصلی بررسی کرد:

مرحله اول: هوا در نقطه یک یعنی نقطه ای با فشار اتمسفر و دمای محیط به داخل کمپرسور مکیده می شود. این هوا درون کمپرسور فشرده شده و در پی این فرآیند، دمای آن افزایش می یابد. همانطور که دیده می شود همزمان با افزایش فشار، حجم هوا نیز کاهش می یابد. این هوا با شرایط نقطه دو یعنی نقطه ای با فشار بالا و دمای بالا، از کمپرسور خارج می شود.

مرحله دوم: در این مرحله، هوای فشرده شده با شرایط نقطه دو، وارد اطاق احتراق می شود. در این بخش و با تزریق سوخت، عمل احتراق در فشار ثابت صورت گرفته و شعله تشکیل می شود. در عمل احتراق با انبساط حجمی گازها روبه رو هستیم. این هوا با شرایط نقطه سه یعنی نقطه ای با فشار بالا و دمای بسیار بالا اطاق احتراق را ترک می کند.

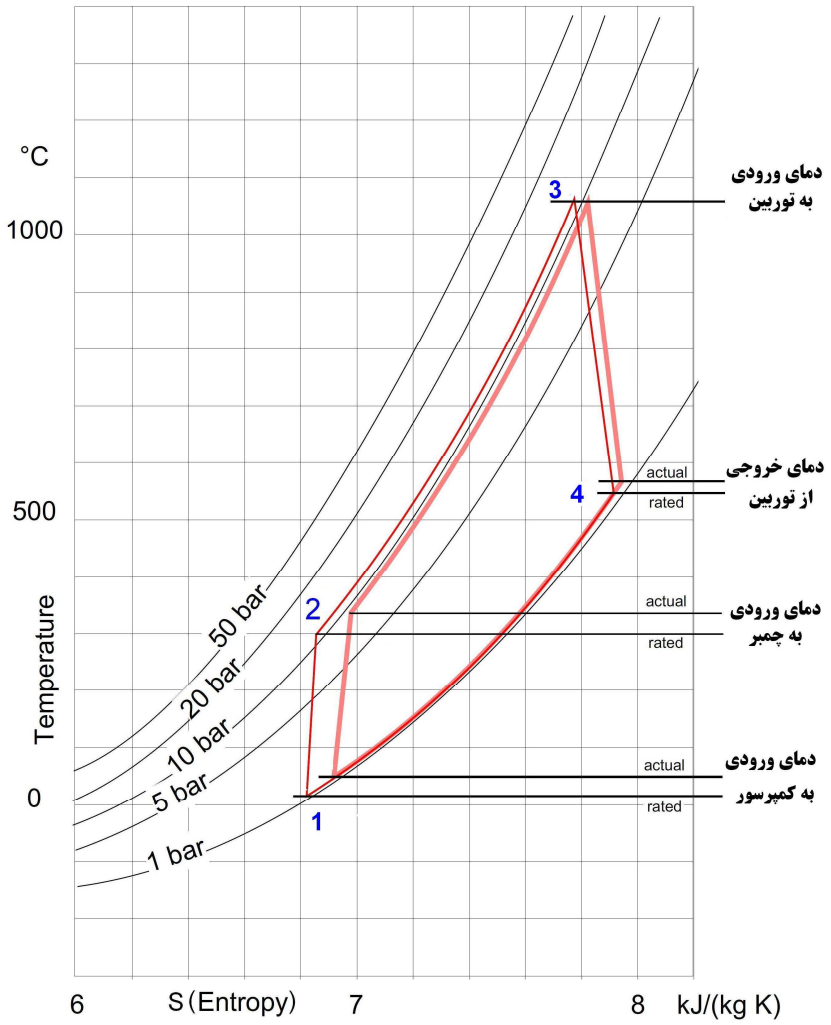
مرحله سوم: در این مرحله سیال عامل وارد بخش توربین می گردد. این بخش متشکل از مراحلی است که هر مرحله نسبت به مرحله قبلی خود دارای حجم بیشتری است. برای آنکه سیال عامل بتواند از یک مرحله عبور کرده و وارد مرحله بعدی گردد، باید بتواند نیروی مقاوم که همان پره های توربین هستند را به حرکت درآورد.

غلبه بر نیروی مقاوم و انجام کار، سبب کاسته شدن فشار و دمای سیال عامل و انبساط آن می گردد. سیال حداکثر می تواند تا رسیدن به فشار محیط، منبسط شود .سیال عامل با شرایط نقطه چهار یعنی نقطه ای با فشار اتمسفر و دمای بالا از توربین خارج می گردد.

برای تداوم کار توربین گاز، لازم است که سیال عامل نقطه چهار به شرایط هوای نقطه یک، رسانده شود تا مجدداً توسط کمپرسور وارد دستگاه گردد. در شکل زیر، مراحل ارائه شده، در یک سیکل ترمودینامیکی نشان داده شده است .این سیکل توسط یک مهندس آمریکایی به نام جرج برایتون در سال 1872 ارائه شده است و بر همین اساس و به افتخار وی، سیکل برایتون نامیده شد. به کمک آن می توان رفتار سیستم، شرایط عملیاتی و میزان کار و انرژی مصرف شده و یا تولید شده را محاسبه کرد، لذا اساس کار توربین های گازی بر این سیکل بنا شده است.

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

با توجه به اینکه در نمودار فشار- حجم، تغییرات دمایی بخشهای مختلف سیکل قابل مشاهده نمی باشد، از اینرو از نمودار دما-آنتروپی این سیکل استفاده می گردد. در این نمودار، سطح زیر سیکل برایتون یا 4 -3 -2 -1معرف کار تولید شده توسط توربین است. راندمان توربینهای گازی بصورت کار تولید شده به ازاء انرژی حرارتی ایجاده شده توسط سوخت تعریف می شود.



همانطور که در نمودار فشار-حجم سیکل برایتون، قابل مشاهده است، هر چه فشار ورودی به توربین بالاتر باشد، راندمان کلی سیکل بالاتر خواهد بود. البته بالا بردن فشار نیاز به کمپرسور بزرگتری دارد که در عمل این کمپرسورها نیاز به انرژی بیشتر داشته و در نهایت از دید عملیاتی مناسب نمی باشند.

دمای احتراق سوخت در محفظه احتراق در حدود 1600 درجه سانتیگراد می باشد که اگر گازهای حاصل از احتراق بخواهد با همین دما وارد بخش توربین شود، باعث آسیب زدن بخش های مختلفل توربین می شود. به همین دلیل، دمای گازهای حاصل از احتراق، باید با تزریق هوای اضافی پایین آورده شود. با

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

توجه به اینکه برای تهیه این هوای اضافی، کمپرسور باید هوای بیشتری را فشرده سازد، بخشی از کار تولیدی توربین نیز صرف تامین انرژی مورد نیاز کمپرسور می شود تا بدین صورت، مشکل آسیب دیدگی دستگاهها در دمای بالا رفع گردد. هرچند که صرف انرژی برای فشرده کردن هوای اضافی باعث کاهش راندمان توربین گاز می شود اما در عمل به خاطر محدودیت های ساخت، گریزناپذیر می باشد.

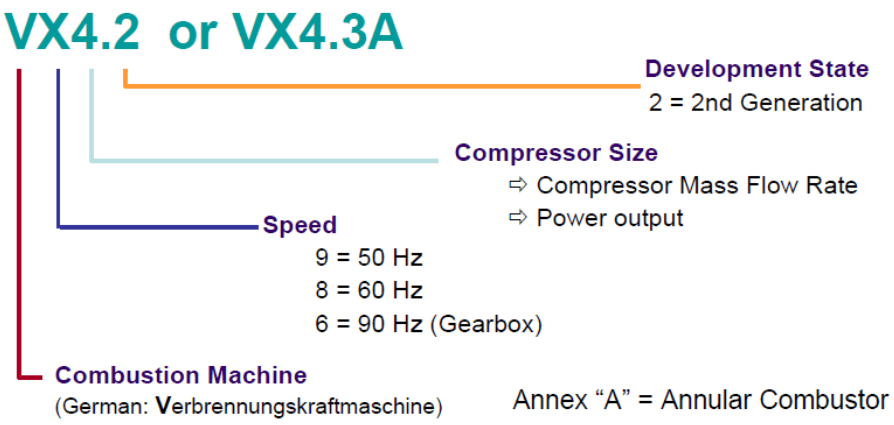
بدین ترتیب، دمای محصولات احتراق با تزریق هوای اضافی به محفظه احتراق، در حدود 1060 درجه سانتیگراد کنترل می شود. البته طراحان و سازندگان توربین های گازی تلاش می کنند تا با بالا بردن مقاومت تنشی و حرارتی بخشهای مختلف توربین گاز، اجازه دهند تا گازهای حاصل از احتراق با دمای بیشتری وارد توربین شده و به این شکل با بالابردن دمای گازهای ورودی به توربین وکاستن از مقدار هوای اضافی مورد نیاز، راندمان توربین افزایش یابد.

همانطور که قبلاً گفته شد، سیال عامل در نقطه چهار باید به شرایط هوای نقطه یک رسانده شود، تا مجدداً توسط کمپرسور وارد دستگاه گردد. از آن جایی که خنک کردن گازهای خروجی تا دمای اولیه، هزینه زیادی به سیستم تحمیل می کند و با توجه به اینکه هوای مورد نیاز با شرایط نقطه یک در محیط موجود است، لذا گازهای سوخته در اتمسفر رها می شود و هوای تازه توسط کمپرسور از محیط گرفته می شود. علاوه بر آن در گازهای حاصل از احتراق، میزان اکسیژن کاهش یافته و مناسب برای احتراق مجدد نمی باشد. بدین ترتیب، حجم عظیمی از انرژی نیز به همراه گاز سوخته از دست می رود. البته با اتخاذ رو شهای خاصی چون استفاده از بویلرهای بازیافت حرارتی می توان بخشی زیادی از این حرارت را بازیافت کرد.

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

توربین گاز مدل V94.2:

توربین گاز V94.2 یکی از انواع توربین های گازی طراحی شده توسط شرکت زیمنس می باشد. بطور کلی TYPE توربینهای شرکت زیمنس بر اساس تعریف زیر مشخص میشود:



با توجه به موارد فوق، توربین گاز مدل V94.2 دارای مشخصاتی همچون محفظه احتراق عمودی و فرکانس کارکرد ۵۰ HZ می‌باشد.

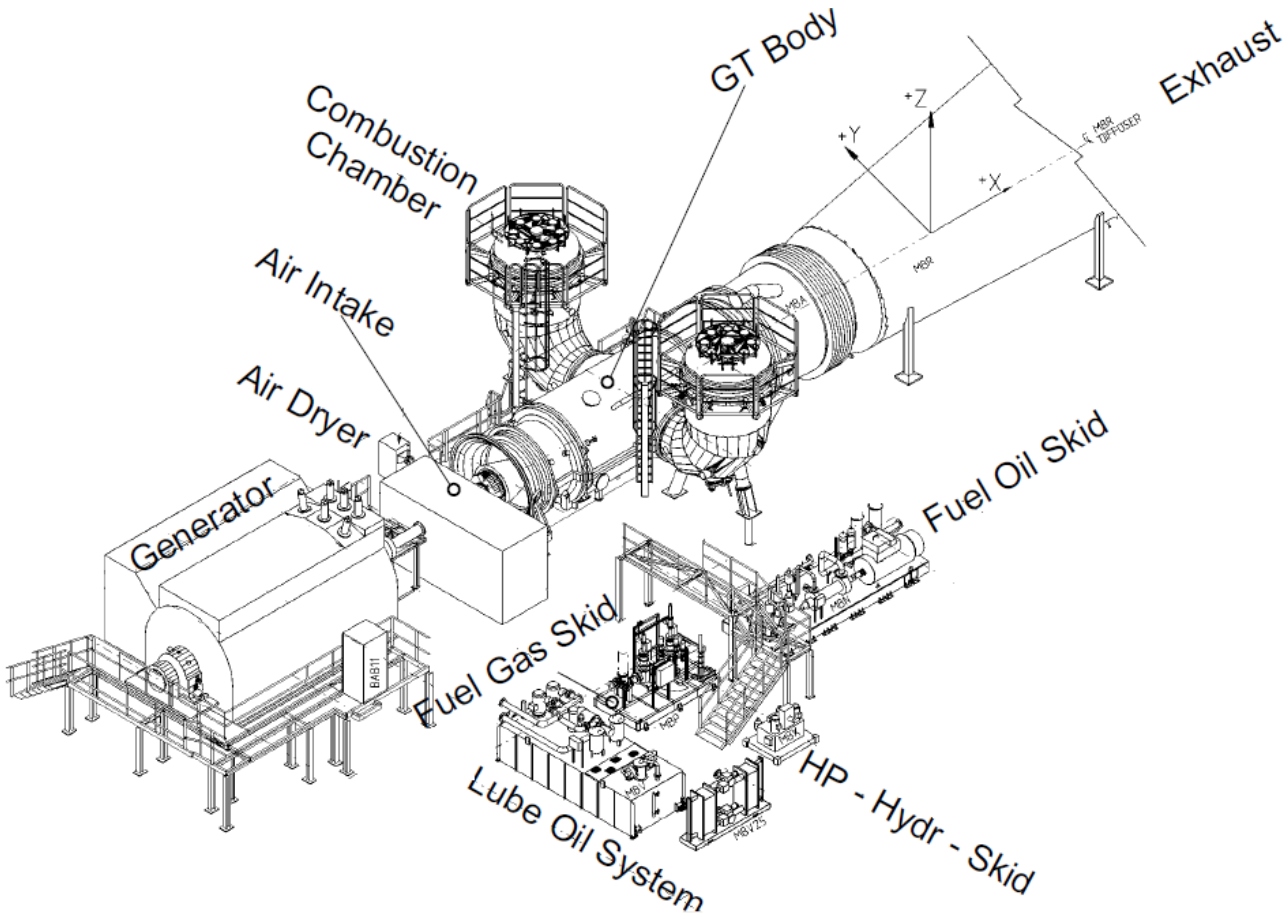
توربین گاز مدل V94.2 هوا را به عنوان سیال عامل کار، بکار برده و توسط یک کمپرسور ۱۶ مرحله ای آن را متراکم می نماید. سوخت در دو محفظه احتراق سیلویی شکل، به هوای داغ افزوده و سپس محترق می گردد. هر یک از محفظه ها شامل ۸ مشعل، به منظور اضافه کردن حرارت به هوای ورودی توربین می باشد. گاز داغ با دمای تقریبی ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد و با سرعت حدوداً ۸۰ m/s وارد توربین شده و با عبور از ۴ ردیف پره های توربین منبسط شده و با فشار اتمسفر به محیط تخلیه می گردد. گازهای داغ در عبور از مراحل مختلف توربین تمامی انرژی فشاری و مقدار زیادی از انرژی حرارتی خود را از دست می‌دهند.

توربین‌های گازی عموماً به شکلی طراحی می‌شوند که فشار گازهای داغ در خروجی توربین و پس از آخرین پره متحرک اندکی از فشار اتمسفر کمتر است. لذا برای غلبه بر فشار محیط و خروج از طریق اگزوز، یک مجرای واگرا در خروجی توربین گاز (دیفیوزر)، بین توربین و اگزوز، وجود دارد. در این مجرای واگرا با

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

استفاده از سرعت سیال و تبدیل آن به فشار، بر فشار محیط غلبه کرده و از این طریق گازهای خروجی که دارای دمای نسبتاً بالایی هستند از طریق اگزوز به اتمسفر اطراف فرستاده می‌شود. در این سیستم، توان خروجی مفید به کمپرسور و نهایتاً به ژنراتور، منتقل می گردد.

در شکل زیر نمای کلی یک واحد نیروگاه گازی مدل V94.2 نشان داده شده است.



هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

ویژگیهای توربین گاز V94.2 را که بیانگر طراحی ساده و قابل اطمینان آن می باشد، می توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- برخورداری از پوسته یکپارچه.
- کمپرسور ۱۶ مرحله ای با پره های ورودی قابل تنظیم به منظور تثبیت فرکانس.
- دو محفظه احتراق سیلویی شکل با تعداد ۸ برنر بر روی هر یک.
- توربین ۴ مرحله ای با پره های ریخته گری شده از مواد با پایه نیکل و خنک کاری مناسب پره های روتور و استاتور.
- چند پارچه بودن روتور متشکل از چندین دیسک و محور توخالی و یک محور مرکزی.
- سادگی جدا کردن پره های روتور و پوشش دهی مجدد آنها.
- کارکرد بسیار نرم و یکنواخت توربین در شرایط گذرا به دلیل ساختار ویژه روتور.
- استفاده از تنها دو یاتاقان در ابتدا و انتهای محور توربین-کمپرسور (بدون نیاز به وجود یاتاقان میانی).
- اتصال با ژنراتور در قسمت جلوی توربین و سهولت استفاده از این نوع توربین گاز در سیکل ترکیبی.
- برخورداری از اگزوز محوری در راستای سهولت استفاده از آن در سیکلهای ترکیبی.
- قابلیت استارت و اتصال سریع به شبکه و توانایی در رسیدن به بار حداکثر در حداقل زمان ممکن.
- وجود فاصله کافی برای آمیخته شدن محصولات احتراق قبل از ورود به قسمت توربین و همچنین عدم انتقال شار حرارتی تشعشعی شعله به پره های توربین.
- پوشیده شدن قسمتهای داخلی محفظه احتراق با سرامیک و آسانی تعویض آنها.
- امکان ورود به محفظه احتراق برای انجام بازرسی بدون نیاز به جدا کردن اجزای محفظه.
- استفاده از برنرهای هیبرید با قابلیت کارکرد با سوخت مایع و سوخت گاز و اندک بودن میزان آلاینده های خروجی Nox وCO.

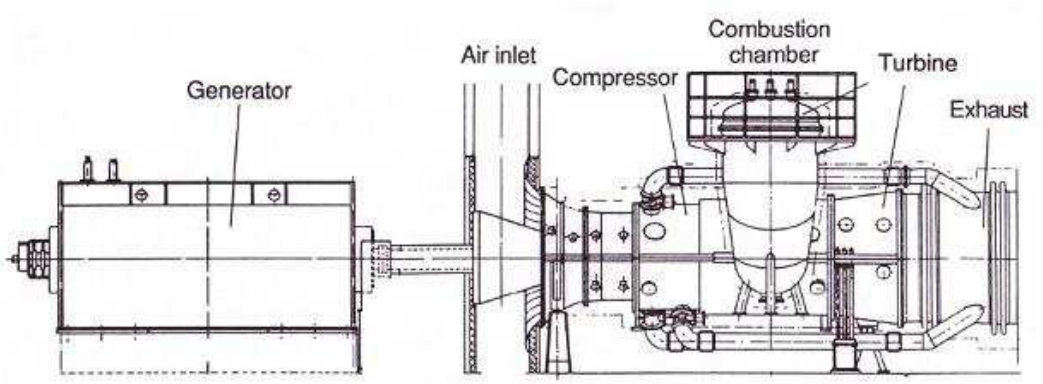
هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

معرفی اجمالی بخش‌های مختلف توربین گاز

توربین گاز از بخش‌های اصلی و فرعی مختلفی تشکیل شده است که در زیر بطور اجمالی و در فصلهای بعدی بطور مفصل درباره هر کدام توضیح داده خواهد شد.

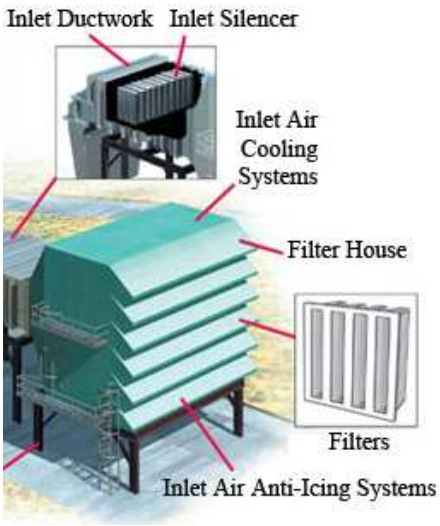
مهمترین بخش‌های یک توربین گاز عبارتند از:

- ورودی هوا (Air Intake)
- کمپرسور (Compressor)
- محفظه‌های احتراق (Combustion Chambers)
- توربین (Turbine)
- ژنراتور (Generator)
- اگزوز (Exhaust)
- سیستم روغن روانکاری و بالابرنده (Lub & Lifting Oil System)
- سیستم روغن هیدرولیک فشار بالا (HP Hydraulic Oil System)
- سیستم آب خنک‌کاری حلقه بسته (Closed Cooling Water System)
- سیستم سوخت مایع (Fuel Oil System)
- سیستم سوخت گاز طبیعی (Natural Gas Fuel System)



هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

۱- Air Intake (سیستم هوای ورودی)



این بخش وظیفه دریافت هوا، فیلتراسیون و نهایتاً تحویل آنرا به کمپرسور بر عهده دارد.

هوای مورد نیاز جهت توربین گاز می‌بایست کاملاً تمیز بوده و از ذرات معلق در فضای اطراف خود پاک باشد. در محیط، معمولاً ذرات معلق زیادی وجود دارد که به نسبت ارتفاع از سطح زمین قطر آنها کمتر می‌شود. وجود این ذرات در مسیر عبور خود از توربین گاز مشکلات زیادی را برای کارکرد دستگاه بوجود می‌آورند. در مواقع طوفانی و در حالی که گرد و خاک زیادی در هوای اطراف ما بوجود می‌آید مقدار و تعداد این ذرات بسیار بیشتر خواهد شد. با توجه به اینکه ورود این ذرات به توربین گاز می‌تواند مشکلاتی را در کارکرد آن به همراه داشته باشد، تمامی توربین‌های گاز مجهز به سامانه‌های فیلتر متعددی جهت تمیز کردن این هوای ورودی هستند که به مجموعه آنها Air Intake گفته می‌شود.

در این سامانه، چند ردیف فیلتر مختلف جهت جلوگیری از ورود قطعات بزرگ تا کوچک وجود دارد. در ابتدای سامانه ورودی هوا از توری هایی با مش بزرگ جهت جلوگیری از ورود قطعات بزرگ مانند پرنده ها و خس و خاشاک استفاده می شود. طراحی این فیلترها به شکلی است که در صورت وجود باران از مکیدن آب به داخل Air Intake جلوگیری می شود.

در مرحله دوم فیلترهای فلزی قرار می گیرد که درآن ذرات عبوری در اثر دوران داخل فیلترها به اطراف کانال عبور هوا منتقل شده و از مسیر جریان خارج می شوند.

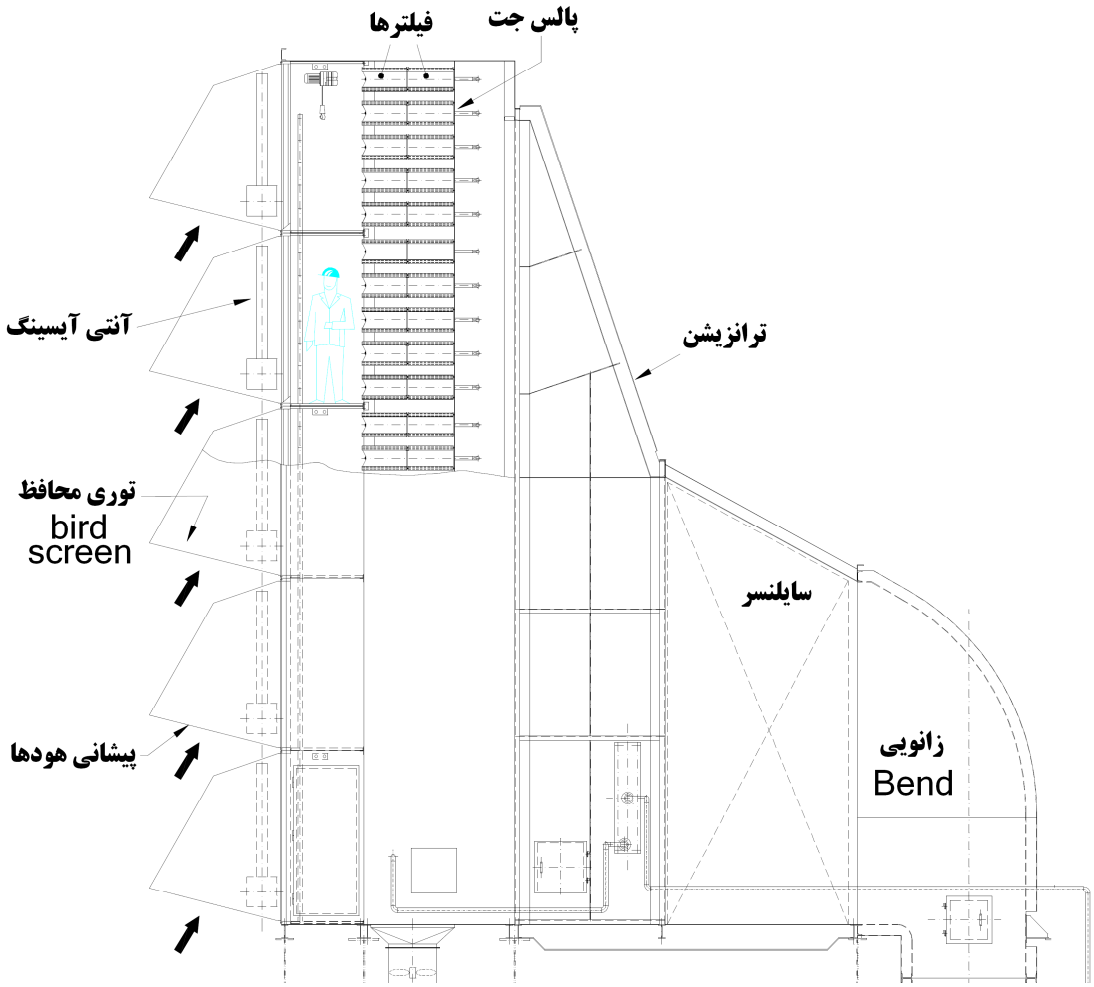
مرحله سوم، مرحله فیلتر اصلی است که در آن عموماً از فیلتر های کاغذی و یا پارچه ای استفاده می شود، تا از عبور ذرات دارای قطر بزرگتر از ۵۰ میکرون جلوگیری کند. این فیلترها عموماً بعد از مدتی جرم گرفته و کثیف می شوند و به علت ایجاد اختلاف فشار زیاد در مسیر جریان هوا، تعویض و یا تمیز کردن آنها الزامی می شود.

در صورت کثیفی بیش از حد فیلترهای هوا و عدم تمیز کردن آنها برای مدت طولانی ممکن است کمپرسور دچار کمبود هوا یا خفگی شود. بنابراین بعد از فیلترهای اصلی دریچه های اضطراری تعبیه می

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

شود که با افزایش اختلاف فشار دو طرف فیلترها به شکل وزنی باز شده و هوای محیط بطور مستقیم وارد کانال ورودی کمپرسور می شود. در این حالت ، همزمان دستور توقف واحد نیز صادر می گردد.

در مواقعی که دمای هوا پایین می آید، ممکن است در بخش ورودی هوا یا Air Intake یخ زدگی ایجاد گردد. در این شرایط ورودی هوا به کمپرسور محدود شده و در نهایت بر بازده کمپرسور اثر می گذارد. برای جلوگیری از بروز این مشکل در توربین گاز از سیستمی به نام Anti Icing استفاده می گردد. در این سیستم بخشی از هوای خروجی از کمپرسور که گرم شده را به ورودی آن تزریق می نمایند تا از یخ زدن جلوگیری نماید.



هشدار : این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

۲- Compressor (کمپرسور)

با توجه به وظیفه اصلی یک توربین گاز که عبارت است از تبدیل انرژی نهفته در سوختهای فسیلی به انرژی مکانیکی و کار، به منظور فراهم نمودن شرایط ایدهآل برای واکنش احتراق و ترکیب کامل اکسیژن با سوخت، اطاق احتراق، نیاز به حجم زیادی از هوای فشرده دارد، که این هوا توسط یک کمپرسور تامین می‌گردد .

کمپرسور، هوا را از اتمسفر گرفته و فشار آن را تا حدوداً bar ۱۰ بالا می‌برد. این کمپرسور از نوع جریان محوری می باشد.

در کمپرسورهای جریان محوری، هوا موازی با محور کمپرسور، وارد آن شده و هم جهت با آن، ادامه مسیر داده و از آن خارج می شود .کمپرسورهای محوری ضمن داشتن ضریب تراکم بالا می توانند حجم بسیار زیاد هوا را فشرده کرده و از این نظر، جهت تامین هوای مورد نیاز در توربین های گاز بزرگ، مورداستفاده قرار می گیرند.

دو عنصر اصلی کمپرسورهای محوری، روتور و استاتور آن می باشد. بر روی روتور و استاتور پره هایی وجود دارند که به پره های روتور (یا پره های متحرک) و پره های استاتور (یا پره های ثابت) موسوم هستند. در کنار هر ردیف از پر ه های متحرک یک ردیف پره های ثابت وجود دارد. به مجموع یک ردیف پره های متحرک و یک ردیف پره های ثابت، یک مرحله کمپرسور می گویند. در توربین گاز V94.2 ، کمپرسور دارای ۱۶ مرحله می باشند.

در هر مرحله هوای ورودی در ابتدا با پره های متحرک برخورد می کند. پره های متحرک ضمن به جلو راندن هوا، باعث افزایش سرعت و فشار آن نیز می گردند. هوای خروجی از پر ه های متحرک وارد پره های ثابت می شود. پره های ثابت دارای شکل واگرا بوده و علاوه بر تصحیح مسیر حرکت هوا در جهت محور کمپرسور، سبب تبدیل سرعت سیال به فشار می گردند. تعداد این مراحل با توجه به مقدار هوا و فشار نهایی مورد نیاز توربین، تعیین می شود.

در هر مرحله همزمان با ایجاد فشار در گاز، از طرف گاز نیز بر پره ها و به عبارتی بر شفت کمپرسور، نیرو وارد خواهد شد .مقدار این نیرو برابر است با حاصل ضرب فشار در سطح. در صورتیکه نیروهای وارد شده از طرف گاز به پره ها و شفت، در همه مراحل یکسان نباشد، نیروهای تنشی در شفت بوجود خواهد آمد، از اینرو باید مقدار نیروی وارده از گاز به پر ه ها، در کلیه مراحل یکسان باشد.

هشدار : این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

همانطور که می دانیم با رسیدن به مراحل انتهایی، مقدار فشار افزایش خواهد یافت، لذا اگر مقدار سطح به تناسب افزایش فشار، کمتر شود، میتوان مقدار نیروی وارد شده به شفت را در مراحل مختلف ثابت نگه داشت. به عبارت دیگر، باید پره های ردیف انتهایی کمپرسور اندازه کوچکتری داشته باشند .یعنی از یک مرحله به مرحله بعد، همزمان با بالارفتن فشار طول و سطح پره ها کوچکتر می گردد.

پره های ثابت ردیف اول کمپرسور دارای مکانیسم تغییر زاویه می باشند. این پره ها که اصطلاحاً پره های IGV (Inlet Guide Vane) نامیده می شوند در هنگام عملیات عادی با تغییر زاویه، میزان هوای ورودی به توربین را جهت ثابت نگ هداشتن دما کنترل می نماید .تغییرات دما در محفظه احتراق به دلایل زیادی از جمله تغییر ارزش حرارتی سوخت، تغییر دمای محیط، تغییرات میزان بار و ... می تواند اتفاق بیافتد.

وجود این پره ها از بروز **پدیده مخرب استال** درکمپرسور جلوگیری می نماید. از آنجاییکه در ابتدای راه اندازی توربین گاز و بدلیل اینکه هنوز هیچ کاری توسط توربین تولید نشده تا کمپرسور را به حرکت درآورد، از وسایلی برای به گردش درآوردن کمپرسور استفاده می گردد و باری روی توربین وجود ندارد. به همین دلیل زمانی که دور شفت به دور تقریباً نهایی خود رسیده، به دلیل عدم وجود مقاومت در توربین، سرعت هوا در ورودی کمپرسور بالا می رود و ممکن است تا جایی ادامه یابد که سرعت سیال به سرعت صوت برسد. این امر سبب آن می شود که سیال در حال عبور از مراحل کمپرسور، از روی پره ها جدا شده و جریانهای گردابی را در لبه فرار پره ها بوجود آورد. جدا شدن سیال از روی پره های یک مرحله باعث می شود همین اتفاق در پره های مراحل بعدی نیز بیفتد. با ادامه این روند، کار به جایی می رسد که بجای اینکه پره، سیال را در فواصل زمانی متناوب دریافت کرده و با انجام کار بر روی آن سبب به جلو راندن آن گردد، در هر مرحله ضربه هایی به سیال وارد نماید. لذا کمپرسور دچار لرزش های شدید و تکا نهای غیر قابل کنترل می گردد. مقدار این لرزش ها به حدی خواهد بود که می تواند منجر به شکستگی پره ها گردد . در این حالت گفته می شود که کمپرسور دچار **پدیده استال یا واماندگی** شده است.

در واقع نقش پره های متغیر افزایش مقدار هوای ورودی به کمپرسور و در نتیجه کاهش سرعت و همچنین تصحیح مسیر حرکت هوا به روی پره های کمپرسور به جهت جلوگیری از پدیده استال می باشد.

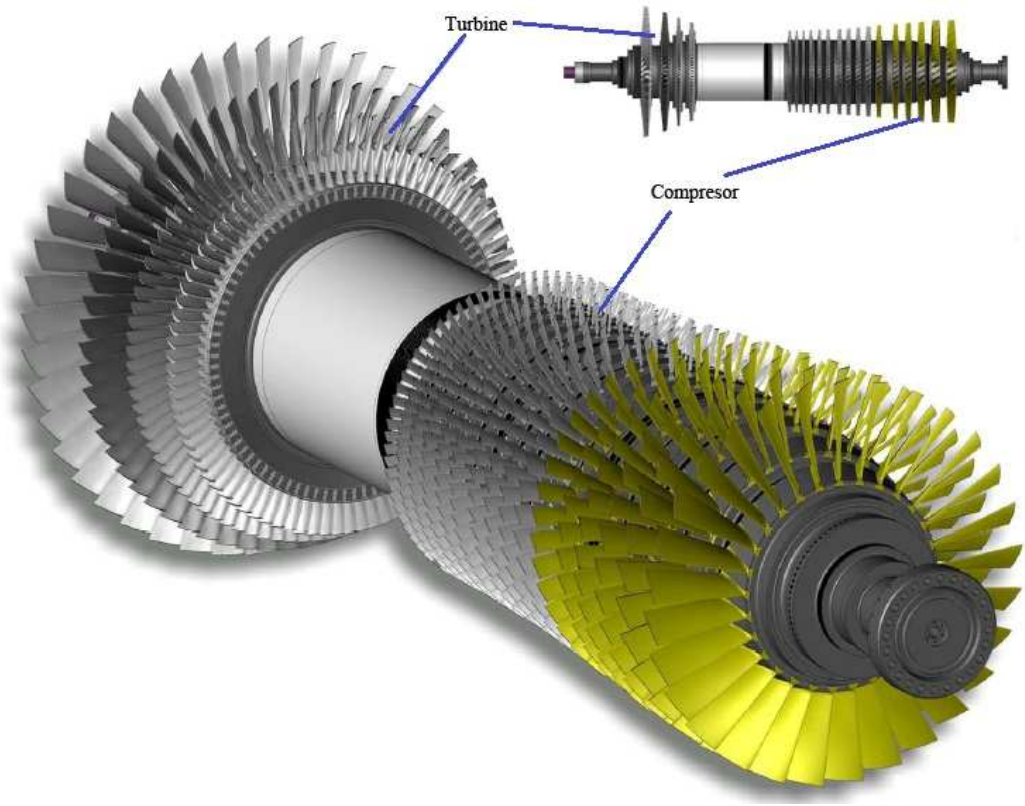
در زمان شات دان واحد به دلیل اینکه از میزان بار کاسته می شود، ممکن است سرعت عبور هوا افزایش یابد، از اینرو باید ایجاد پدیده های مخرب کمپرسور در این مرحله نیز، تحت کنترل قرار گیرد .به همین

هشدار : این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

خاطر **پره های متغیر اولیه** (IGV) در هنگام از سرویس خارج شدن توربین، بسته شده و مانع ورود هوای اضافی به کمپرسور می شوند.

در کمپرسورها علاوه بر پره های با زاویه حمله متغیر از بلوآف ولوها نیز برای جلوگیری از بروز پدیده های سرج و استال بهره برده می شود. در هنگام را ه اندازی توربین گاز، هنوز پره های توربین به دمای ثابت نرسیده اند و با گرمای گازهای حاصل از احتراق، در حال گرم شدن می باشند. از اینرو دمای گازهای حاصل از احتراق در حال عبور از مراحل مختلف توربین، به شدت پایین می آید. بر اثر پایین آمدن دما، دانسیته گاز نیز زیاد می شود. از اینرو در بین مراحل توربین، تجمع گاز بوجود می آید. در این حالت جریانهای بعدی گاز با مسیری که در آن مقداری گاز تجمع کرده روبرو می گردند. این امر باعث بالارفتن فشار شده و بدین ترتیب تمامی هوای خروجی از کمپرسور نمی توانند از توربین عبور کنند و ممکن است بخشی از گازها به سمت کمپرسور برگردند و پدیده سرج اتفاق بیفتد.

در این روش و با استفاده از شیرهای بلوآف، مقداری از هوای وارد شده به کمپرسور در زمان راه اندازی و توقف، بای پس شده و بدون وارد شدن به اتاق احتراق، به سمت اگزوز هدایت می شود و به این ترتیب سرعت سیال، کنترل می گردد. محل قرارگیری این شیرها در مراحل پنجم و دهم کمپرسور می باشد.



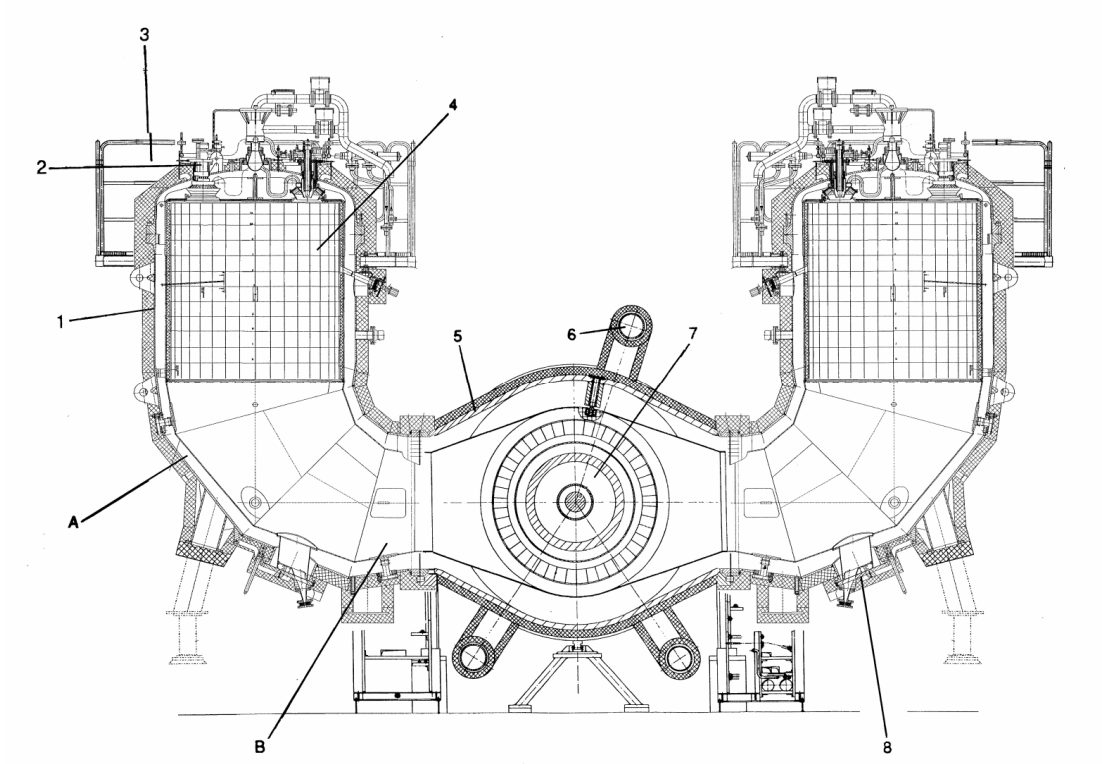
هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

۳- Combustion Chambers (محفظه‌های احتراق)

در تمام توربین های گاز، واکنش احتراق، یا همان آزاد سازی انرژی نهفته در سوخت، در محفظه و یا اطاقهای احتراق انجام می‌شود. در این فرایند که در فشار ثابت انجام می پذیرد انـرژی آزاد شـده بـه شـکل انرژی گرمایی از اطاق احتراق خارج می‌شود.

در محفظه‌های احتراق سوخت با هوا ترکیب و مشتعل شده و با انرژی جنبشی زیاد وارد توربین می‌شود. در حقیقت وظیفه اصلی یک اطاق احتراق دریافت هوای فشرده شده از خروجی کمپرسور و انجام عمل احتراق کامل روی سوخت‌های وارد شده به آن، به شکل مداوم است.

در توربین گاز مدل V94.2 دو محفظه احتراق بصورت عمودی در اطراف توربین گاز قرار داشته و توسط فلنچ‌های جانبی به پوسته توربین متصل هستند. این چیدمان محفظه احتراق یک انعطاف بزرگ در ابعاد و نیز شکل سیستم احتراق را ایجاد نموده و امکان بازرسی مناسب و نیز امکان آسان مونتاژ و دمونتاژ را، فراهم می‌آورد.



1 Pressure jacket
2 Burner assembly
3 Platform with railing
4 Flame cylinder
5 Turbine casing
6 Blowoff pipe
7 Rotor
8 Manhole with inspection pipe
A Ring duct for supply of combustion air
B Fuel gas supply

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

در بالای هر اتاق احتراق ۸ عدد مشعل نصب شده است که هر مشعل دارای مسیرهای جداگانه ای برای سوخت گاز و گازوئیل می باشد. در هنگامی که توربین با سوخت گاز در حال کار است تمامی سوختی که به سمت اتاق احتراق فرستاده می شود از طریق مشعلها وارد اتاق احتراق شده و مشتعل میگردد. اما در هنگامی که توربین با سوخت مایع در حال کار باشد، سوخت مشعل ها، بر طبق قانون جریان معکوس عمل می نمایند و مازاد سوخت مایع تزریق شده به مشعل‌ها از طریق خط برگشت تعبیه شده در مشعل‌ها، برگشت داده می‌شود.

Silo - Combustion Chamber View to Flame Tube

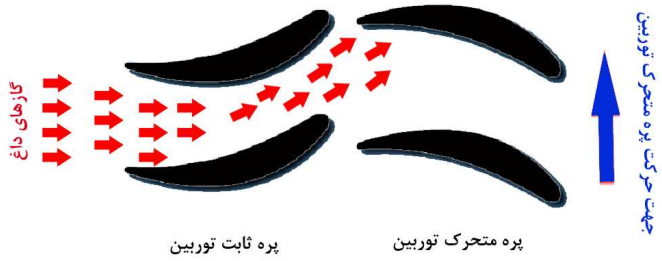
هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

۴- Turbine (توربین)

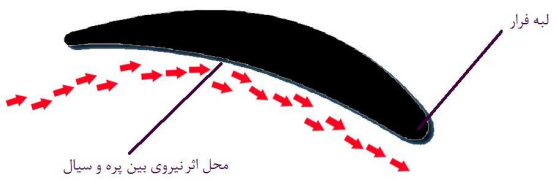
هدف اصلی در یک توربین گاز، تبدیل انرژی نهفته در سوخت‌های فسیلی به انرژی مکانیکی و کار می‌باشد. این تبدیل در قسمتی از سیستم توربین گاز به نام توربین اتفاق می‌افتد .در این قسمت بخش اعظمی از انرژی گازهای حاصل از احتراق گرفته می‌شود و این انرژی به محور توربین گاز انتقال داده می-شود .در واقع، توربین قسمتی است که بعد از محفظه احتراق قرار گرفته و وظیفه تبدیل انرژی گرمایی گازهای خروجی از محفظه احتراق را به انرژی مکانیکی و کار بر عهده دارد.

در توربین گاز V94.2 ، توربین از نوع محوری بوده و دارای چهار مرحله می باشد. در هر مرحله از توربین، دوجزء اصلی وجود دارد که عبارتند از: ابتدا پره های ثابت وسپس پره های متحرک .در هر مرحله از توربین، گازهای داغ حاصل از احتراق پس از برخورد به پره های ثابت که به شکل نازل نیز هستند، تغییر مسیر می دهند و علاوه بر کاهش فشار گازهای عبوری و افزایش سرعت آنها، در زاویه ای مناسب به پره های روتور برخورد می کنند و باعث چرخش آن می شوند. این چرخش باعث حرکت و گردش محور توربین شده و تولید کار می کند.

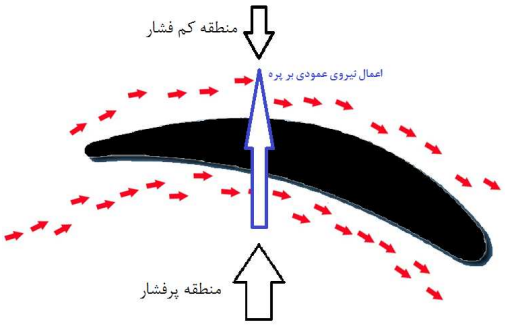
پره های توربین به نوعی طراحی شده اند که سبب کاهش فشار و افزایش سرعت جریان گاز می گردند. گازهای داغ پس از عبور از پره‌های ثابت از طریق لبه حمله وارد پره‌های متحرک توربین شده و به دو شکل **ضربه ای** و **عکس‌العملی** به پره‌های متحرک نیرو وارد می‌کند.



در روش ضربه ای گازهای داغ و پر سرعت از طریق لبه حمله وارد گودی پره‌های متحرک شده و با تغییر مسیر خود در عبور از سطح مقطع پره، تغییر اندازه حرکت پیدا می‌کند و از لبه فرار از پره متحرک خارج می‌شود. علت تغییر اندازه حرکت گازهای حاصل، وجود نیروی بین پره و سیال است.

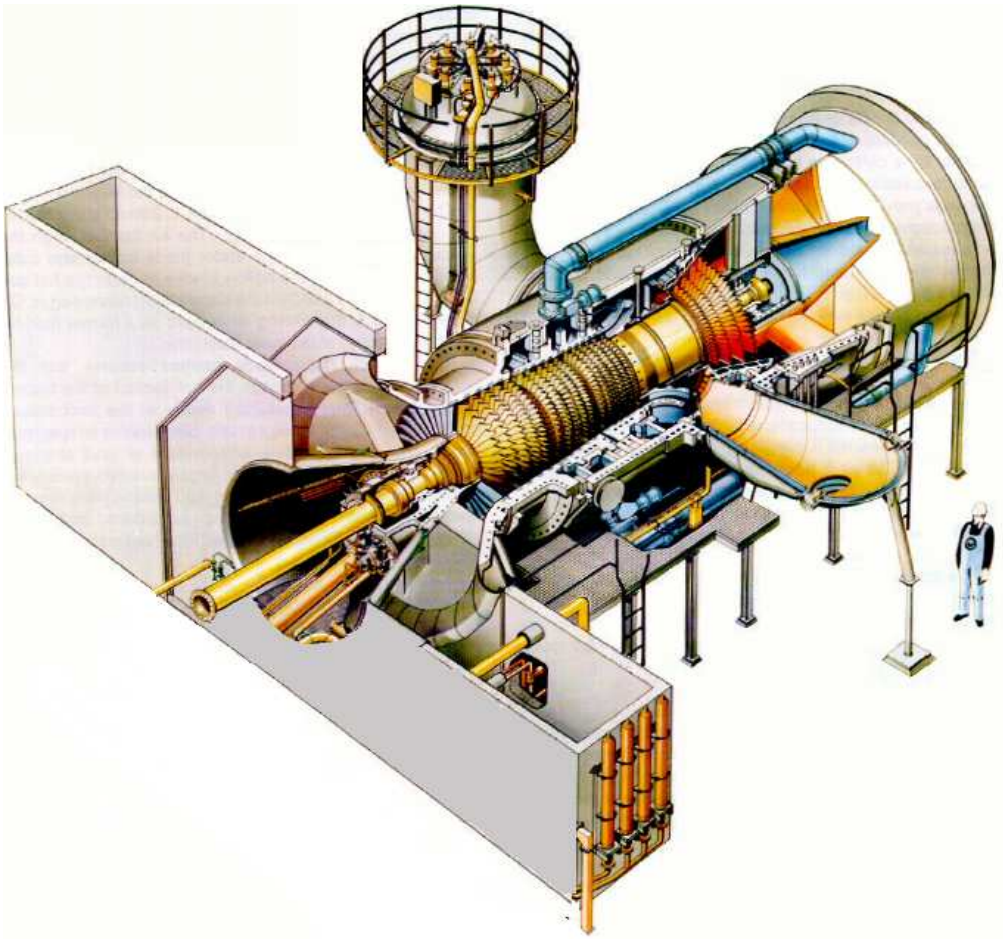


هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!



در روش عکس‌العملی عبور گازهای حاصل از دو طرف یک پره و وجود انحنای بیشتر در یک طرف، باعث ایجاد اختلاف سرعت در طرفین پره، در نتیجه اختلاف فشار بین دو طرف سطح مقطع پره می‌شود. وجود اختلاف فشار در دو طرف پره نیز باعث ایجاد نیروی عمود بر پره می‌شود.

مجموع نیروهای ضربه‌ای و عکس‌العملی، باعث بوجود آمدن یک نیروی نسبتاً زیاد به پره توربین می‌شود. این نیرو دارای سه مولفه است که یکی از آنها مماس بر دیسک توربین و باعث دوران آن می‌شود. یکی دیگر از این مولفه‌ها در امتداد شعاع دیسک است که می‌بایست توسط اتصالات قوی بین پره و دیسک (شیارهای کاج مانند در ریشه پره) خنثی شود. مولفه سوم این نیرو در امتداد محور توربین اثر می‌کند به همین خاطر در هر توربین گاز شاهد مکانیزم جلوگیری کننده از حرکت طولی محور توربوکمپرسور هستیم.

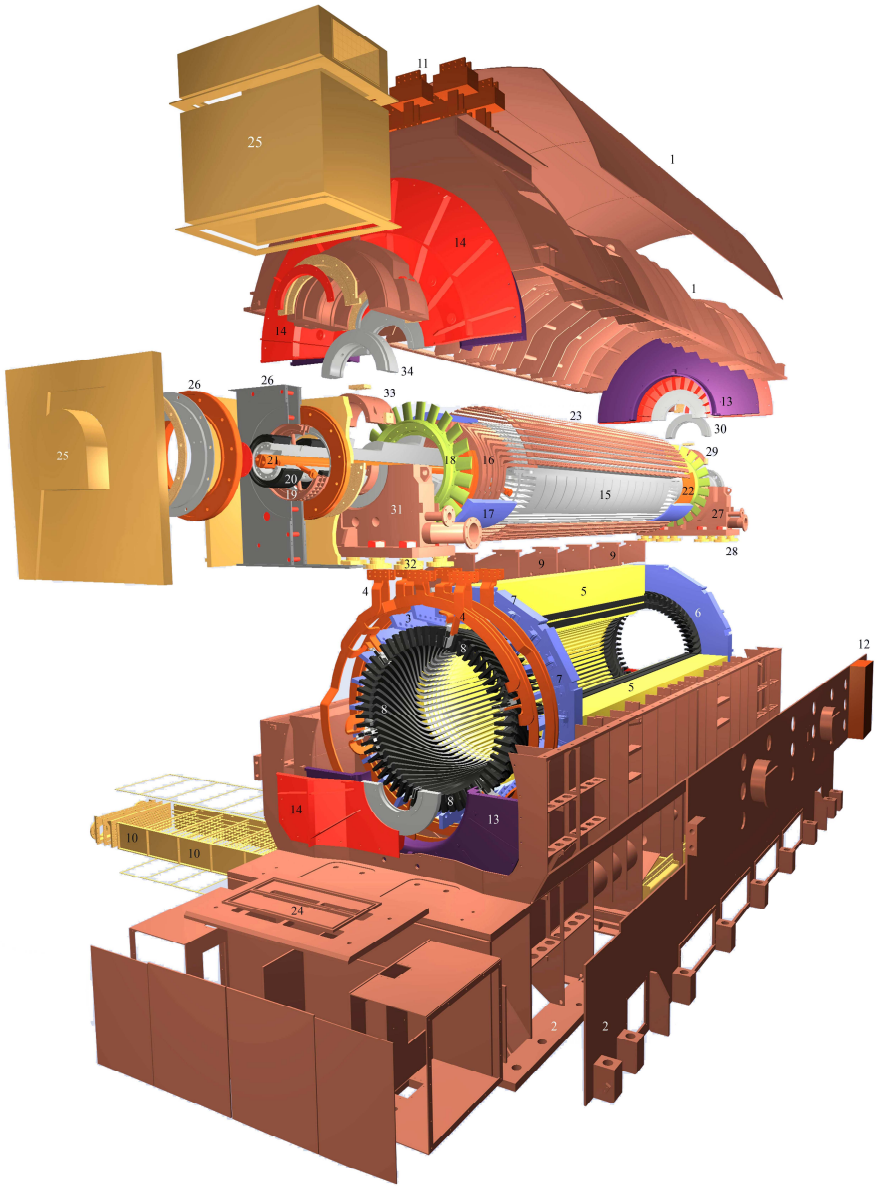


هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

۵- Generator (ژنراتور)

ژنراتور یک ماشین الکتریکی از نوع ماشین سنکرون است که انرژی دورانی توربین را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. اساس کار این ماشینها بر مبنای القای الکترومغناطیسی بنا شده است . جریان DC در مدار فیلد جاری شده و در نتیجه یک میدان مغناطیسی ساکن تولید می گردد. زمانیکه روتور می چرخد میدان مغناطیسی تولید شده توسط فیلد شروع به چرخیدن کرده و یک میدان مغناطیسی متغییر نسبت به مکان ایجاد می شود. فلوی مغناطیسی از قطبهای روتور خارج شده و از طریق استاتور یک مدار مغناطیسی را تشکیل می دهد.

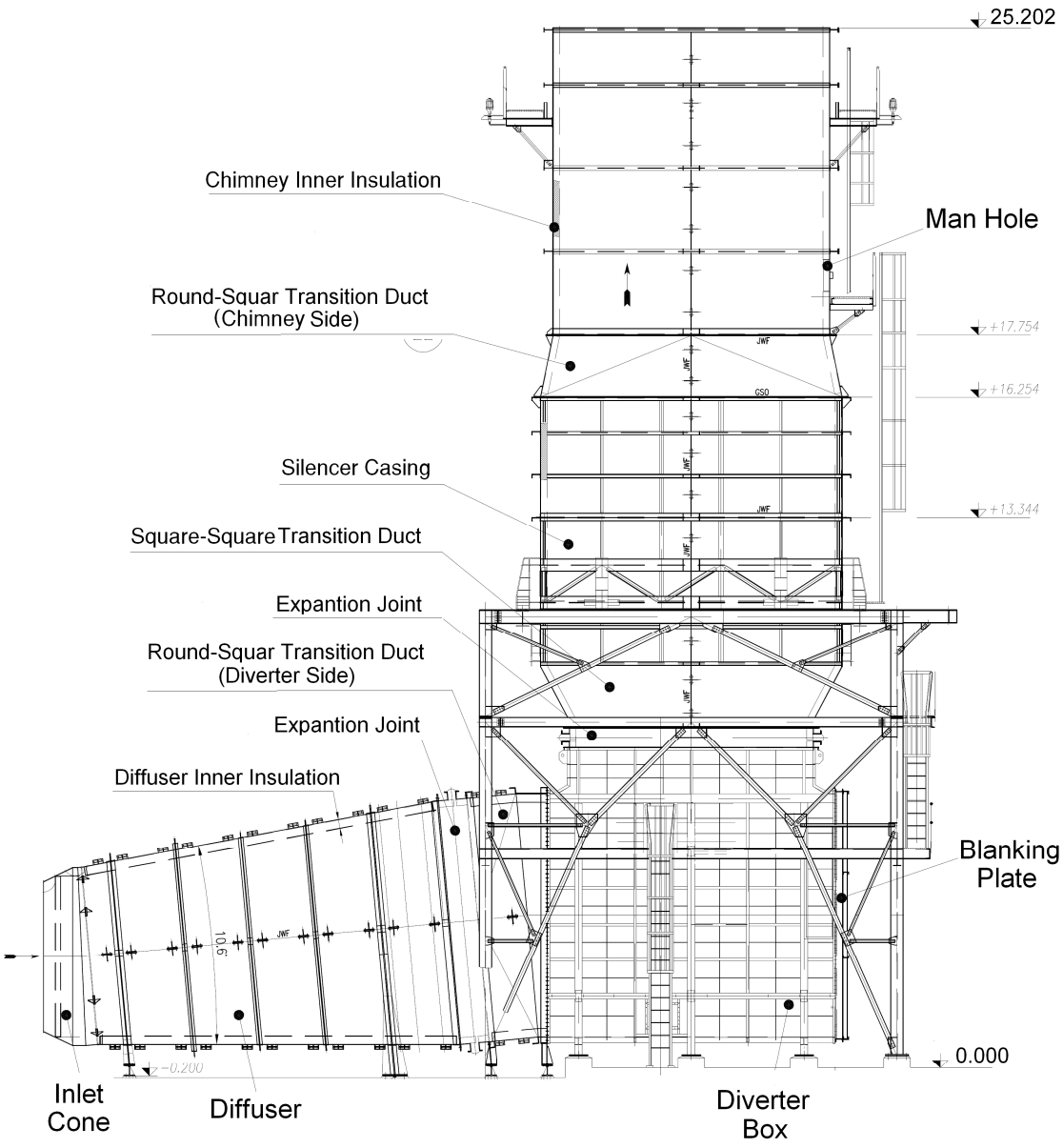
هادی‌های استاتور در شیارهای استاتور قرارگرفته‌اند و با توجه به قانون لنز یک ولتاژ القایی وابسته به تغییرات میدان مغناطیسی بر اساس رابطه روبرو در آنها القا می گردد: $E= -d\phi/dt$



هشدار : این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

۶- Exhaust (اگزوز)

وظیفه تخلیه گازهای خروجی توربین به اتمسفر بر عهده اگـزوز مـی‌باشـد. گازهـای داغ در عبـور از مراحل مختلف توربین تمامی انرژی فشاری و مقدار زیادی از انـرژی حرارتـی خـود را از دسـت مـی‌دهنـد . توربین‌های گازی عموماً به شکلی طراحی می‌شوند که فشار گازهای داغ در خروجی توربین و پس از آخرین پره متحرک اندکی از فشار اتمسفر کمتر است، لذا برای غلبه بر فشار محیط و خـروج از طریـق اگـزوز یـک مجرای واگرا در خروجی توربین گاز، بین توربین و اگزوز، وجود دارد. در ایـن مجـرای واگـرا بـا اسـتفاده از سرعت سیال و تبدیل آن به فشار، بر فشار محیط غلبه کرده و از این طریق گازهای خروجی که دارای دمای نسبتاً بالایی هستند از طریق اگزوز به اتمسفر اطراف فرستاده می‌شود.



هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

۷- Lub & Lifting Oil (روغن روانکاری و جکینگ)

این بخش برای تامین روغن جهت روانکاری و خنک‌کاری یاتاقان‌ها، تامین روغن جکینگ روتور توربین و ژنراتور و همچنین برای تزریق روغن جهت Turning Gear استفاده می‌شود.

سیستم روغن‌کاری در توربین‌های گاز وظیفه روانکاری و همچنین انتقال حرارت یا خنک‌کاری یاتاقان‌ها را بر عهده دارد.این سیستم عموماً شامل بخش‌های ذیل می‌باشد:

- یک مخزن روغن
- پمپ فشارساز یا lube oil pump که عموماً دو نوع DC و AC دارند.
- رگولاتور
- فیلتر روغن
- واحد خنک‌کاری روغن (کولر روغن)
- سیستم ایجاد خلاء در تانک روغن

روغن بوسیله پمپ از مخزن دریافت شده و پس از عبور از رگولاتور به درون فیلتر و واحد خنک‌کاری حرکت داده می‌شود و سپس وارد قسمت یاتاقان‌ها شده و پس از روانکاری و گرم شدن ، جهت استفاده مجدد به مخزن باز می‌گردد.

جهت جلوگیری از خروج بخارات روغن از یاتاقان‌ها و برگشت راحت‌تر روغن به تانک روغن، مخزن روغن شامل دو فن جهت ایجاد خلاء (حداکثر تا mbar ۱۵-) می‌باشد. در بالای این فن‌ها یک استخراج کننده روغن جهت جلوگیری از خروج بخارات روغن توسط هوای خروجی از فن‌ها وجود دارد.

پمپ‌های استفاده شده در تانک روغن روانکاری بصورت زیر می‌باشند:

- پمپ AC اصلی (وظیفه روانکاری و خنک‌کاری)
- پمپ AC کمکی (وظیفه روانکاری و خنک‌کاری)
- پمپ DC اضطراری (وظیفه روانکاری و خنک‌کاری)
- پمپ جکینگ ژنراتور (وظیفه بالابرندگی روتور ژنراتور)
- پمپ جکینگ روتور توربین گاز (وظیفه بالابرندگی روتور توربین گاز)

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

پمپ‌های اصلی و کمکی و اضطراری روغن روانکاری بعلت نیاز به دبی بالا برای روانکاری و خنک-کاری، از نوع سانتریفیوژ (Centrifugal Pump) بوده و پمپ‌های جکینگ باتوجه به نیاز به ایجاد فشار بالا از نوع جابجایی مثبت می‌باشند.

پمپ جکینگ ژنراتور از نوع جابجایی مثبت-پیستونی محوری (Axial Piston Pump) بوده و پمپ جکینگ توربین از نوع جابجایی مثبت-پره‌ای (Vane Pump) می‌باشد.

جهت جلوگیری از ورود احتمالی ذرات خارجی همراه روغن به یاتاقان‌ها، در مسیر بعد از پمپ‌های اصلی و کمکی روانکاری از یک فیلتر دوبل استفاده می‌شود. همواره یکی از این فیلترها در مدار بوده و فیلتر دیگر بعنوان فیلتر آماده بکار است و در زمان گرفتگی فیلتر در حال کار، مسیر عبور روغن به فیلتر آماده بکار تعویض می‌شود تا به فیلتر کثیف رسیدگی شده و تمیز گردد.

لازم به ذکر است با توجه به اینکه پمپ DC اضطراری در مواقع حساس و بحرانی جهت جلوگیری از آسیب دیدن توربین گاز وارد مدار می‌شود، مسیر خروجی روغن این پمپ از فیلتر عبور نکرده تا در سریع-ترین زمان ممکن و با کمترین افت فشار و دبی روغنکاری انجام شود.

پمپ‌های جکینگ روتور و ژنراتور در مسیر بعد از خروجی پمپ شامل یک فیلتر مجزا می‌باشند.

بمنظور جلوگیری از افزایش غیرعادی دمای روغن روانکاری، سیستم روغن روانکاری شامل دو کولر روغن می‌باشد که هر کدام از این کولرها با ۱۰۰٪ ظرفیت کار کرده و در هر زمان یکی از کولرها در مدار بوده و کولر دوم بصورت آماده بکار (Standby) می‌باشد.

جهت تنظیم دمای روغن روانکاری فرستاده شده بسمت یاتاقان‌ها، بعد از فیلترهای دوبل، شیر ترموستاتیک جهت تنظیم میزان اختلاط روغن سرد عبور داده شده از کولر با روغنی که از کولر عبور داده نشده و گرم است و تهیه روغنی با دمای مطلوب استفاده می‌شود.

در یاتاقان‌های هیدرودینامیک، از یک فیلم روغن به عنوان عامل جداساز سطح محور از سطوح نشیمنگاه استفاده می‌شود. لذا حرکت دورانی محور سبب بروز اصطکاک لایه‌های روغن با هم شده که از اصطکاک فلز با فلز بسیار کمتر است و علاوه بر آن، سبب بروز حرارت در روغن گردیده که به سادگی قابل انتقال و خنک‌کاری است.

در این یاتاقان ها قبل از رسیدن دور محور توربین به دور مناسب، جهت ایجاد فشار مورد نیاز جهت تحمل وزن محور در روغن، از یک پمپ به منظور ایجاد فشار مطلوب در روغن استفاده می‌شود. این پمپها

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

(پمپ‌های جکینگ) وظیفه دارند محور توربین را تا حد معینی بلند کنند تا روغن روانکاری، بتواند به راحتی در فاصلهٔ بین یاتاقان‌ها و محور حرکت کرده و جریان پیدا کند.

پمپهای جکینگ، پس از رسیدن سرعت توربین به حد مناسب(۵۴۰ دور در دقیقه) به علت ایجاد فیلم روغن مابین یاتاقان و روتور که موجب بالا نگه‌داشته شدن روتور و تداوم حرکت آن می‌شود، از مدار روغن‌کاری خارج می‌شود. قابل ذکر است بعلت نیاز به روانکاری مداوم، پمپ روانکاری بایستی همواره در مدار باشد.

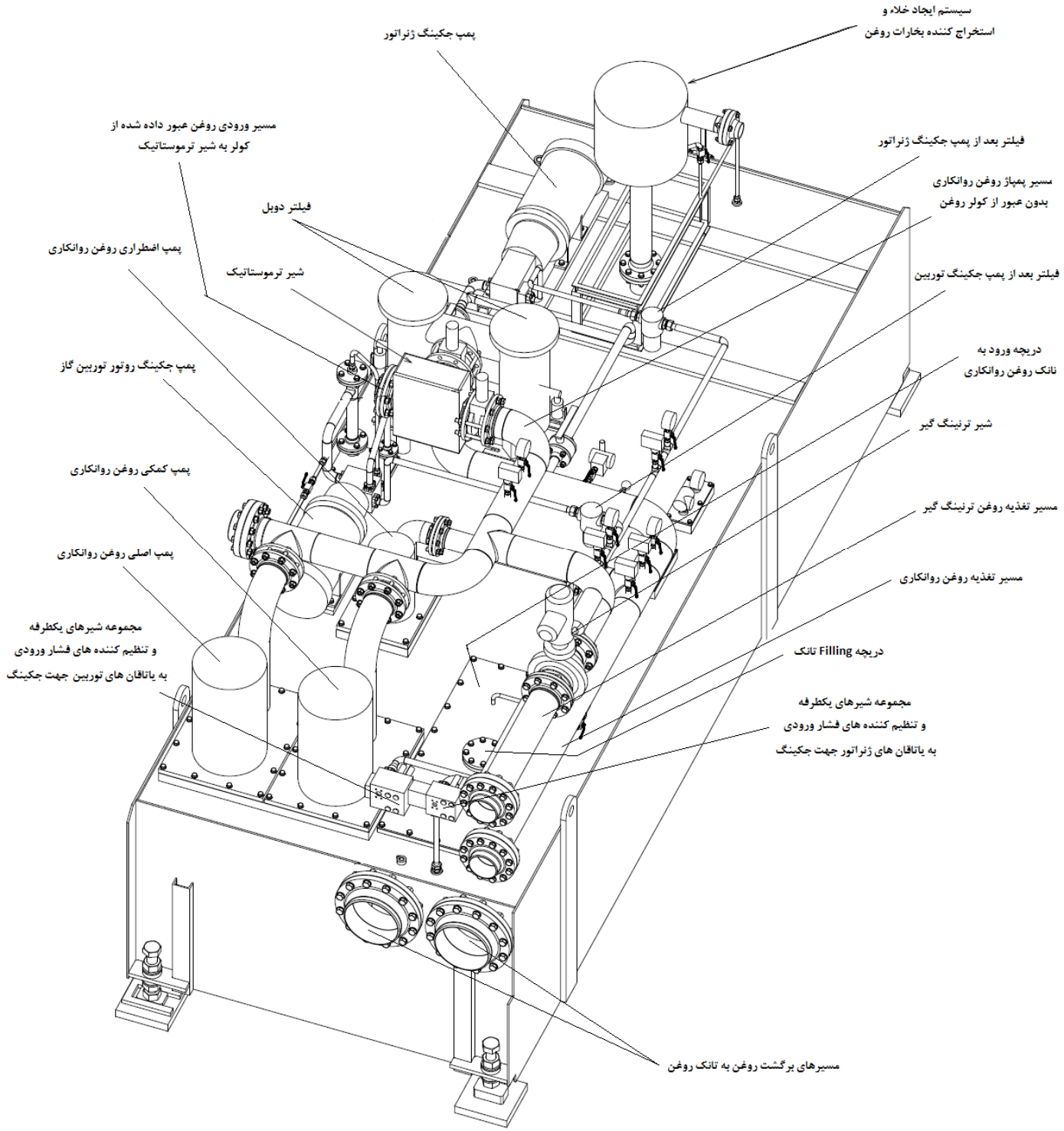
وظیفه اصلی پمپ روغنکاری، فشارسازی و جریان‌دهی به روغن است. از کار افتادن پمپ روغن، سبب بروز آسیب جدی به یاتاقان‌ها شده که به نوبه خود سبب تخریب بسیار خطرناک توربین گاز خواهد شد، از اینرو برای رفع این مشکل تمهیداتی در نظر گرفته شده است. یکی از این تمهیدات، استفاده از پمپ-های اضطراری و دیگری امکان توقف سریع توربین گاز بدون نیاز به هشداردهنده در هنگام قطع جریان روغن ورودی به توربین است.

در صورت از کار نیافتادن توربین پس از قطع جریان روغن، محور بر روی یاتاقان خواهد نشست و علاوه بر تخریب محور و یاتاقان‌ها، پره‌ها نیز با پوسته برخورد می‌نمایند. لذا سیستم کنترل در صورت قطع جریان روغن بدون هیچگونه هشداری توربین را متوقف خواهد نمود.

در هنگامی که واحد بصورت Standstill می‌باشد، وقتی دمای روغن روانکاری به زیر حد مجاز (۱۵°C) برسد، پمپ‌های اصلی و کمکی جهت گرمایش روغن روانکاری وارد مدار شده و وقتی دمای روغن روانکاری به حد نرمال خود (۲۰ °C) برسد هر دو پمپ خاموش می‌شود.

در هنگام استارت واحد، دمایی که برای روغن روانکاری نیاز داریم تا Release استارت واحد را داشته باشیم، ۱۰ °C است. دمای حد آلارم برای روغن روانکاری ۵۸ °C است.

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!


سیستم ایجاد خلاء و
استخراج کننده بخارات روغن
پمپ جکینگ ژنراتور
مسیر ورودی روغن عبور داده شده از
کولر به شیر ترموستاتیک
فیلتر بعد از پمپ جکینگ ژنراتور
مسیر پمپاژ روغن روانکاری
بدون عبور از کولر روغن
فیلتر دوبل
پمپ اضطراری روغن روانکاری
شیر ترموستاتیک
فیلتر بعد از پمپ جکینگ توربین
دریچه ورود به
تانک روغن روانکاری
پمپ جکینگ روتور توربین گاز
شیر ترنینگ گیر
پمپ کمکی روغن روانکاری
مسیر تغذیه روغن ترنینگ گیر
پمپ اصلی روغن روانکاری
مسیر تغذیه روغن روانکاری
مجموعه شیرهای یکطرفه
و تنظیم کننده های فشار ورودی
به یاتاقان های توربین جهت جکینگ
دریچه Filling تانک
مجموعه شیرهای یکطرفه
و تنظیم کننده های فشار ورودی
به یاتاقان های ژنراتور جهت جکینگ
مسیرهای برگشت روغن به تانک روغن

۸- Hydraulic Oil (روغن هیدرولیک)

روغن هیدرولیک بعنوان عملگر برای استاپ ولوهای سوخت (گاز و گازوئیل) استفاده می‌شود.

باز شدن شیرها با استفاده از فشار روغن هیدرولیک بوده و به محض قطع این فشار، شیر به کمک نیروی فنر بسته می‌شود. علت استفاده از عملگر مکانیکی (فنر) در هنگام بسته شدن، اطمینان از بستن شیر و در نتیجه قطع تغذیه سوخت در همه شرایطی است که ممکن است حتی برای مدت کوتاهی سیستم روغن هیدرولیک در مدار نباشد.

این سیستم شامل دو پمپ اصلی و کمکی جهت تزریق روغن هیدرولیک با فشار بالا (۱۶۰ bar) بوده که این پمپ‌ها باتوجه به نیاز به ایجاد فشار بالا از نوع جابجایی مثبت می‌باشند.

سیستم روغن هیدرولیک دارای دو آکومولاتور است تا در زمان افت فشار سیستم روغن هیدرولیک بتواند برای مدت کوتاهی این افت فشار را جبران نماید (برای مثال به هنگام افت فشار ناگهانی سیستم روغن هیدرولیک در زمان تعویض از پمپ در حال کار به پمپ آماده بکار).

یک حلقه ثانویه جهت سیرکوله روغن در نظر گرفته شده که شامل یک پمپ سانتریفیوژ و یک فن می‌باشد. با استارت هر یک از پمپ‌های اصلی یا کمکی، پمپ حلقه ثانویه نیز وارد مدار شده و روغن هیدرولیک را در مسیر حلقه ثانویه (مسیر حلقه ثانویه: تانک-پمپ-فن-فیلتر-تانک) به گردش در می‌آورد با بالا رفتن دمای روغن از حد مجاز (۵۵ °C) فن موجود در مسیر ثانویه نیز وارد مدار شده و باعث خنک‌کاری روغن هیدرولیک تا دمای تعیین شده (۴۵ °C) می‌نماید و سپس از مدار خارج می‌شود (پمپ مسیر ثانویه تا زمان روشن بودن هر کدام از پمپ‌های اصلی یا کمکی روغن هیدرولیک همچنان در مدار باقی می‌ماند).

حد آلارم برای دمای روغن هیدرولیک، ۷۰ °C است.

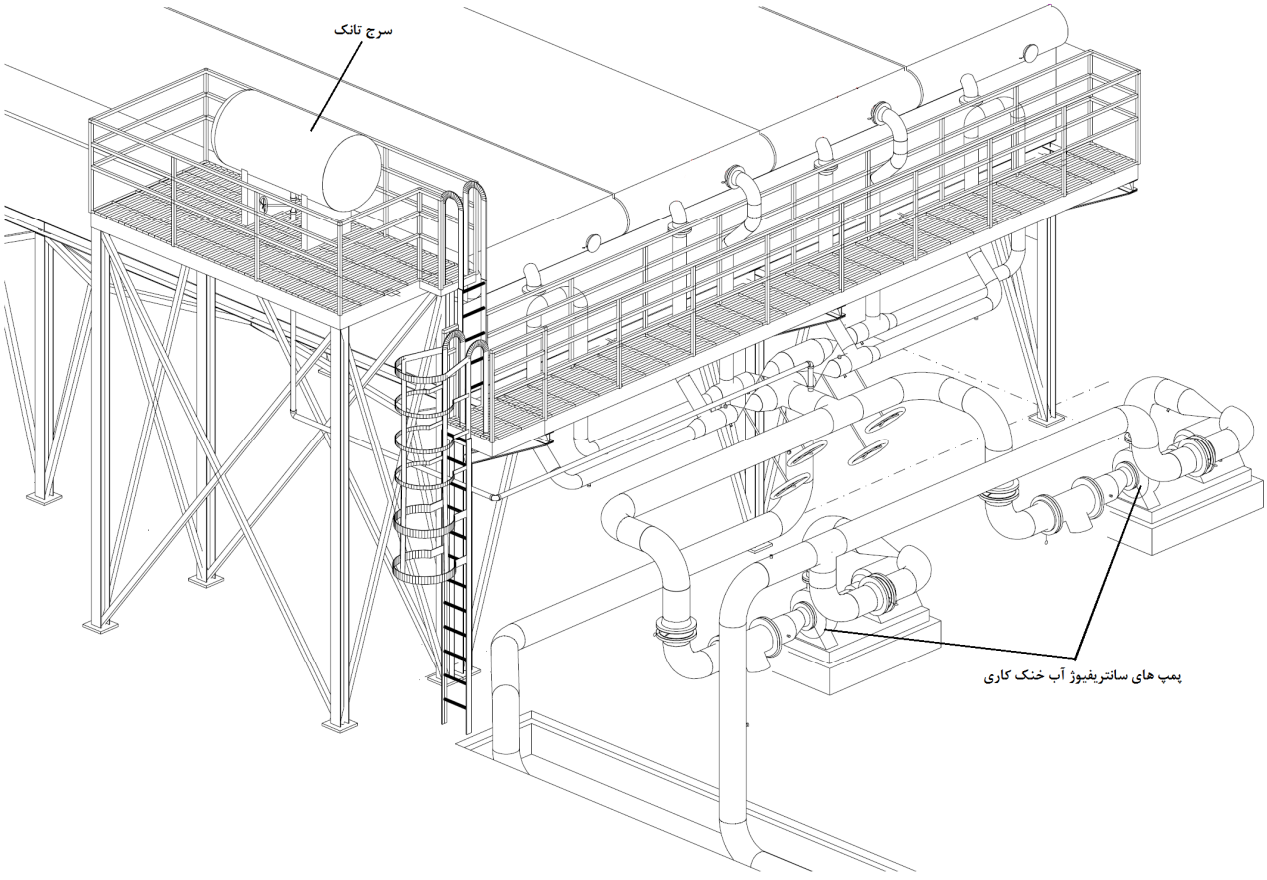
در هنگامی که واحد بصورت Standstill می‌باشد، وقتی دمای روغن هیدرولیک به زیر حد مجاز (۲۷°C) برسد، پمپ‌های اصلی و کمکی و پمپ حلقه ثانویه جهت گرمایش روغن هیدرولیک وارد مدار شده و وقتی دمای روغن هیدرولیک به حد نرمال خود (۳۳ °C) برسد هر سه پمپ خاموش می‌شود.

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

۹- Closed Cooling Water (آب خنک‌کاری)

از این سیستم بمنظور خنک‌کاری روغن روانکاری و همچنین برای خنک‌کاری ژنراتور استفاده میشود. این سیستم شامل ۲ پمپ جهت تزریق آب در سیستم خنک‌کاری و ۴ فن بمنظور خنک نمودن آب می باشد.

در هر زمان همواره یکی از پمپ‌ها در مدار بوده و پمپ دیگر بصورت آماده بکار می‌باشد. هر دو پمپ از نوع سانتریفیوژ بوده و از آنجائیکه ورودی این پمپ‌ها در هیچ زمانی نباید خالی باشد، یک تانک پر از آب (سرج تانک) در کنار فن‌ها و در ارتفاع تعبیه شده که همواره ساکشن پمپ‌ها را پر از آب نگه می‌دارد. با پایین آمدن سطح آب در سرج تانک از حد مجاز، پمپ‌های خنک‌کاری خاموش خواهند شد.



هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

۱۰ – سیستم سوخت مایع (Fuel Oil System)

سیستم سوخت مایع ، مشعلها را با سوخت مایع (گازوئیل) تغذیه کرده وهمچنین مقدار سوخت تزریقی به داخل چمبر را بر اساس مقادیر مورد نیاز در استارت ، بهره‌برداری و شات‌دان کنترل می کند و در هنگام شات‌دان و تریپ، جریان سوخت را به سرعت و به طور کامل قطع می‌کند .

سوخت مایع باید دارای فشار معین، دمای معین، جریان (دبی) کافی و کیفیت کاملا دقیق و مناسب باشد که با استفاده از پمپ‌ها و فیلترهای بکار رفته در مسیر و مخازن سوخت وسایر تجهیزات ، این ویژگی‌ها تامین می شود.

سوخت مایع توسط پمپ‌های موجود در بخش فوروواردینگ (Forwarding) (در بخش فوروواردینگ به ازای هر واحد، ۲ پمپ و یک فیلتر دوبل که یکی در حال کار و دیگری آماده بکار می‌باشد وجود دارد) از مخازن به سمت اسکید سوخت مایع، پمپاژ می‌شود (با فشار حدوداً ۶ bar).

در ابتدای هر واحد و قبل از ورودی اسکید، یک شیر ۳ راهه قرار دارد که بر حسب نیاز مسیر سوخت ورودی از بخش فوروواردینگ را به سمت اسکید سوخت مایع واقع در واحد راهنمایی نموده یا بسمت مخازن سوخت برگشت می‌دهد.

در ورودی اسکید فیلترهای دوبل قرار دارد که همواره یکی در حال کار و دیگری آماده بکار می‌باشد تا در زمان گرفتگی فیلتر در حال کار، مسیر سوخت مایع به فیلتر Standby تعویض شود. وظیفه این فیلترها پاکسازی سوخت از ذرات خارجی و جداسازی حباب‌های هوای بوجود آمده در اثر پمپاژ از بخش فوروواردینگ است.

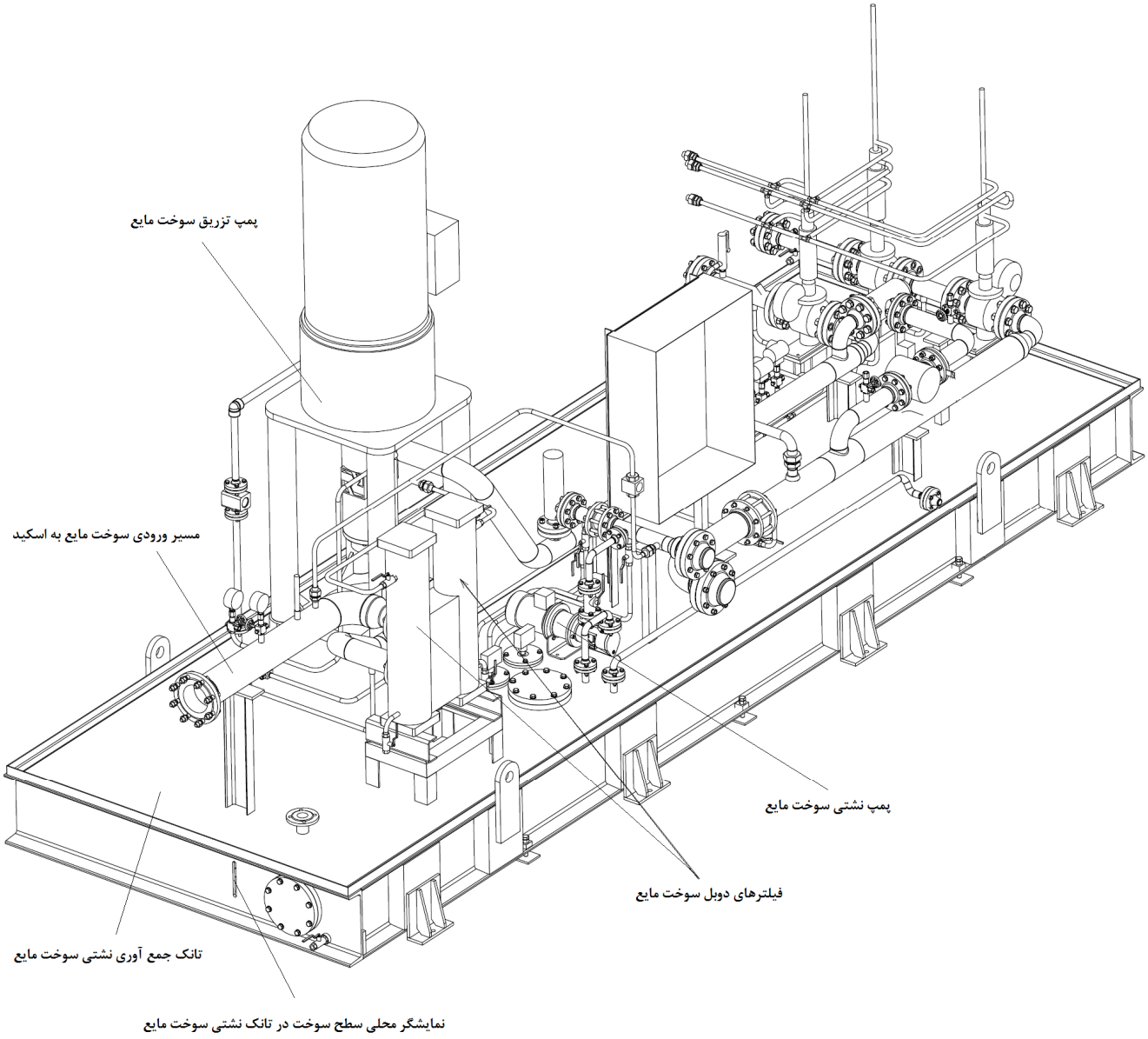
سیستم سوخت مایع دارای یک پمپ تزریق سوخت مایع با فشار بالا (حدوداً ۷۵ bar) می‌باشد. این پمپ که به پمپ Injection معروف است از نوع پمپ‌های جابجایی مثبت-screw spindle pump می-باشد.

درصورتی‌که فشار سوخت به بالای ۸۵ bar برسد آلارم صادر شده و در صورتی‌که فشار سوخت مایع به ۱۰۰ bar برسد فرمان تریپ توربین گاز صادر خواهد شد.

هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

همچنین اسکید سوخت مایع دارای یک مخزن جهت جمع‌آوری سوخت نشتی و Relief سوخت مایع می‌باشد. این مخزن دارای ظرفیت ۱۵۰۰ لیتر و یک پمپ (Leakage Pump) از نوع سانتریفیوژ جهت پمپاژ سوخت جمع‌آوری شده در مخزن نشتی به سمت مخازن اصلی سوخت است.

مخزن نشتی سوخت مایع دارای ۳ سطح‌سنج (< min ، > max ، >> max) است که پمپ نشتی از این سطح‌سنج‌ها فرمان می‌گیرد. با تحریک سطح‌سنج "> max" پمپ استارت شده و با تحریک سطح‌سنج "< min" پمپ خاموش می‌شود. در صورت عمل‌نکردن پمپ نشتی به هر دلیل و پر شدن تانک نشتی سوخت، سوخت مایع از مسیر ونت سرریز می‌شود.



هشدار: این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!

۱۱ – سیستم سوخت گاز طبیعی (Natural Gas Fuel System)

سوخت متداول توربین های گاز، گاز طبیعی است لذا سوخت گاز به سهولت در توربین های گاز سوزانده می شود.

سوخت گاز از لوله های اصلی سوخت وارد فیلترهای مخصوص گاز شده و در ادامه از بخش های مختلفی چون فیلترهای جداکننده مایعات گازی،شیرهای قطع و وصل کننده اصلی یا shut off valve ها و شیر کنترل کننده میزان مصرف یا control valve عبور کرده و در نهایت از طریق مشعلهای سوخت گاز، وارد محفظه احتراق می گردد.

سیستم سوخت گاز طبیعی، سوخت گاز مورد نیاز مشعل‌ها را تامین کرده و مقدار دبی گاز را مطابق با نیاز توربین در هر یک از مراحل استارت، بهره‌برداری و توقف کنترل می‌کند به علاوه این سیستم برای قطع مسیر گاز تحت شرایط معین مورد استفاده قرار می‌گیرد .

صرفنظر از میزان تغذیه سوخت گاز طبیعی در هر زمان، فشار تغذیه سوخت گاز طبیعی بایستی همواره تقریباً ثابت باشد.

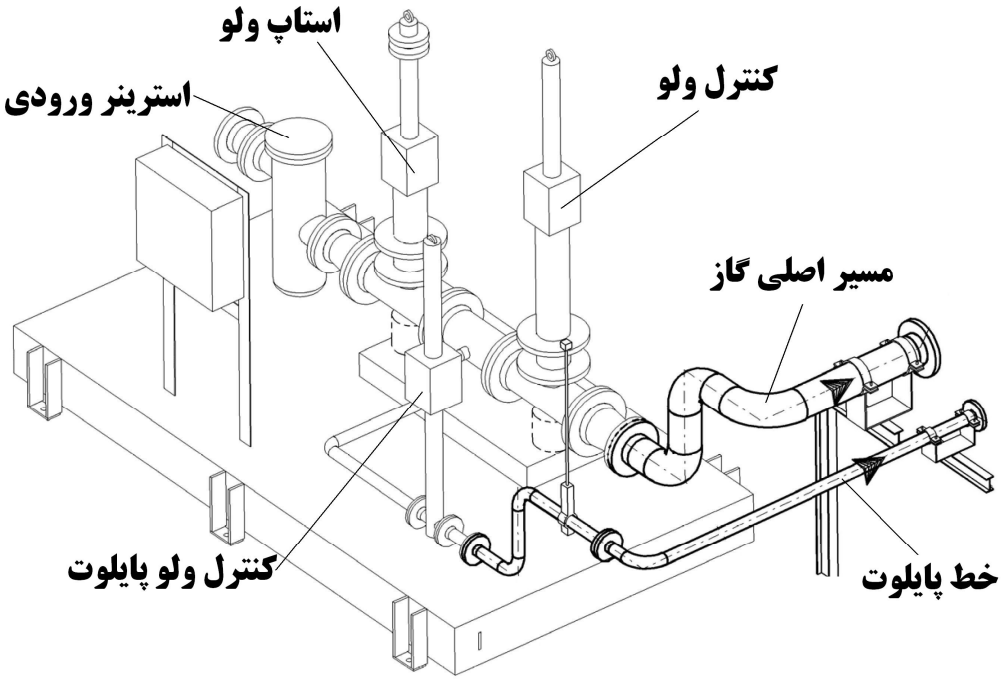
برای جلوگیری از خوردگی و فرسایش و همچنین بروز رسوب در اجزای سیستم، سوخت گاز طبیعی تغذیه شده بایستی خشک و تمیز باشد.

سیستم سوخت گاز طبیعی دارای یک اسکید فیلتراسیون گاز می‌باشد که در بالادست اسکید گاز طبیعی و قبل از ورودی واحد توربین گاز واقع می‌شود.

این اسکید برای پاکسازی و همچنین اندازه‌گیری میزان سوخت تغذیه شده به توربین گاز است. بخش فیلتر گاز طبیعی (با طراحی عمودی و ایستاده) با راندمان ۹۹,۵٪ ذرات را با قطر ۲ میکرون و رطوبت را با راندمان ۹۹,۵٪ و قطر ۱۲-۱۰ میکرون از گاز جدا می‌نماید. این واحد بصورت دوبل است که هر کدام با ظرفیت ۱۰۰٪ کار می‌کنند. هر بخش بصورت یک واحد فیلتر دو طبقه طراحی شده است. طبقه اول (Axial-Flow Cyclone Separator) برای حذف رطوبت و ذرات درشت بوده و طبقه دوم (Cellulose Cartridges) برای جداسازی ذرات ریز است.

یک ترانسمیتر دبی نیز برای اندازه‌گیری و محاسبه دبی مصرفی گاز طبیعی وجود دارد.

هشدار : این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!



در ورودی اسکید گاز طبیعی، واقع در واحد توربین گاز، یک استرینر قرار دارد که از استاپ ولو سوخت گاز در مقابل ورود هر جسم خارجی نامناسب که ممکن است بین فیلتر ریز و استرینر وجود داشته باشد محافظت می‌کند. این امر از آنجائی اهمیت دارد که در زمان وقوع تریپ توربین گاز، جسم خارجی می‌تواند از بسته شدن کامل استاپ ولو جلوگیری کند.

هشدار : این مدرک هنوز بازبینی و ویرایش نشده است و امکان اشتباه در محتویات آن وجود دارد!