

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اساس کار نیروگاه سیکل ترکیبی

محمد حسین رستمی

انتشارات پندار پارس

سرشناسه : رستمی، محمدحسین، ۱۳۸۳-
 عنوان و نام پدیدآور : اساس کار نیروگاه سیکل ترکیبی/ محمدحسین رستمی.
 مشخصات نشر : تهران : پندار پارس، ۱۴۰۴.
 مشخصات ظاهری : ۳۹۸ ص.
 شابک : ۵۵۰۰۰۰۰ ریال: 3-46-7785-978-622
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 موضوع : نیروگاه‌های سیکل ترکیبی -- ایران
 Combined cycle power plants -- Iran
 نیروگاه‌های سیکل ترکیبی -- ایران -- طراحی و ساخت
 Combined cycle power plants -- Design and construction -- Iran
 رده بندی کنگره : TK۱۰۴۱
 رده بندی دیویی : ۱۹۹/۶۲۱
 شماره کتابشناسی ملی : ۱۰۱۰۵۷۷۵
 اطلاعات رکورد : فیبا
 کتابشناسی :



انتشارات پندار پارس

www.pendarepars.com

تلفن: ۶۶۵۷۲۳۳۵ - ۰۹۱۲۲۴۵۲۳۴۸

.....

نام کتاب : اساس کار نیروگاه سیکل ترکیبی

ناشر : انتشارات پندار پارس

تالیف : محمد حسین رستمی

چاپ نخست : خرداد ماه ۱۴۰۴

شمارگان : ۵۰ نسخه

طرح جلد : رامین شکرالهی

چاپ، صحافی : وحید

قیمت : ۵۵۰.۰۰۰ تومان : شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۷۷۸۵-۴۶-۳

.....
 * هرگونه کپی برداری، تکثیر و چاپ کاغذی یا الکترونیکی از این کتاب بدون اجازه ناشر تخلف بوده و پیگرد قانونی دارد *

پیشگفتار



من محمدحسین رستمی هستم و علاقه زیادی به حوزه مکانیک، برق و سیستم‌های کنترلی دارم. نیروگاه مکانی است که این سه حوزه علاقه من به‌طور هم‌زمان در آن حضور دارند. شغل پدرم هم در این علاقمندی بسیار تأثیرگذار بوده است. پدرم سرمهندس شیف‌ بهره‌برداری نیروگاه سیکل ترکیبی نیشابور بودند. به همین دلیل، من از کودکی خاطرات

زیادی از نیروگاه دارم. با گذشت زمان و افزایش سن شروع به تحقیقات علمی درباره تولید برق کردم. پس از مدتی متوجه شدم که اطلاعات من بسیار پراکنده است. همین سبب شد تا تمام دانسته‌هایم درباره تولید برق را به‌صورت یکپارچه و منظم در بیاورم. حاصل این تلاش، کتابی شد که من نوشتن بخش عظیمی از آن را در هجده سالگی و قبل از اخذ مدرک دیپلم تمام کردم.

حالا دیگران می‌توانند به‌راحتی درباره تولید برق در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی اطلاعات زیادی کسب کنند. من در این کتاب سعی کردم که بسیاری از دانسته‌های دیگر خودم را با محوریت نیروگاه بیان کنم و اطلاعات بیشتری به خواننده برسانم.

امید است که با تلاش و همت متخصصان، در صنعت کشور عزیزمان ایران روزبه‌روز شاهد پیشرفت‌های چشمگیر باشیم. تا به این گفته مقام معظم رهبری که فرمودند: «ایرانی بسازید که هر کس در هر کجای دنیا به این کشور نگاه کند، معجزه اسلام را در سازندگی یک کشور و ملت ببیند» جامه عمل بپوشانیم؛ چراکه پیشرفت صنعت هر کشور مایه عزتمندی ملت و فکر و عقیده آنان در برابر جهانیان است.

خدایا بابت تمام نعمت هایت و این که من را در انجام این کار و کمک به ارتقای ایران اسلامی یاری کردی سپاسگزارم.

از پدرم، آقای مهندس محمد رستمی، تشکر می‌کنم، بسیاری از اطلاعاتی که من دارم، چه دربارهٔ نیروگاه و چه دربارهٔ صنعت از ایشان آموخته‌ام. از آقایان مهندس علی آشوری، مهندس حیدر عباسی، مهندس علی دهنوی و مهندس مهدی دهنوی بابت همراهی صمیمانه‌شان تشکر می‌کنم.

از مادرم که همیشه همراه و مشوق من بوده سپاسگزارم. اینکه امروز این کار بزرگ را انجام دادم مدیون لطف خداوند و زحمات پدر و مادرم هستم.

طبیعی است که هر تألیفی از جمله این کتاب خالی از ایراد نیست؛ بنابراین از تمامی کارشناسان و صاحب‌نظران دعوت می‌کنم با ارسال نظرها و پیشنهادهای خود به پست الکترونیکی mh.rostami2004@gmail.com، من را در بهبود و ارتقای این کتاب یاری دهند.

مقدمه..... ۱۰

فصل اول: قسمت بخار – بخش مکانیک..... ۱۷

سیستم ورودی هوا..... ۱۸

سیستم مدیا..... ۲۳

توربین گازی..... ۲۶

کمپرسور..... ۲۹

سرج در کمپرسور..... ۳۰

سیستم Blow Off..... ۳۱

IGV..... ۳۲

طرح IGV+ در ایران..... ۳۳

احتراق..... ۳۳

جرقه..... ۴۰

شعله بین..... ۴۲

توربین..... ۴۴

پره های متحرک توربین..... ۴۸

پوسته توربین..... ۵۱

نازل های توربین..... ۵۲

توربین V94.2..... ۵۳

تریپ توربین V94.2 در شرایط مختلف..... ۵۵

توربین MGT-70..... ۵۹

توربین MGT-75..... ۶۲

سیستم سوخت..... ۶۴

سیستم سوخت گاز.....	۶۴
سیستم سوخت مایع.....	۶۷
سیستم آگروز.....	۷۱
سیستم روانکاری و بالابری.....	۷۵
سیستم روغن هیدرولیک.....	۸۲
وارنیش روغن.....	۸۳
شست و شو کمپرسور.....	۸۶
سیستم خنک کاری.....	۹۰
سیستم اطفاء حریق.....	۹۲
بویلر کمکی.....	۹۴
تصفیه آب.....	۹۴
تصفیه پساب.....	۹۶
سیستم گرمایش و سرمایش.....	۹۷
جرثقیل.....	۹۸
فصل دوم : قسمت گازی – بخش الکتریک.....	۹۹
سیستم ژنراتور و تحریک.....	۱۰۰
سیستم SFC.....	۱۱۶
GCB.....	۱۱۷
مراحل راه اندازی ژنراتور.....	۱۱۸
ترانسفورماتور.....	۱۱۸
ترانسفورماتور اصلی نیروگاه.....	۱۲۹
ترانسفورماتور واحد.....	۱۲۹

۱۳۰.....	سوییچ گیر های واحد.....
۱۳۲.....	دیزل ژنراتور.....
۱۳۳.....	سیستم الکتریک مشترکات.....
۱۳۵.....	فصل سوم : قسمت گازی - بخش کنترل.....
۱۳۹.....	فصل چهارم : قسمت بخار - بخش مکانیک.....
۱۴۰.....	HRSG.....
۱۴۴.....	دی اریتور.....
۱۴۸.....	فید پمپ بویلر.....
۱۵۱.....	بخار LP.....
۱۵۳.....	بخار HP.....
۱۵۷.....	دی سوپرهیتر.....
۱۵۷.....	مشعل کمکی.....
۱۶۰.....	سیستم Blow Down.....
۱۶۱.....	مسیر بخار LP.....
۱۶۳.....	مسیر بخار HP.....
۱۶۵.....	پدیده shrinkage و swelling در بویلر بخار.....
۱۶۶.....	توربین بخار.....
۱۷۰.....	روتور و پره های توربین.....
۱۷۰.....	پوسته توربین.....
۱۷۱.....	سیستم درین توربین بخار.....
۱۷۳.....	سیستم ترنینگ گیر.....
۱۷۵.....	Bypass Valve.....

۱۷۸.....	کندانسور.....
۱۸۲.....	مدیریت مصرف منابع و انرژی در زمان بحرانی خلاء کندانسور.....
۱۹۰.....	پمپ اکسترکشن.....
۱۹۲.....	سیستم کولینگ اصلی: سیستم هار.....
۱۹۷.....	برج خنک کن.....
۲۰۳.....	پیک کولر.....
۲۰۵.....	سیستم کولینگ اصلی: کولینگ ACC.....
۲۱۲.....	مقایسه کولینگ ACC و هار.....
۲۱۴.....	سیستم کولینگ اصلی: کولینگ یک بار گذر.....
۲۱۶.....	CPP.....
۲۱۸.....	سیستم Evacuation.....
۲۲۲.....	سیستم Gland Steam.....
۲۲۴.....	Flash Tank و Flash Box.....
۲۲۵.....	سیستم کولینگ کمکی.....
۲۲۹.....	سیستم های روغن توربین ژنراتور.....
۲۳۰.....	سیستم روغن هیدرولیک.....
۲۳۲.....	تامین آب.....
۲۳۸.....	سیستم نمونه گیری و تزریق شیمیایی.....
۲۳۹.....	جمع آوری و تصفیه پساب.....
۲۴۲.....	سیستم بخار کمکی.....
۲۴۴.....	سیستم تامین سوخت.....
۲۴۵.....	سیستم نیتروژن.....

سیستم هوای سرویس و ابزار دقیق..... ۲۴۷

فصل پنجم : قسمت بخار – بخش الکتریک..... ۶۹

ژنراتور..... ۲۵۰

باس داکت..... ۲۵۱

ترانسفورماتور اصلی..... ۲۵۳

ترانسفورماتور واحد..... ۲۵۴

ترانسفورماتور استیشن..... ۲۵۴

سیستم تحریک ژنراتور..... ۲۵۸

سوییچ گیر LV..... ۲۵۹

دیزل ژنراتور..... ۲۶۰

مصارف سیستم کولینگ..... ۲۶۱

فصل ششم : قسمت بخار – بخش کنترل..... ۲۶۳

فصل هفتم : احداث بخش بخار نیروگاه سیکل ترکیبی..... ۲۷۱

سالن توربین..... ۲۷۲

تاپ دک..... ۲۷۴

عملیات heavy lift..... ۲۷۴

نصب توربین و ژنراتور..... ۲۷۵

نصب سایر تجهیزات سالن توربین..... ۲۷۸

ساخت HRSg..... ۲۸۳

ساخت برج کولینگ..... ۲۸۷

راه اندازی تجهیزات..... ۲۹۱

منابع..... ۲۹۵

مقدمه

امروزه برق به یکی از نیازهای بسیار اساسی بشر تبدیل شده است. به طوری که روزه‌به‌روز با افزایش نیروگاه‌ها مواجه هستیم. ساختن نیروگاه به شکل سیکل ترکیبی روشی است که باعث افزایش تولید و بازدهی نیروگاه می‌شود و هزینه مصرف سوخت و آلودگی هوا را کاهش می‌دهد.



نیروگاه سیکل ترکیبی در واقع ترکیب نیروگاه گازی و نیروگاه بخار است، به این صورت که با استفاده از حرارت بسیار زیادِ خارج شده از اگزوز توربین گازی که به ژنراتور اتصال دارد و خود در حال تولید برق است، بخار تولید می‌شود و با استفاده از این بخار، توربین بخار چرخانده می‌شود و با اتصال آن به ژنراتور، برق تولید می‌شود. بازده نیروگاه در حالت گازی بین ۲۵ تا ۴۰ درصد است؛ درحالی که نیروگاه سیکل ترکیبی بازدهی حدود ۶۰ درصد دارد.



گروه مینا بزرگ‌ترین شرکت سازنده نیروگاه
در ایران است.

از دیگر شرکت‌ها که در زمینه نیروگاهی به صورت حرفه‌ای فعالیت می‌کنند، می‌توان
به شرکت زیمنس آلمان و ژنرال الکتریک ایالت متحده آمریکا اشاره کرد.



SIEMENS

در بعضی از نیروگاه‌های قدیمی مپنا از توربین‌های گازی شرکت ژنرال الکتریک استفاده می‌شود؛ مانند نیروگاه نیشابور و خوی که توربین‌های گازی GE Frame 9 دارند.

در ادامه با اساس کار نیروگاه‌های سیکل ترکیبی گروه مپنا آشنا می‌شوید. ابتدا با بخش گازی و سپس با بخش بخار و تجهیزات و سیستم‌های آن‌ها آشنا می‌شوید و سپس چگونگی ساخت بخش بخار این نیروگاه‌ها را خواهید خواند.

نیروگاه‌های مپنا در حال حاضر نوعی استاندارد ساخت دارد که به آن طرح نیام، نیروگاه استاندارد مپنا، گفته می‌شود. در این طرح هر کدام از تجهیزات در هر نیروگاهی که ساخته شود مانند یکدیگر هستند و در جای مشخصی قرار می‌گیرند.



طرح نیام مپنا

مدیریت شبکه برق

کنترل شبکه برق بر عهده دیسپاچینگ است. فرکانس یکی از معیارهای بسیار مهم کنترلی شبکه به حساب می آید که تغییرات آن نمایانگر تغییر در فرایند تولید و مصرف است و به همین دلیل، از عوامل بسیار مهم در بهره برداری و کنترل وضعیت شبکه محسوب می شود. در بهره برداری شبکه، اطلاعات مربوط به فرکانس شبکه باید به صورت لحظه ای ثبت شود و این یعنی حجم وسیعی از این اطلاعات در محدوده زمانی مشخصی باید ثبت و بررسی شود.



مرکز دیسپاچینگ ملی ایران

تغییرات فرکانس بیش از مقدار نامی آن، علاوه بر وارد آوردن صدمات به تأسیسات شبکه برق رسانی، بر وسایل مشترکان برق نیز اثرات زیانباری خواهد داشت. همچنین، در صورتی که فرکانس شبکه در حد مطلوب و مجاز کنترل نشود، موجب ناپایداری و حتی فروپاشی شبکه خواهد شد. در شبکه سراسری برق ایران طبق دستورالعمل های ثابت بهره برداری، تغییرات مجاز فرکانس شبکه بین $49/7$ تا $50/3$ هرتز است. حداکثر توان قابل تولید در ایران بر اساس ظرفیت مراکز تولید برق، مانند نیروگاه ها در حدود ۹۰ هزار مگاوات است. (سال ۱۴۰۱)

در شبکه‌های قدرت در صورتی که به دلایلی همچون قطع خطوط انتقال یا خروج خودکار واحدهای بزرگ تولیدی، افت ناگهانی فرکانس اتفاق افتد و موجب کاهش فرکانس از حد مشخصی شود، رله‌های قطع بار فعال شده و بخشی از مصرف را قطع می‌کنند تا تعادل بین تولید و مصرف برقرار شود. عملکرد رله‌های اشاره‌شده زمانی اثر بخش خواهد بود که میزان تغییرات کاهشی فرکانس و ولتاژ در حدی باشد که فرصت لازم (حداقل ۲۵۰ میلی ثانیه) را در اختیار رله قرار دهد. در غیر این صورت، رله‌ها عمل نکرده و فرکانس همچنان کاهش می‌یابد تا سرانجام فروپاشی حادث شود.

عکس‌العمل سریع در تصحیح فرکانس و ولتاژ شبکه خصوصاً در زمان وقوع حادثه، یکی از عوامل تعیین کننده است. به‌طور سنتی تصحیح‌کننده‌های فرکانس و به‌طور عمده نیروگاه‌های آبی مجهز به گاورنرهای سریع هستند که می‌توانند کل توان تولیدی خود را در ظرف چند ثانیه به میزان چشمگیری تغییر دهند. تنظیم‌کننده‌های ولتاژ نیز به‌طور عمده ژنراتورهای سنکرون مجهز به سیستم‌هایی AVR هستند که در کسری از ثانیه وارد عمل می‌شوند.

تنظیم فرکانس شبکه می‌تواند در هر نقطه از شبکه صورت پذیرد به شرط آنکه امکان انتقال توان در خطوط، در شبکه وجود داشته باشد. به‌عنوان مثال اگر حادثه‌ای در خراسان باعث کاهش فرکانس شبکه شود، واحدهای آبی در خوزستان می‌توانند برای تصحیح فرکانس وارد عمل شوند؛ اما پاره‌ای از مواقع این امر ممکن است موجب افزایش بار خطوط دز-اندیمشک و علی‌آباد-اسفراین شود و حتی سبب قطع شدن این خطوط شود که در این حالت وضعیت شبکه بسیار آسیب‌پذیر خواهد شد.

بنابراین، به منظور حفظ پایداری و ایمنی شبکه، کنترل فرکانس و ولتاژ باید به گونه‌ای انجام پذیرد که قابلیت انجام عملیات کنترلی چه در منطقه و چه در کل شبکه وجود داشته باشد.

اگر به هر دلیلی میزان مصرف از حداکثر توان قابل تولید بیشتر شود، دیسپاچینگ باید دستور قطع برق در برخی مناطق را صادر کند. مثلاً در بعضی روزهای تابستان که مصرف برق به دلیل کار کردن کولرها افزایش می‌یابد، شاهد این قطعی‌ها هستیم. اگر برق مصرفی کاهش پیدا نکند به توربین فشار وارد می‌شود و توربین تریپ می‌کند. اگر این روند ادامه پیدا کند همه توربین‌های موجود در شبکه برق تریپ کرده و در نهایت شاهد خاموشی سراسری خواهیم بود.

در زمانی که مصرف برق کاهش می‌یابد، دیسپاچینگ به نیروگاه‌ها دستور کاهش توان تولیدی را می‌دهد. معمولاً این کاهش توان در واحدهای گازی اتفاق می‌افتد؛ زیرا می‌توانند توان خود را به راحتی در محدوده‌ای مشخص کاهش دهند.

کنترل توان تولیدی توربین گازی در حالت‌های مختلف انجام می‌شود. توربین می‌تواند در بار پایه به منظور افزایش راندمان یا حالت پیک برای حداکثر توان قابل تولید باشد. توان تولیدی می‌تواند در حالت پری سلکت باشد یعنی اینکه اپراتور میزان آن را تنظیم کند.

همچنین توان تولیدی را می‌توان در حالت ایزوکرونوس یا دروپ تنظیم کرد. در حالت ایزوکرونوس توربین گازی به طور اتوماتیک با توجه به تغییرات فرکانس شبکه برق، به منظور اصلاح دقیق آن، توان تولیدی خود را کم یا زیاد می‌کند. این حالت زمانی مناسب است که فقط این مولد در شبکه به تنهایی فرکانس را اصلاح کند.

حالت دروپ مناسب برای کار موازی چند توربین گازی به منظور اصلاح فرکانس است. همه آنها با هم به طور نسبی فرکانس شبکه را با اعمال تغییرات در توان تولیدی، اصلاح می کنند.

توربین بخار نمی تواند در حالت های ایزو کروئوس یا دروپ باشد؛ زیرا تغییرات توان در آنها باید به آرامی انجام شود. توربین گازی می تواند در این حالت کار کند؛ زیرا می تواند مقدار توان تولیدی خود را سریع تغییر دهد. البته تغییرات توان توربین گازی بر روی بخار تولید شده توسط HRSG اثر مستقیم دارد، یعنی کاهش یا افزایش توان آن باعث کاهش یا افزایش توان تولید شده در توربین بخار می شود.

اگر ارتباط توربین با شبکه قطع شود، بار از روی توربین برداشته شده و سرعت توربین زیاد می شود و در نهایت باعث خساراتی سنگین و نابودی توربین خواهد شد؛ اما در حالت عادی این اتفاق رخ نمی دهد و به محض قطع اتصال ژنراتور با شبکه، توربین تریپ خواهد کرد.

فصل اول:

قسمت گازی

بخش مکانیک

سیستم ورودی هوا (Air Intake)



تصویر (۱-۱) سیستم ورودی هوا

این سیستم وظیفه تأمین هوای خشک و تمیز برای ورودی کمپرسور را بر عهده دارد. هوا از طریق دهانه‌هایی بزرگ و هودمانند وارد می‌شود. در اولین مرحله، توری‌ها ذره‌های درشت هوا را جدا می‌کنند.

بعد از این مرحله، سیستم یخ زدایی یا Anti-Icing قرار دارد. این سیستم در زمانی که هوا سرد است هوای گرم را از آخرین مرحله کمپرسور گرفته و با هوای ورودی ترکیب می‌کند.



تصویر (۱-۲) خروجی کمپرسور



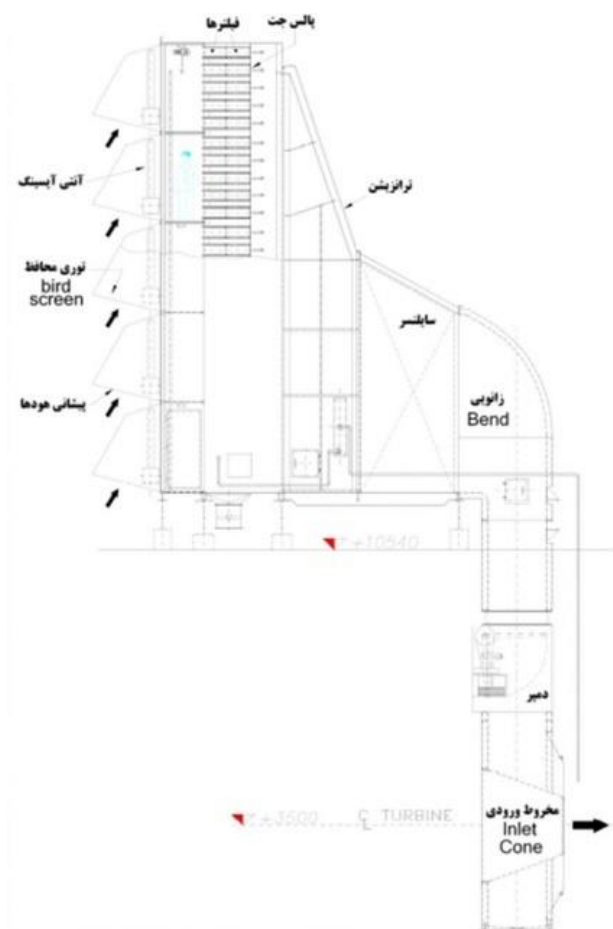
تصویر (۱-۳) بخشی از سیستم آنتی آیسینگ

در مرحله بعد سندرپ و بعد از آن فیلترهای اصلی قرار دارند. بعد از فیلترهای اصلی، به ترتیب قطعه تبدیل، صدا گیر، خم و داکت انتقال هوا به کمپرسور وجود دارند. این

سیستم در ارتفاع بین ۱۰ و ۲۲ متر از سطح زمین قرار دارد. وزن این سیستم حدود ۲۲۰ تن است. فیلترهای کمپرسور از نوع کاغذی هستند و از کاغذ ۵ میکرونی تهیه می‌شوند. در فیلترها سیستمی برای تمیزکاری فیلتر و جدا کردن گرد و غبار هوا تعبیه شده است. این سیستم به این صورت عمل می‌کند که از هوای فشرده شده کمپرسور لوله کشی انجام شده و به وسیله ولوهای که در مسیر تعبیه شده است، هوا را به صورت پالسی در فیلترها هدایت می‌کنند. با این کار، گرد و غبار از فیلترها جدا می‌شود. به عبارت دیگر، وظیفه این سیستم تمیزکاری فیلترها در حین کار واحد است.



تصویر (۴-۱) بخشی از سیستم تمیزکاری فیلترها



تصویر (۱-۵) شماتیک سیستم ورودی هوا

فیلترها به دلیل مقاومتی که در مسیر هوای ورودی به کمپرسور ایجاد می کنند، باعث افت فشار در ورودی کمپرسور و در نتیجه کاهش توان تولیدی و راندمان می شوند.

با افزایش اختلاف فشار طرفین فیلتر هوای کمپرسور، توان تولیدی و راندمان واحد کاهش می یابد. عواملی این افزایش فشار عبارت اند از: ساختار فیلتر، شرایط آب و هوایی، ساختار Air Intake واحد در داشتن یا نداشتن پیش فیلتر و نحوه عملکرد سیستم پالس جت یا سیستم تمیزکننده فیلتر با فشار هوای کمپرسور.

زمان رسیدن به حداکثر مجاز، از چند ماه تا دو سال و در نمونه هایی حتی بیشتر، ممکن است متغیر باشد.

فیلتر نو به صورت طبیعی اختلاف فشار اولیه ای بین ۳۰ تا ۴۵ میلی متر آب دارد. این میزان بستگی به نوع مدیای فیلتر و کارخانه سازنده دارد و طبق مدارک فنی توربین حداکثر اختلاف فشار قابل قبول در این واحدها ۱۴۰ میلی متر آب است. ضمن اینکه سیستم کنترل توربین هم به گونه ای تنظیم شده که اجازه کارکرد واحد بیش از این مقدار داده نمی شود.

سیستم مدیا

در کلیه روش‌های تبخیری، از تبخیر آب که فرآیندی طبیعی است برای خنک کردن استفاده می‌شود.

هنگامی که آب می‌خواهد تغییر فاز دهد و تبخیر شود، از محیط اطرافش گرما می‌گیرد. در سیستم‌های تبخیری، آب لازم برای خنک کردن هوا، به طرق مختلفی در معرض تماس با هوا قرار گرفته و انرژی لازم برای تبخیر را از هوای ورودی کمپرسور می‌گیرد و آن را خنک می‌سازد.

از این سیستم با عنوان مدیا در ورودی فیلتر هوای توربین گازی استفاده می‌شود. این کار باعث افزایش توان تولیدی می‌شود.

این سیستم عموماً از یک سری سلول‌های فایبرگلاس، شبیه لانه زنبور تشکیل می‌شود. با پاشیدن آب روی این سلول‌ها و مرطوب کردن آن‌ها، از روش تبخیر سطحی آب، خنکی ایجاد می‌شود. هرچه سطوح تماس آب و هوا زیادتر شود، تبخیر سطحی سریع‌تر و بیشتر صورت خواهد گرفت. به منظور افزایش سطح تماس آب و هوا انتخاب این سلول‌ها به صورت مارپیچ و لانه‌زنبوری صورت می‌گیرد.

مزایای سیستم مدیا:

- قرار گرفتن در بیرون فیلتر هاوس و تشکیل نشدن قطرات آب؛
- افت نکردن فشار در زمان در مدار نبودن سیستم؛
- استفاده از آب سافت برای هزینه کمتر آب مصرفی؛
- خاصیت پیش فیلتراسیون هوای ورودی و افزایش طول عمر فیلترها؛
- مصرف برق بسیار کمتر در مقایسه با سایر روش‌های خنک کن؛

- نیازنداشتن به توقف واحد برای نصب سیستم.
- معایب سیستم مدیا
- تأثیرپذیری زیاد از شرایط محیطی؛
- کاهش سرعت هوا هنگام عبور از سطوح مدیا؛
- ایجاد اندکی افت فشار در هوای ورودی کمپرسور.

سیستم مدیا باعث می شود که توان تولیدی توربین گاز به اندازه ۱۶/۸۶ مگاوات در شرایط دمایی خاص افزایش یابد و بازده توربین گازی حدود ۰/۹ افزایش یابد و در مجموع شش ماه ۴۱۰۳۰ مگاوات توسط سیستم خنک کن مدیا، افزایش توان داشته باشد. در کنار درآمد حاصل از فروش برق و آمادگی تولید، منبع بالقوه درآمدی دیگر نیز دارد و آن استفاده از ظرفیت بدون استفاده تصفیه خانه ۳۶۰ مترمکعب در شبانه روز، در شش ماه سرد سال و تولید و فروش آب سافت به صنایع مصرف کننده موجود در اطراف نیروگاه است.

از آنجا که تمرکز پروژه حاضر بر تولید برق است، درآمد بالقوه حاصل از فروش آب در محاسبات منظور نشده است. بدیهی است که در صورت تمایل سرمایه گذار به کسب درآمد اضافه از این طریق، نرخ بازگشت سرمایه نسبت به حالتی که درآمد فقط از طریق فروش برق تأمین شود، افزایش خواهد یافت.



تصویر (۱-۶) سیستم مدیا در ورودی هوا

توربین گازی



تصویر (۷-۱) توربین گازی

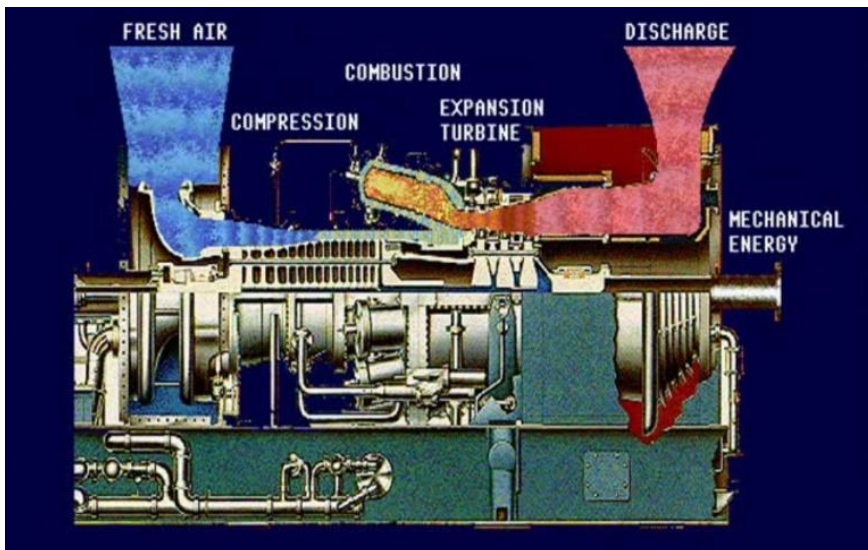
طرز کار توربین گازی به این صورت است که ابتدا هوای تمیز توسط کمپرسور فشرده می‌شود. بعد از آن هوا با فشار بالا وارد اتاق احتراق یا Combustor یا Combustion Chamber می‌شود و در آنجا به آن سوخت گاز یا گازوئیل تزریق می‌شود و می‌سوزد و طی این فرایند سطح انرژی آن افزایش می‌یابد. این گاز وارد توربین انبساطی یا Expansion Turbine می‌شود و توربین را می‌چرخاند. هوای خروجی توربین توسط یک اگزوز به اتمسفر هدایت می‌شود.

شفت توربین به شفت کمپرسور متصل است و توان آن توسط توربین تأمین می‌شود. توان باقی‌مانده در توربین صرف انجام کار می‌شود. در بعضی از مدل‌ها شفت کمپرسور

جدا از شفت بار است؛ به این صورت که قسمتی از توربین، شفت کمپرسور و قسمتی دیگر شفت انجام کار را می چرخاند.



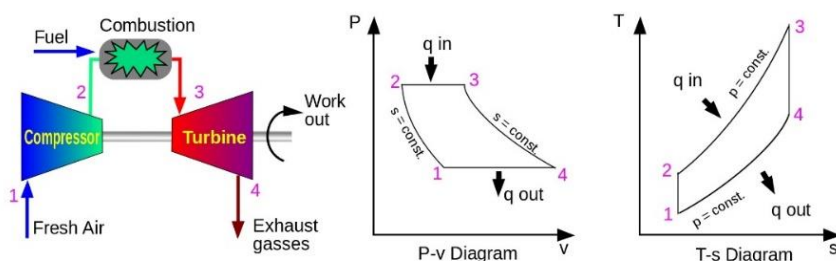
تصویر (۸-۱) توربین گازی



تصویر (۹-۱) نمای کلی توربین گازی

هوای خروجی توربین، حرارت بسیار زیادی دارد که با تبدیل نیروگاه به سیکل ترکیبی می‌توان با استفاده از این حرارت بخار تولید کرد و از این بخار برای به حرکت در آوردن توربین بخار و ژنراتور متصل به آن و در نهایت تولید برق استفاده می‌شود. بازده نیروگاه در حالت گازی بین ۲۵ تا ۴۰ درصد است.

توربین گازی از نظر ترمودینامیکی چرخه برایتون را طی می‌کند. در شکل زیر، نمودار این چرخه را برای توربین گازی مشاهده می‌کنید.



تصویر (۱۰-۱) نمودارهای سیکل برایتون

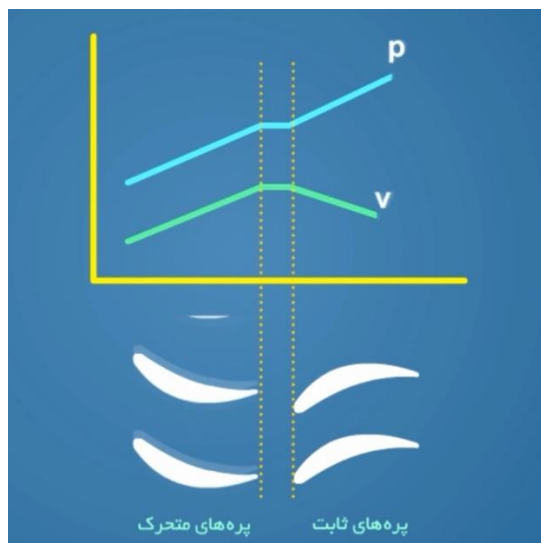
برخی ویژگی‌های توربین گازی عبارت‌اند از: داشتن نسبت عددی بالای قدرت به وزن در مقابل سایر موتورهای احتراق داخلی، نیازنداشتن به آب برخلاف توربین بخار، قابلیت بهره‌برداری بدون حضور نیروی انسانی، کنترل از راه دور، قابلیت راه‌اندازی سریع، نداشتن قطعات با حرکت رفت و برگشتی، کم‌بودن هزینه تعمیر و نگهداری و داشتن عمر طولانی.

کمپرسور

وظیفه کمپرسور تأمین هوای فشرده‌ای است که توربین گازی نیاز دارد. کمپرسور از چندین ردیف از پره‌های ثابت و متحرک تشکیل شده است. به‌ازای هر ردیف پره متحرک یک ردیف پره ثابت وجود دارد که به مجموع آن دو، یک مرحله گفته می‌شود. تعداد مراحل با توجه به مقدار هوا و فشار نهایی متغیر است. در کمپرسورهای امروزی بین ۸ تا ۱۶ مرحله وجود دارد. پره‌های متحرک انرژی لازم خود برای گردش را با اتصالی که به شفت توربین دارند، تأمین می‌کنند.

ویژگی‌های مهم در کارکرد کمپرسور عبارت‌اند از: نسبت تراکم (V_2/V_1)، دبی جریان هوا (Q)، سرعت چرخشی (RPM)، درجه حرارت هوای ورودی (T_1) و فشار هوای ورودی (P_1).

محور توربین-کمپرسور در حفاصل بین این دو، تو خالی است و محور گشتاوری خوانده می‌شود. وظیفه آن علاوه بر انتقال گشتاور بین توربین و کمپرسور، ایجاد ایزوله حرارتی در محور کمپرسور از توربین است؛ چراکه محور توربین دمای بیشتری دارد. شکل خاص پره‌ها و چرخش آن‌ها باعث هدایت هوا به سمت جلو و افزایش سرعت و فشار آن می‌شود. پس از هر ردیف پره متحرک پره‌های ثابت قرار دارند. پره‌های ثابت شکل واگرا دارند و با کاستن از سرعت جریان هوا به فشار آن می‌افزایند و جهت حرکت هوا را در امتداد کمپرسور تصحیح می‌کنند.



تصویر (۱۱-۱) پره‌های ثابت و متحرک و نمودار فشار و سرعت هوا

با افزایش فشار در کمپرسور به پره‌ها و در نتیجه شفت، نیرویی وارد می‌شود که مقدار آن از حاصل ضرب فشار و سطح به‌دست می‌آید. در صورتی که نیروهای وارد بر قسمت‌های مختلف شفت یکسان نباشد، نیروهای تنشی در شفت به وجود خواهد آمد. برای جلوگیری از این موضوع باید با افزایش فشار سطح پره‌ها کوچک‌تر شود. در کمپرسور نیروهای تراست وجود دارند که در ادامه از آن سخن می‌گوییم.

سرج (Surging) در کمپرسور

زمانی که کمپرسور هوا را به‌طرف سیستم می‌فرستد، در بعضی شرایط مثل لحظه استارت و خاموش کردن توربین گازی، ممکن است احتیاج سیستم به حجم هوا کمتر شود و اگر در این شرایط مصرف‌کننده‌ها به اندازه هوای تحویلی کمپرسور مصرف نداشته باشند، باعث افزایش فشار سیستم شده و در نتیجه افزایش فشار مقاومت خروجی کمپرسور زیاد می‌شود. این موضوع باعث کم‌شدن ظرفیت کمپرسور خواهد شد. اگر