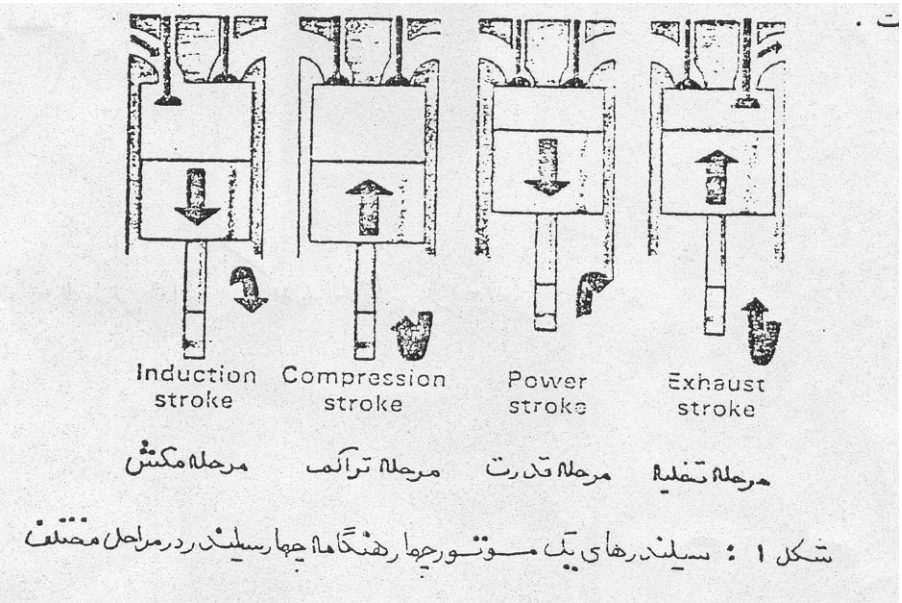
امروزه، توربین های گازی توانسته اند در صنعت برق ،جای شایسته ای را بخود اختصاص دهند.

قبل از آنکه به معرفی توربین گاز بپردازیم،بهتر است توضیح مختصری راجع به موتورهای احتراق داخلی که بخاطر شباهت زیادشان در عملکرد به توربینهای گاز،می توانند در فهم بحث اصلی کمک موثری بکنند و بخاطر ساختمان ساده و استفاده زیادشان در زندگی روزمره همگان به آنها آشنایی نسبی دارند،بدهیم.

بعنوان مثال،یک موتور اتومبیل چهار سیلندر و چهار هنگامه را در نظر می گیریم. اینگونه موتورها دارای چهار سیلندر می باشند که به ترتیب در هر یک از سیلندرها ،مراحل چهارگانه مکش، تراکم،قدرت (احتراق و انبساط) و تخلیه صورت میگیرد.در شکل زیر سیلندرهای یک موتور چهار هنگامه چهار سیلندر در حالی که در مراحل مختلف هستند نشان داده شده است.



شکل ۱ : سیلندرهای یک موتور چهار هنگام چهار سیلندر در مراحل مختلف

اگر یک سیلندر خاص را در نظر بگیریم،ابتدا با استفاده از چرخش میل لنگ (که توسط قدرت انتقالی از طریق سیلندرهای دیگر در مرحله قدرتشان به آن ایجادشده است.)

پیستون در سیلندر مورد نظر پائین رفته،در نتیجه هوا و سوخت از کاربراتور و ازطریق شیر مخصوصی که در این حالت باز است بداخل سیلندر مکیده میشوند.این مرحله مکش نام دارد.در مرحله بعدی پیستون با استفاده از چرخش میل لنگ بالا رفته مخلوط هوا و سوخت را در سیلندر متراکم می کند.در این مرحله شیر ورودی سوخت و هوا بسته است.این مرحله ،تراکم نام دارد.در انتهای

مرحله تراکم ،توسط شمع ، در سیلندر جرقه زده می شود که در نتیجه آن مخلوط سوخت و هوای متراکم،محترق میگردد.احتراق سوخت و هوای متراکم در سیلندر باعث انبساط در سیلندر در نتیجه راندن پیستون به سمت پائین میشود و حرکت پیستون به سمت پائین باعث چرخش میل لنگ میگردد. این مرحله (احتراق وانبساط) مرحله قدرت نامیده میشود، زیرا در این مرحله است که انرژی سوختمصرف شده در سیلندر ، بصورت انرژی مکانیکی (گشتاور) در میل لنگ ظاهر میگردد.در مرحله بعد که مجددا پیستون در سیلندر مورد نظر ما با استفاده ازچرخش میل لنگ بالا می آید،ماحصل احتراق مخلوط سوخت و هوا که انرژی خودرا از دست داده و دیگر قابل استفاده نیست ،از طریق شیری که در این مرحله بازمی شود ، به اگزوز تخلیه می گردد به (مرحله تخلیه) . مرحله بعدی مجددا مرحله مکش است که با پائین آمدن پیستون در سیلندر انجام می گیرد.

البته همانگونه که ملاحظه میشود،در هر لحظه،هریک از سیلندرها در یکی از چهار مرحله هستند و هر سیلندر تنها در یک مرحله از چهار خود ، قدرت به میل لنگتحویل میدهد و این تمامی مراحل در سیلندرهای مختلف است که یک گردش یکنواخت را در میل لنگ سبب می شود.

نکته ای که در اینجا باید به آن اشاره شود و برای بحث آینده ما که توربین گازمی باشد از لحاظ مقایسه و فهم بهتر مطلب موثر است . این است که: اولا:در موتورهای احتراق داخلی ، این انرژی شیمیائی نهفته در سوخت های فسیلی مثل گاز،نفت، بنزین و گازوئیل و ... است که با احتراق هوای فشرده، در نهایت به انرژی مکانیکی (بصورت گردش محور) تبدیل میشود .

ثانیا : سیال عاملی که باعث حرکت پیستون به سمت پائین و در نتیجه گردش میل لنگ میشود ، گاز داغ (مخلوط هوا و سوخت محترق) میباشد.

۲-توربین گاز

توربین گاز از لحاظ مراحل کار و نحوه عملکرد شباهت زیادی با موتورهای احتراق داخلی دارد :

اولا:چهار مرحله مکش،تراکم،احتراق و انبساط (قدرت) و تخلیه در توربین های گاز صورت میگیرد منتهی در موتورهای احتراق داخلی،این مراحل، در هر یک ازسیلندرها ولی بترتیب انجام میشود،در حالیکه در توربین های گاز هر یک از مرحل فوق الذکر در قسمت خاصی از واحد گازی که برای همان منظور در نظر

گرفته شده است،صورت میگیرد.مثلا:تراکم همواره در یک قسمت و احتراق همواره در یک قسمت دیگر در حال انجام است.

ثانیا : در توربین های گاز نیز این انرژی شیمیائی نهفته در سوخت های فسیلی است که نهایتا بصورت انرژی مکانیکی (گشتاور) ظاهر میگردد.

و ثالثا:در توربین های گاز نیز سیال عاملی که باعث چرخش محور میگردد گاز داغ (هوای فشرده محترق)می باشد،و همین وجه تسمیه توربین های گازی می باشد.

مطالب فوق با توضیح اجزا توربین گاز و ترتیب انجام کار در این نوع واحد تولیدانرژی مکانیکی روشنتر خواهد شد.

الف)اجزا اصلی توربین گاز:

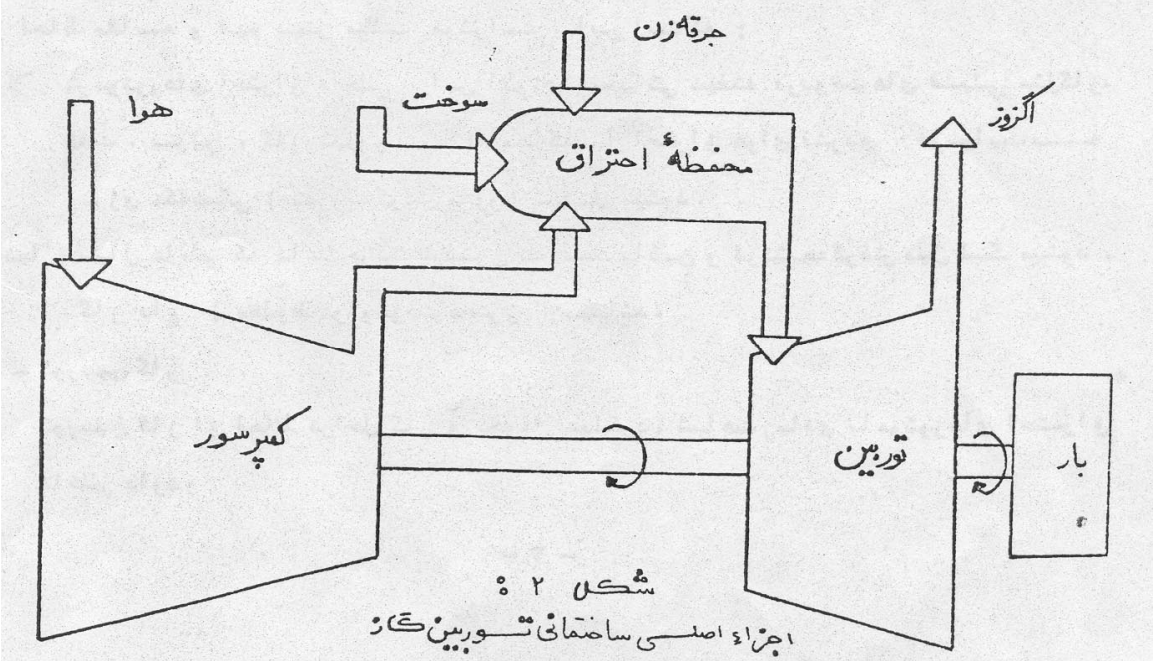
اصلی ترین اجزاء توربین گاز عبارتند از:

۱)کمپرسور

۲)اتاق احتراق

۳)توربین

ترتیب قرار گرفتن اجزاء فوق،در رابطه با یکدیگر در شکل زیر بوضوح پیداست:



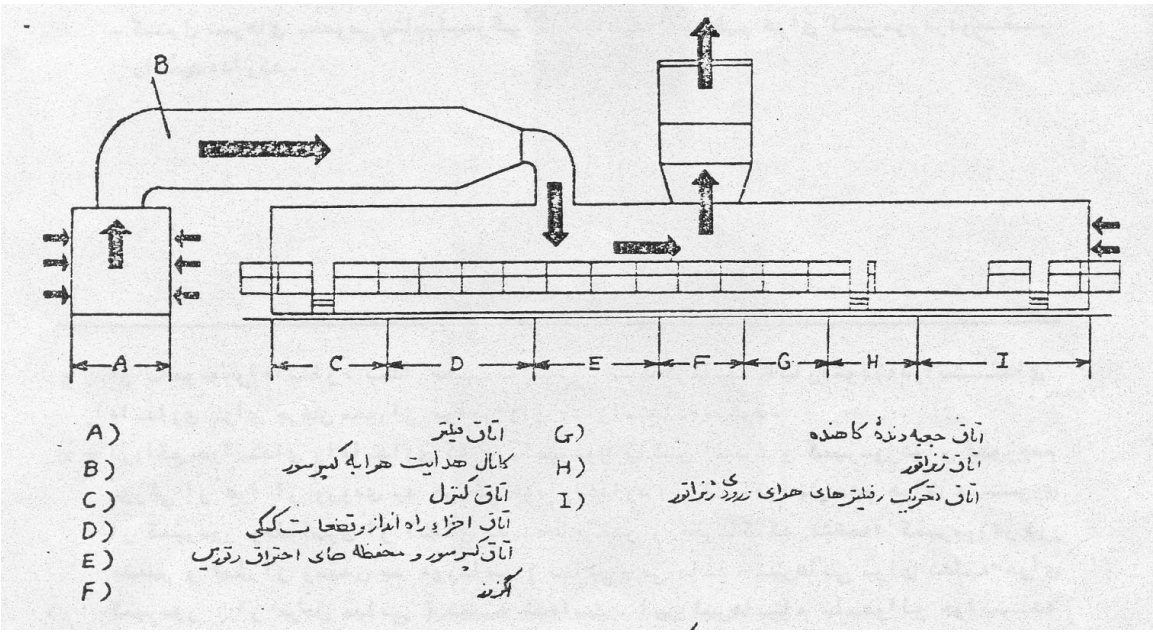
شکل ۲ :
اجزاء اصلی ساختمانی توربین گاز
- ۴ -

از اجزا فوق،کمپرسور همواره وظیفه مکش و متراکم کردن هوا را بعهده دارد .

هوای متراکم به داخل اتاق (یا اتاقهای) احتراق هدایت شده و در اتاق احتراق با پاشیده شدن سوخت و ایجاد جرقه (البته ایجاد جرقه تنها در ابتدای احتراق لازماست و پس از برقراری شعله،بعلت بالا بودن دما در اتاق احتراق،شعله حفظمیگردد)، محترق میگردد.گاز داغ حاصل از احتراق هوای متراکم در اتاقاحتراق،روی پره های توربین هدایت میشود و یا با به گردش درآوردن توربین،انرژی مکانیکی لازم برای چرخاندن بار متصل به توربین را تامین میکند.ما

حصل احتراق،پس از دادن انرژی خود به توربین،از طریق اگزوز به اتمسفر تخلیه میگردد.با مقایسه ترتیب کار در توربین گاز با ترتیب کار در موتورهای احتراقداخلی، مشاهده میشود که توربین های گاز از نظر اساس کار، چیز جدیدی نیستند و تنها از نظر ساختمان و نحوه عمل تفاوتهایی با موتورهای احتراق داخلی پیدا میکنند.

،ساخت آلمان،با قدرت AEG۲۵در شکل۳،نمای کلی جانبی یک نوع توربین گاز،(مگاوات)برای آشنائی با ترتیب قرار گرفتن اجزاء مختلف ،در توربین های گاز نشان داده شده است.



a)کمپرسور:

کمپرسور استفاده شده در توربین های گاز صنعتی (توربینهای گاز که برای تولیدبرق بکار برده میشوند)،معمولا از نوع جریان محوری می باشند،به این معنی که هوا در امتداد محور کمپرسور با رانده شدن بطرف جلو و کم شدن سطح مقطع فشرده میشود.این نوع کمپرسورها میتوانند حجم هوای بسیار زیادی را متراکم کنند.نیروی محرکه کمپرسور در واحد های گازی در ابتدای راه اندازی توسط موتور راه انداز (دیزلی یا الکتریکی) و پس از خود کفا شدن توربین نیروی گشتاوردی خود توربین تامین می شود .(زیرا توربین و کمپرسور هم محور هستند) و حدودا از نیروی گشتاوری توربین صرف گرداندن کمپرسور و تنها آن صرف گردش بار وصل به محور توربین میشود .

علت اصلی استفاده از کمپرسور در توربین های گاز تا مین هوای فشرده برای سیستم احتراق می باشد. لکن یک سری انشعاب های فرعی نیزا ز گرفته میشود که معمولا فشار کمتری از خروجی کمرسور دارند.

موارد استفاده این انشعاب ها عبارتند از :

- کنترل شیرهای بخصوص به نام بلید والو که وظیفه تنظیم هوای کمپرسور دردو

متغیر را بعهده دارند.

- آب بندی یا تاقانها (یاتاقانهای اصلی توربین گاز) و کنترل شیرهای هوایی (شیرهایی که توسط هوای فشرده کنترل می شود .)

- خنک کردن قسمتهای مختلف توربین که در مسیر عبور گاز داغ هستند .

- تمیزه کردن (پودر کردن) سوخت مایع – جهت بهتر مخلوط شدن آن با هوا دراتاق احتراق و در نتیجه احتراق بهتر ...

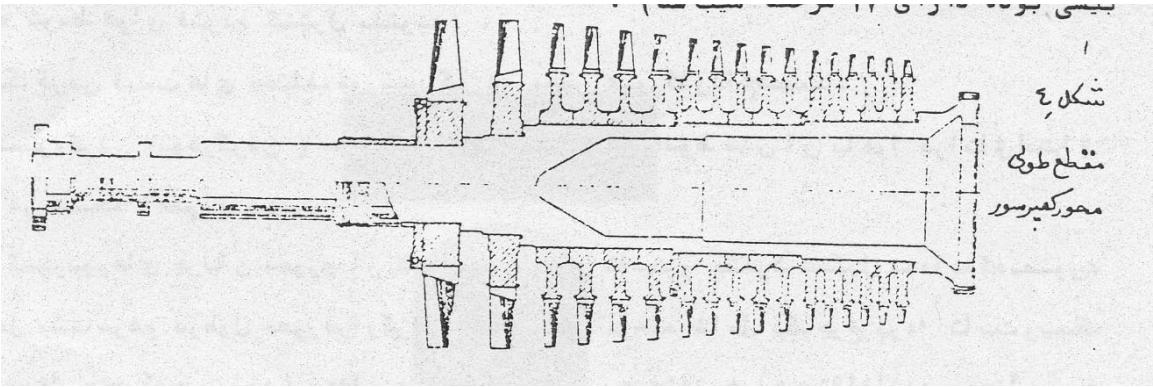
کمپر سورهای جریان محوری از تعدادی پره های ثابت و متحرک تشکیل شده اند که به صورت مراحل پشت سر هم در طول محور قرار دارند . (هر مرحله شامل یک چرخ پرده ثابت و یک چرخ پرده متحرک می باشد) تعداد مراحل به فشارخروجی تقاضا شده و حجم آن به دبی (حجم هوای عبوری در واحد زمان) تقاضا شده بستگی دارد .هوا در مسیر عبور خود از ورودی به خروجی کمپرسور بین پرههای ثابت و متحرک تبادل میشود تا به شرائط مطلوب به خروجی برسد .

کار پره های ثابت دادن زاویه صحیح به هوا و تبدیل سرعت به فشار می باشد درحالی که وظیفه پره های متحرک دادن سرعت به هوا و راندمان آن بطرف جلوی کمپرسور میباشد .

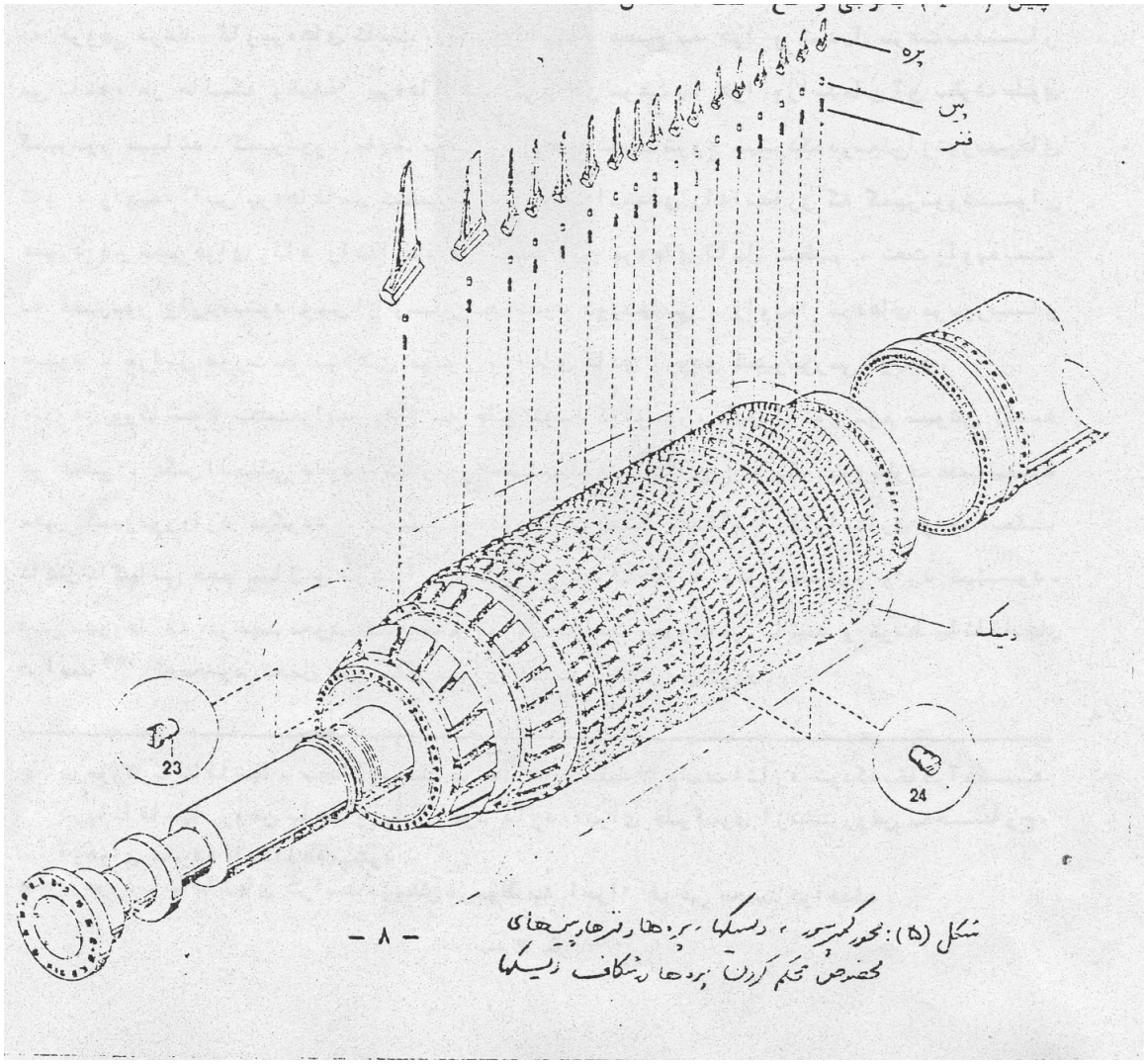
کمپرسور با یک مرحله پره های ثابت شروع میشود که در بعضی از توربین هایگاز زاویه این پره ها قابل تنظیم می باشد و در ابتدای راه اندازی که کمپرسور توان عبور دادن حجم هوای زیادی را ندارد هوا توسط این پره ها قابل تنظیم تحت زاویه به کمپرسور وارد میشود و پس از رسیدن به حدود دور نهایی زاویه پره های مزبور باز می شود . در این صورت به پره ها ی هادی ورودی کمپرسور می گویند .

در دور ثابت به علت راندن هوا به جلو توسط کمپر سور طبق قانون سوم نیو تن (که هر عملی عکس العملی دارد مساوی و مختلف الجهت با آن) یک تیرو بهطرف عقب به محور کمپرسور وارد می شود . این نیرو که در جهت محور هستند بنام نیروی تراست معروف میباشد و توسط یا اتاقانهای تراست (که مخصوص تحمل نیروهای محوری هستند) خنثی می شود .

در شکل ۴ مقطع طولی محور یک کمپرسور جریان محوری با پره های متحرک که روی آن سوار شده اند نشان داده شده است.(کمپرسور مزبور متعلق به واحد۸۵ مگاواتی میتسوبیشی بوده دارای ۱۷مرحله می باشد).



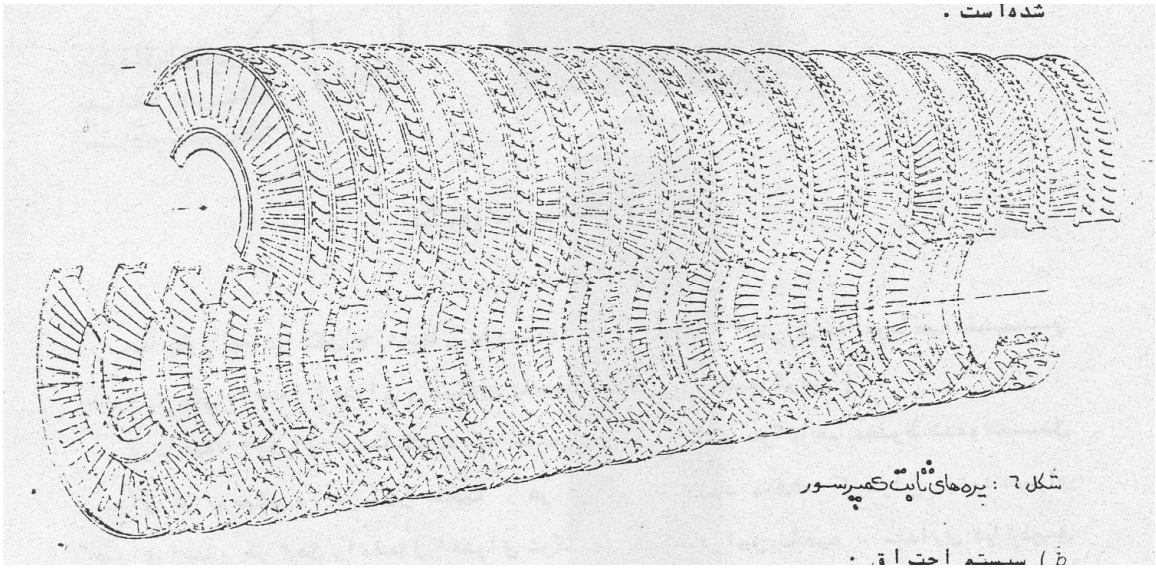
در شکل ۵ نیز محور همان کمپرسور منتهی بدون پره و در حالیکه نحوه جازدن پره های متحرک روی محور در درون شیارهای دیسکها و محکم شدن آنها توسط یک فنر و یک پین بخوبی واضح است نشان داده شده است.



- ۸ -

شکل (۵): محور کمپرسور ، دیسکها ، پره ها و فرهای پیچهای مخصوص تحکم کردن پره ها در شکاف دیسکها

در شکل ۶ پره های پابت کمپرسور مذکور که به صورت نیم چر خهایی هستند نشان داده شده است .



سیستم احتراق :

اجزاء اصلی سیستم احتراق عبارتند از :

۱- محفظه یا محفظه های احتراق (بعضی واحد های گازی یک برخی دو برخی دیگر تعداد بیشتری محفظه احتراق دارند)

۲- نازل سوخت(سوخت پاش)

۳- جرقه زن

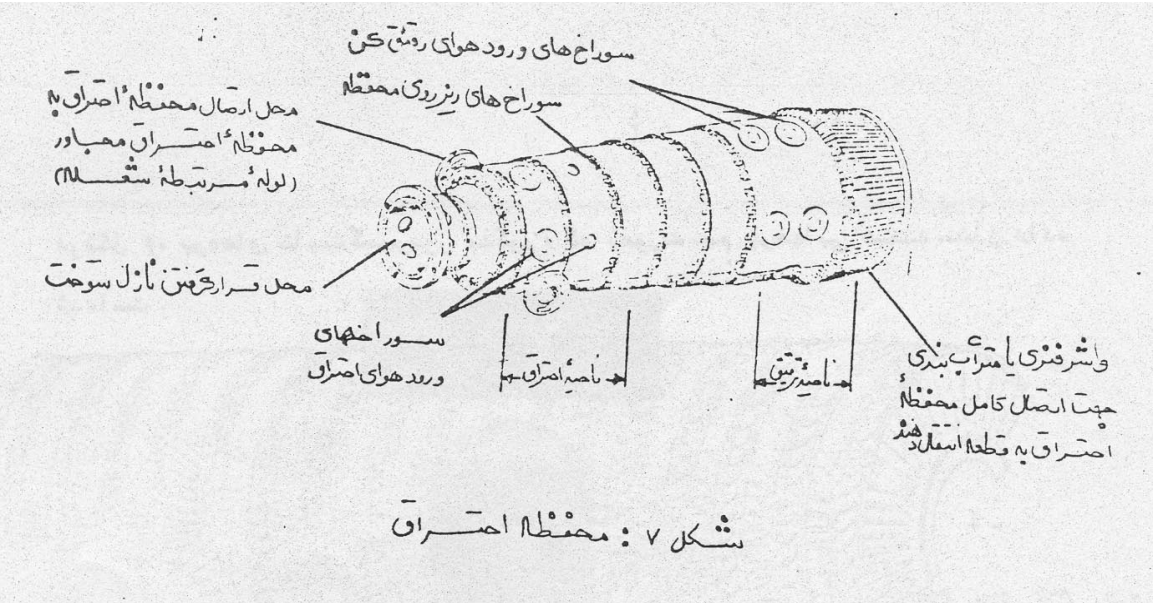
۴- شعله بین

۵- لوله های مرتبطه شعل

۶- قطعه انتقال دهنده گازداغ

۱-محفظه احتراق:

هوا پس از خارج شدن از کمپر سو وارد محفظه یا محفظه های احتراق میگردد. در شکل۷ یک محفظه احترق که متعلق به واحد ۸۵مگا واتی میتسو بیشی (با ۱۸ اتاق احتراق)میباشد نشان داده شده است .



شکل ۷ : محفظه احتراق

همان طور که در شکل ۷ نشان داده شده است محفظه احتراق به دو ناحیه تقسیم می شود : یکی ناحیه احتراق و دیگری ناحیه ترقیق(رقیق کردن) در ناحیه احتراق همانگونه که مشخص است سوخت و هوا با هم مخلوط شده و عمل احتراق صورت می گیرد . در این ناحیه هر هوا یی که وارد محفظه احتراق میشود

هوای احتراق است و در فعل احتراق شرکت می کند . در این ناحیه مقداری هوا از طریق شعله پخش کن که در پشت نازل سوخت قرار دارد وارد محفظه می گردد . (که وظیفه آن ایجاد حالت دورانی و گردابه های احتراق می باشد .که راندمان احتراق را افزایش می دهد به مقداری هوا نیز از طریق سوراخ های ریز دیواره محفظه و همچنین مقداری هوا از طریق سوراخ های درشتی که در این ناحیه قرار گرفته اند وارد محفظه احتراق میگردد.

در ناحیه ترقیق محصو لات احتراق ناحیه اول که همان گازهای داغ می باشند توسط هوای اضافی رقیق تر شده و دمای ان پائین آورده می شود . در اینجا مقداری هوا از طریق سوراخ های ریز دیواره محفظه و مقداری نیز از راه سوراخ های درشت که در این ناحیه قرار دارند وارد محفظه می گردد.

علت لزوم ترقیق هوا بالا بودن دمای گاز حاصل از احتراق است (برای یک تور بین با قدرت (۲۵مگا وات) که هدایت این گاز با دمای بالا روی پره های توربین میتواند باعث صدمه زدن به پره هاو سایر قطعاتی که در معرض گاز داغ قرار دارند بشود. (دمای گازحاصل از احتراق پس از ترقیق در توربینی به قدرت ۲۵ مگاوات بحدود ۹۴۰درجه میرسد.

باید توجه داشت که محفظه احتراق داخل یک محفظه دیگر قرار می گیرد و هوای خروجی کمپر سور در خلاف جهت حرکت گاز حاصل از احتراق(که از طرف نازل به طرف توربین میباشد) وارد فاصله بین محفظه احتراق و محفظه رویی می شود تا اولا " بصو رت عا یقی بین اتاق احتراق و پو سته خارجی عمل کرده و ثا نیا"بدنه محفظه احتراق و قطعه انتقال دهنده گاز داغ را خنک کند و ثا لثا" هوای لازم جهت احتراق و ترقیق را فراهم آورد.

۲- نازل سوخت :

نازل سوخت یا سوخت پاش که وظیفه پاشیدن سوخت در اتاق احتراق را دارد ممکن است مخصوص یک سوخت یا دو سوخت مختلف (دو گانه) طراحی شده باشد . در صورت استفاده از دو سوخت مختنلف به طور همزمان نازل دو گانه قادر است در صد های تعیین شده از دو سوخت را با هم در اتاق احتراق بپاشد . در هم اینجا خوب است اشاره ای هم به اثر نوع سو خت مصرفی واحد گازی روی عمر قطعات وافع در مسیر گاز داغ داشته باشیم . در واقع هر قدر سوخت سنگین تر با شد بعلت اثرخوردگی شیمیایی که روی قطعات مسیر گاز داغ دارد

بیشتر از عمر قطعات می کاهد مثلا" اگر دو واحد مشابه که یکی با سوخت گازوئیل و دیگری با سوخت کار می کنند را در نظر بگیریم عمر قطعات واحد اول قطعات از عمر قطعات واحد دوم کمتر خواهد بود و. اگر واحد سومی را در نظر بگیریم که با سوت مخلوط(گاز و گازو ئیل)کار می کند عمر قطعات آن از هر دو واحد قبلی کمتر خواهد بود .

سوخت مایع (معمولا" گازوئیل) بعلت غلظت بالاتر از گاز برای آنکه بخوبی باهوا در اتاق احتراق مخلوط شود و احتراق خوبی داشته باشیم باید در موقع ورود به نازل فشار بالایی داشته باشد یا اینکه به همراه آن هوای تمیز کننده نیز داشته باشیم تا در پودر کردن سوخت اختلاط خوب آن با هوا و در نتیجه داشتن احتراق خوب کمک کند.

در ضمن معمولا در زمانی که واحد با سوخت گاز کار می کند،ممکن است بمرور زمان بعلت ناخالصیهای موجود در سوخت ذرات حاصل از احتراق دهانه نازل گازوئیل را که تنگ تر است،مسدود کند و در تبدیل از سوخت گاز به گازوئیل دچار اشکال شویم.برای همین منظوردر هنگام استفاده از سوخت گاز تنها معمولا با

عبور گاز از مسیر سوخت گازوئیل در نازل مجرای مربوطه را باز نگه میدارند.به گازی که این مسئولیت را بر عهده دارد گاز جاروب کننده می گویند.

۳-جرقه زن:

وظیفه جرقه زن یا جرقه زنها این است که در زمان مناسب که مربوط میشود به مراحل ترتیبی راه اندازی واحد گازی، (معمولا در حدود ۲۰درصد دورنامی، یعنی زمانی که با عبور هوا با فشار مناسب مسیر گاز داغ از اجرام و مواد قابل احتراق جاروب شده است)،در اتاقهای احتراق جرقه ایجاد کنند تا احتراق آغاز گردد.

ساختمان و طرز کار جرقه زن بسیار شبیه به شمع موتور اتومبیل می باشد (با دادن ولتاژ بالائی "چندین کیلو ولت" بین دو الکترود جرقه زن جرقه ایجاد میشود) معمولا برای اطمینان بالاتر از دو جرقه زن در مجموعه اتاقهای احتراق استفاده میشود.معمولا ساختمان جرقه زنها طوری است که با وجود آمدن شعله و بالا رفتن فشار در داخل اتاق احتراق، الکترودها جرقه زن بیرون رانده میشود تا ازمعرض شعله دور باشد.

۴-شعله بین:

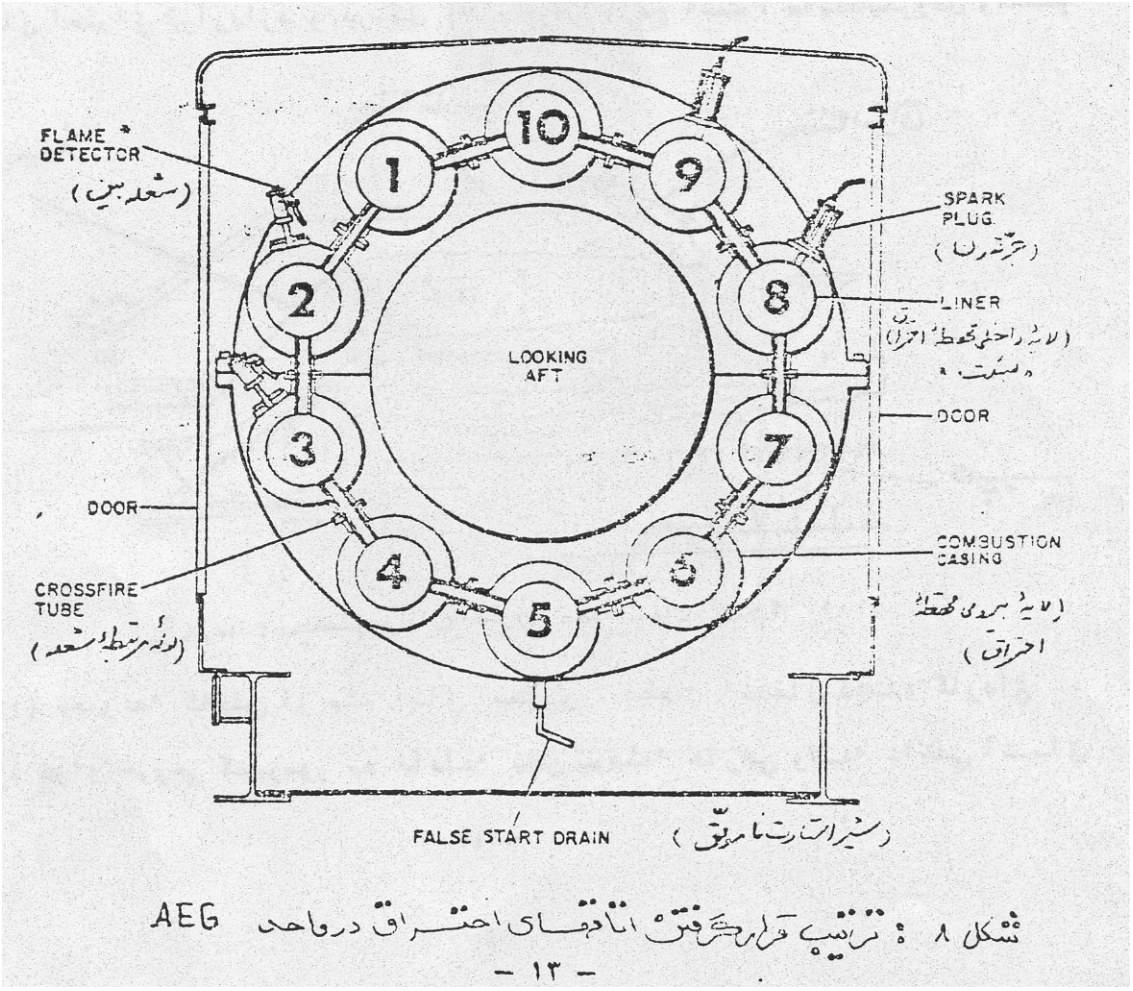
وظیفه شعله بین (که معمولا تعداد آن در مجموعه اتاقهای احتراق دو شعله بین میباشد)، آن است که وجود یا عدم وجود شعله را در اتاق یا اتاقهای احتراق به قسمت کنترل واحد گازی و نیز به اپراتور واحد،گزارش کند.در واقع در هنگام راه اندازی در حدود ۲۰درصد دورنامی که جرقه زده میشود در صورت برقراری اجازه انجام مراحل بعد داده میشود و در غیر این صورت چند بار دیگر عمل جرقه زدن تکرار میگردد و در صورت عدم برقراری شعله واحد گازی بطور اتوماتیک خاموش میگردد، یعنی سوخت قطع میشود (و اصطلاحا واحد تریپ داده میشود) . و در هنگام کار عادی واحد نیز که صورتی که هر دو شعله بین گزارش دهنده که شعله محو شده است، واحد تریپ داده میشود.تریپ واحد در هر دو صورت فوق بخاطر جلوگیری از جمع شدن سوخت در اتاقهای احتراق و وارد شدن آن به مسیر گاز داغ و خطرات ناشی از آتش سوزی میباشد، (در هنگام کار عادی واحد، بعلت داغ بودن قطعات مسیر گاز داغ،در صورتی که سوخت در اتاقهای احتراق جمع شود و وارد توربین گردد،احتمال آتش سوزی بالاست).

۵-لوله های مرتبطه شعله:

وظیفه لوله های مرتبطه شعله که بین اتاقهای احتراق مجاور قرار می گیرد، البته

در واحدهای گازی که از چند اتاق استفاده می کنند انتقال شعله از اتاقهای احتراق که در آنها جرقه زده میشود به اتاقهای احتراق دیگر میباشد.

(۲۵ مگاواتی)دور محورAEGدر شکل زیر ترتیب قرار گرفتن اتاقهای احتراق واحد گازی کمپرسور-توربین و نیز جرقه زنها شعله بینها لوله های مرتبطه شعله، پوسته داخلی و خارجی اتاقهای احتراق و شیر استارت ناموفق (که زیر پائین ترین اتاق احتراق نصب نصب شده و زمانی که در برقراری شعله در اتاقهای احتراق در هنگام راه اندازی واحد توفیق حاصل نمیشود،سوخت جمع شده در اتاقهای احتراق را تخلیه می نماید) نشان داده شده است.

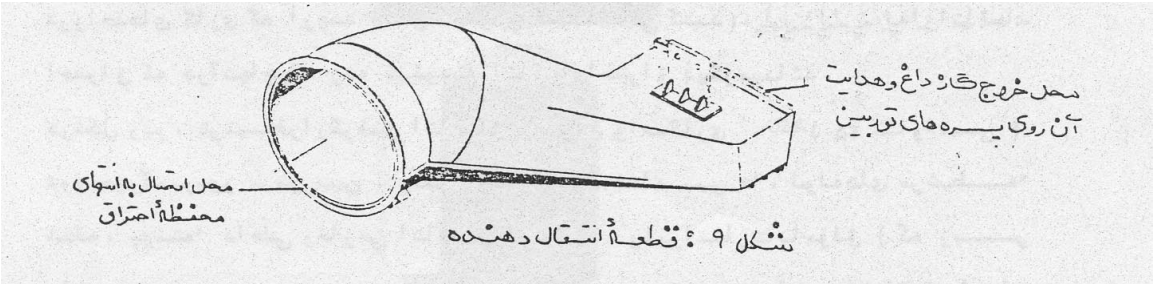


شکل ۸ : ترتیب قرارگرفتن اتاقهای احتراق در واحد AEG

۶-قطعه انتقال دهنده گاز داغ:

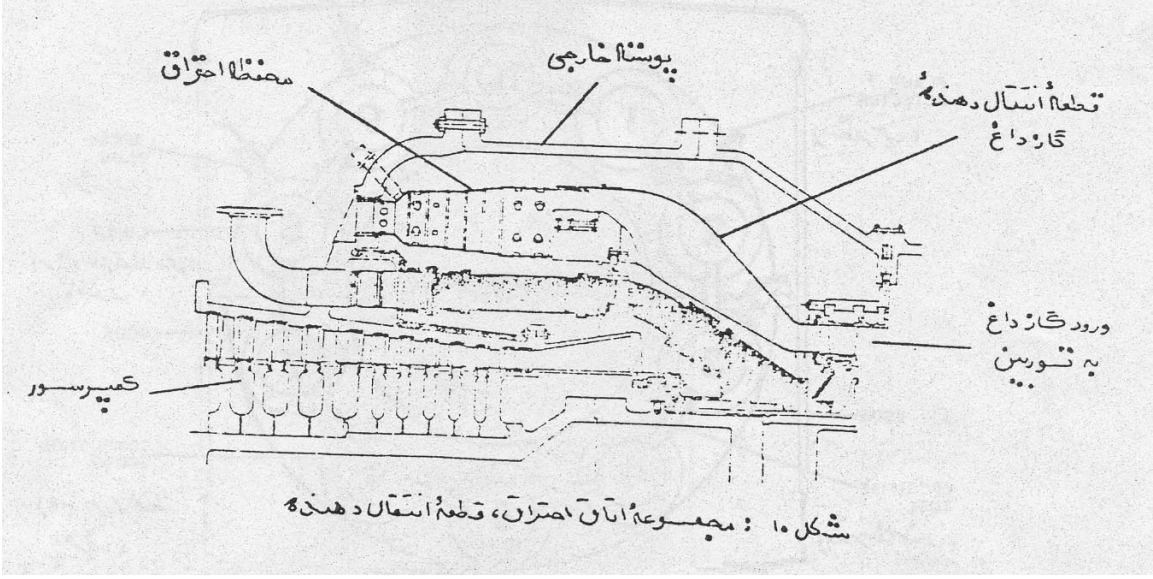
این قطعه به انتهای اتاق احتراق وصل میشود و وظیفه آن هدایت گاز داغ حاصل از احتراق (البته پس از ترفیق) روی پره های توربین میباشد.

در شکل(۹) یک نمونه قطعه انتقال دهنده که مربوط به واحد۸۵ مگاواتی میتسوبیشی می باشد نشان داده شده است.



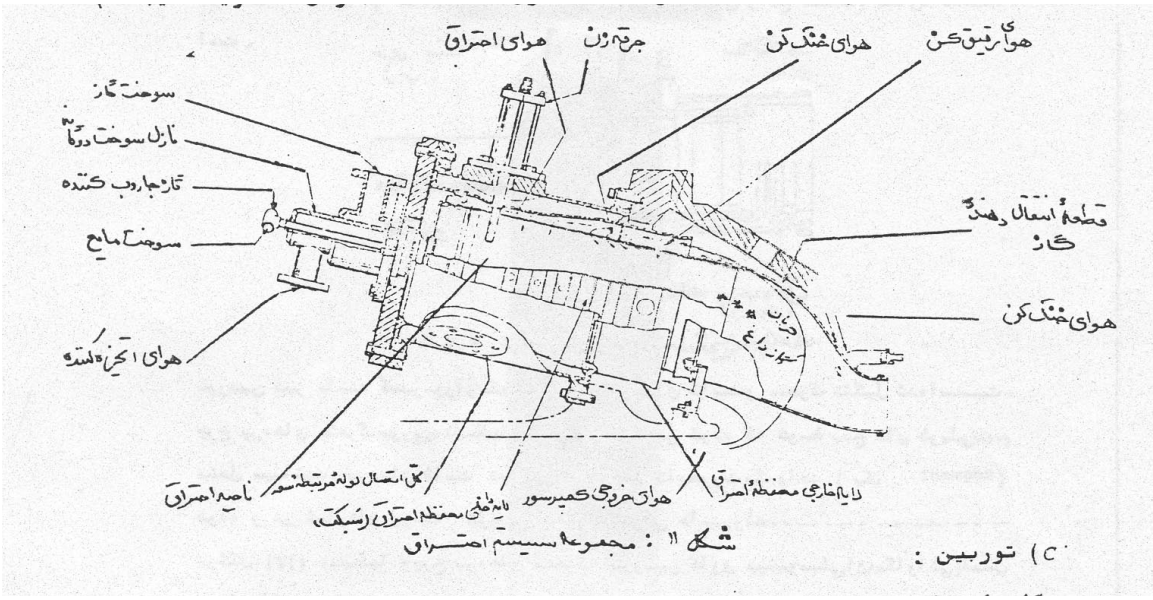
شکل ۹ : قطعه انتقال دهنده

در شکل (۱۰)،مجموعه یک اتاق احتراق و قطعه انتقال دهنده که بهم متصل شده اند و وضعیت نسبی آنها در واحد گازی در رابطه با کمپرسور و توربین نشان داده شده است (شکل مربوط است به واحد ۸۵ مگاواتی میتسوبیشی).قابل ذکر است که اتاق احتراق و قطعه انتقال دهنده به کمک مترهای مخصوصی به نام متر آب بندی که روی انتهای اتاق احتراق قرار دارد و در شکل(۷) بخوبی واضح است،به یکدیگر وصل و محکم میشوند.



شکل ۱۰ : مجموعه اتاق احتراق، قطعه انتقال دهنده

در شکل(۱۱)مجموعه کاملی از یک اتاق احتراق،قطعه انتقال دهنده گاز داغ مسیر ورود هوای خروجی کمپرسور به فاصله بین پوسته خارجی و لایه داخلی اتاق احتراق نواحی احتراق و ترقیق و مسیرهای هوای مربوط به هر ناحیه جرقه زدن نازل سوخت دوگانه و مسیر عبور داغ در داخل اتاق احتراق و قطعه انتقال دهنده بطرف توربین نشان داده شده است.(شکل مربوط به واحدهای گازی جنرال الکتریک میباشد).



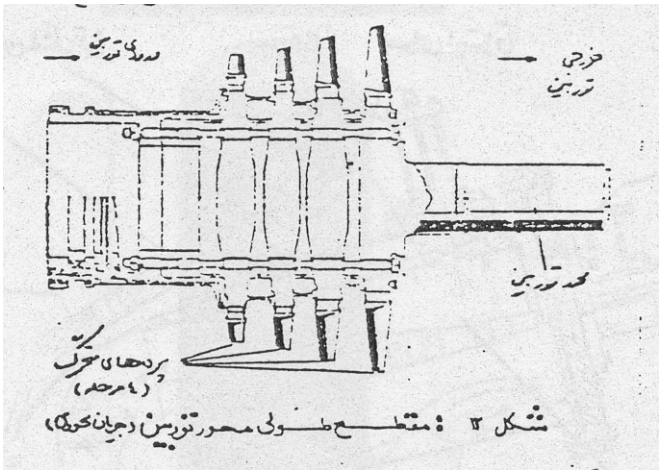
شکل ۱۱ : مجموعه سیستم احتراق

C) توربین:

گازهای داغ حاصل از احتراق پس از عبور از قطعه انتقال دهنده وارد توربین شده انرژی مفید خود را به پره های توربین داده،منبسط میشوند و از فشار و دمایشان کاسته شده سپس از طریق اگزوز به آتمسفر تخلیه میگردند.

گازهای داغ در توربین ابتدا با پره های ثابت برخورد کرده زاویه شان تصحیح شده به سرعتشان افزوده میگردد سپس به پره های متحرک توربین برخورد می کنند انرژی جنبشی خود را به آنها منتقل کرده،در آنها انرژی مکانیکی بصورت نیروی گشتاوری ایجاد می کنند و این امر تا مرحله آخر توربین ادامه دارد.

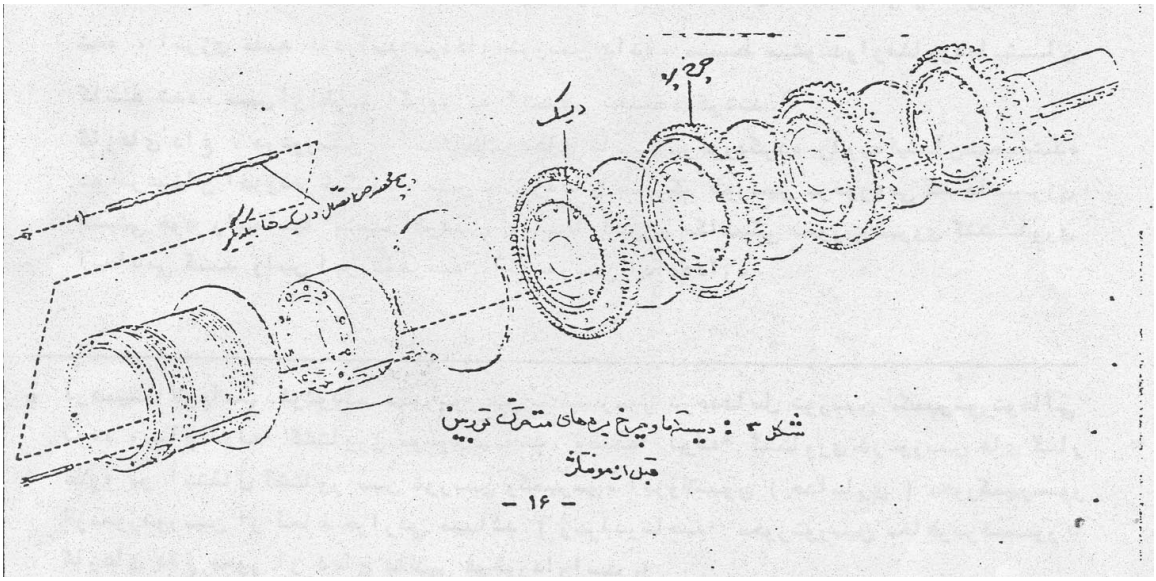
در شکل (۱۲) مقطع طولی محور توربین واحد گازی (۸۵مگاواتی) در حالیکه پره های متحرک و مراحل توربین (۴مرحله) در آن بخوبی واضح هستند نشان داده شده است.



شکل ۳ : مقطع طولی محور توربین (جریان محوری)

توربین نیز مانند کمپرسور از یک سری چرخ پره هی ثابت و متحرک تشکیل شده است.چرخ پره های متحرک بر روی دیسکهای توپری سوار می شوند که توسط پیچ های طویلی بهم متصل میباشند.پره های ثابت توربین هرچند تا بصورت یک واحد بوده و در شیارهای پوسته توربین بصورت کشوئی جا میروند.

در شکل(۱۳) دیسکها و چرخ پره های متحرک توربین گازی میتسوبیشی (۸۵مگاواتی) قبل از اتصال به یکدیگر نشان داده شده اند.در ضمن پره ها هنوز روی چرخها سوار نشده اند.



در توربین نیز،مثل کمپرسور مساله نیروی تراست (نیرو در امتداد محور) مطرح است در توربین بعلت انبساطی که صورت میگیرد (یعنی فشار خروجی پره از فشار ورودی به پره کمتر است).نیرویی در جهت حرکت سیال به پره ها وارد میگردد که همان نیروی تراست توربین است.

مقدار نیروی تراست توربین بستگی به دور توربین دارد و هرقدر دور بالاتر رود،

مقدار نیروی تراست نیز بیشتر میشود ولی جهت آن همواره،همان جهت حرکت سیال است.

اکنون بجاست که نیروی تراست مجموعه توربین،کمپرسور را بررسی کرده جهت آن را دریابیم زیرا توربین و کمپرسور هم محور هستند و مجموع نیروهای تراست آنهاست که روی یاتاقان تراست اثر می کند.

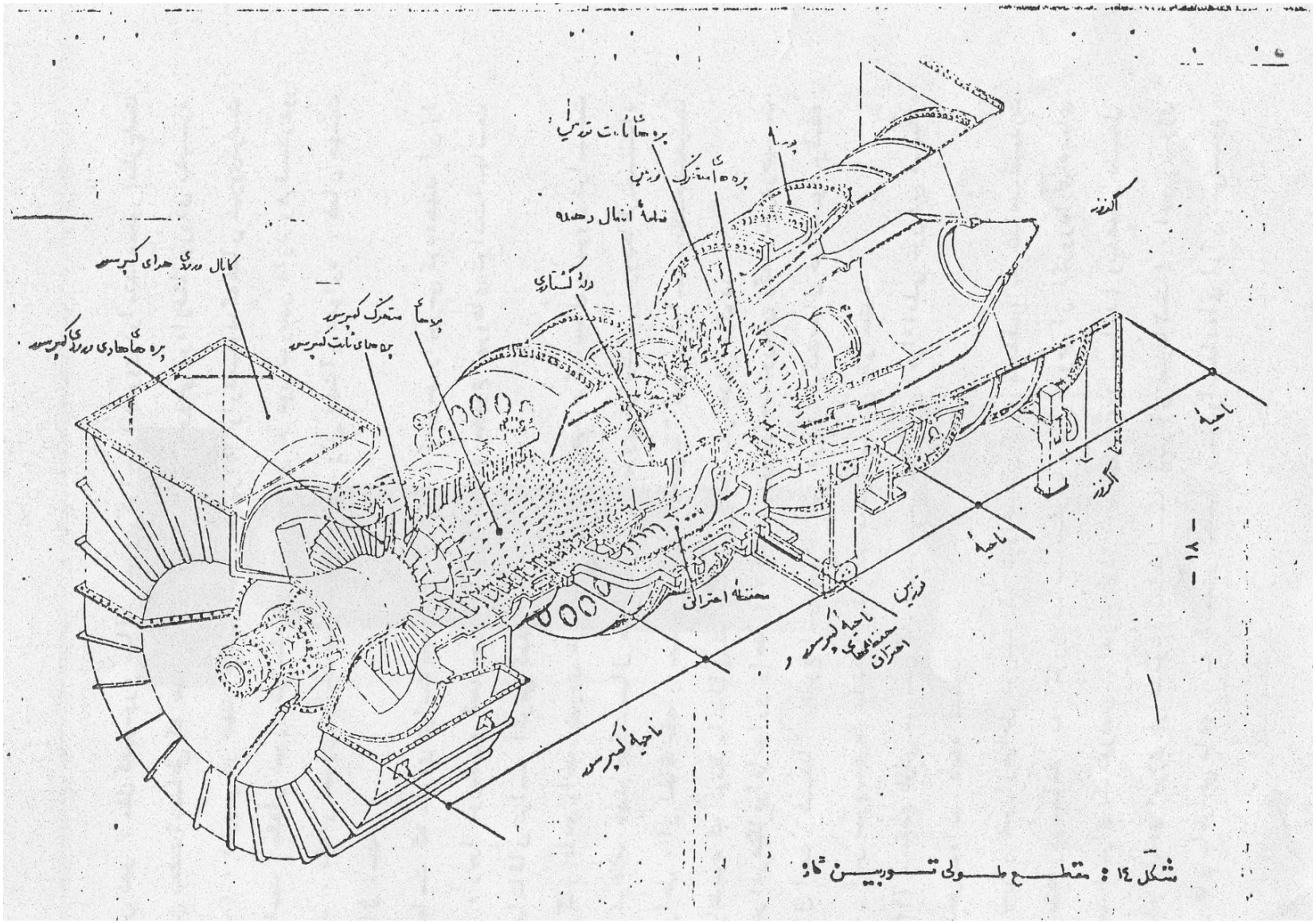
در زمان کار عادی واحد، نیروی تراست توربین در جهت حرکت سیال و نیروی تراست کمپرسور در خلاف جهت حرکت سیال میباشد.ولی نیروی تراست کمپرسور بخاطر تعداد بیشتر مراحل،از لحاظ مقدار بیشتر است لذا مجموعا نیروی تراست در خلاف جهت حرکت سیال خواهد بود که توسط یاتاقان تراست موسوم به بار خنثی میگردد.

در دو متغیر(در هنگام راه اندازی واحد) که نیروی تراست توربین و کمپرسور در جهت حرکت سیال است طبیعتا مجموع این نیروها نیز در جهت حرکت سیال خواهد بود. وظیفه خنثی کردن این نیرو بعهده یاتاقان تراست موسوم به بی بار است.

در شکل(۱۴)مقطع طولی توربین گاز میتسوبیشی که در آن اجزاء اصلی توربین

گاز بخوبی مشخص شده اند،دیده میشود.

گاز داغ پس از عبور از مراحل توربین که در واحدهای گازی مختلف به تناسب قدرت خروجی متفاوت می باشد به اگزوز هدایت میگردد.گاز خروجی از اگزوز دارای دمای بالایی است (برای یک توربین با قدرت ۲۵مگا وات بالای ۵۰۰ میباشد) و به همین دلیل حاوی مقدار زیادی انرژی خواهد بود (بخاطر اینکه دبی آن نیز بالاست) این انرژی در توربین های با طراحی ساده به اتمسفر تخلیه میشود و استفاده ای از آن نمیشود.



شکل ۱۴ : مقطع طولی توربین گاز

اصطلاحا طرح ساده توربین گاز را با شرح فوق سیکل ساده می گویند و بخا طر دفع مقدار زیادی انرژی حرارتی از اگزوز این طرح دارای راندمان پائین میباشد .

ب) اجراء فرعی توربین گاز علاوه بر اجزاء اصلی یک سری اجزاء فرعی نیز در رابطه با توربین گاز استفاده می شود که در زیر به آنها اشاره ای می کنیم :

الف) اجزاء راه اندازی

ب) جعبه دنده ها

ج) کوپلینگ ها

د) کلاچها

ه)یا تا قا نها

ی) اجزاء دیگر

الف) اجزاء راه اندازی : از آنجا که توربین گاز بدوا خود قادر به چرخاندن محور کمپرسورو تراکم هوا و در نتیجه احتراق و ایجاد گشتاور روی محور توربین نیست لذا به یک وسیله راه اندازی جهت ایجاد چرخش اولیه در محور توربین کمپرسور نیاز است تا پس از خود کفا یی خود توربین این وظیفه را بعهده بگیرد.

در اینجا بد نیست به علت شباهت مساله اشاره به موتورهای احتراق داخلی داشته باشیم .

همانگونه که واضح است اینگونه موتورها نیز در ابتدای راه اندازی احتیاج به یک استارتر (موتور استارتر)دارند تا یک چرخش اولیه در محور ایجاد کند و در نتیجه مراحل چهار گانه در سیلندرها آغاز شود و با احتراق در سیلندرها قدرت لازم جهت چرخاندن میل لنگ توسط خود موتور تامین گردد تا سپس موتور استارتر وقتی که دیگر نیازی به آن نیست خاموش گردد .

در توربینهای گازی نیز مسا له به همین صورت مطرح است راه اندازی توربینهای گازتوسط یک موتور دیزل یا یک موتور الکتریکی صورت میگیرد . (در بعضی از واحد های گازی نیز به کمک خود ژنراتور وصل به محور توربین که در این حالت بصورت یک موتور کار می کند و از برق شبکه سراسری استفاده می نماید توربین را راه اندازی می کنند) غیر از موتور راه اندازوسیله ای به نام تورک کنتور (Torgue converter یا مبدل گشتاور نیز در رابطه با راه اندازی توربین گاز استفاده می شود که وظیفه آن این است که به موتور راه اندازی این امکان را بدهد که در حالیکه از طریق تورک کنورتر کلاچ راه انداز به محور توربین کمپرسور

مربوط شده است ابتدا بدون بار راه انداز شده و بمرور که در آن به میزان نامی میرسد گشتاور منتقل گردد یا در واقع بتدریج باروی موتور راه انداز گذاشته شود .

کلاچ راه انداز که در سطور بالا به آن اشاره شد نیز جزیی از اجزاء راه انداز است که وظیفه ارتباط دادن موتور راه انداز و محور توربین کمپرسور را از طریق مبدل گشتاور بعهده دارد و معمولا" ابتدا کلاچ مزبور بسته می شود و سپس موتور استارت میگردد . دیگر از اجزاءراه اندازی راه انداز راچت (و یا ترنینگر) را میتوان نام برد .

راچت یک وسیله هیدرولیکی است که مثل یک توربین وبا فشار روغن کار می کند و تر نینگر یک وسیله الکترومکانیکی است که قدرت خود را از یک موتور می گیرد و به کمک چرخ دنده ای می تواند گشتاورد خود را به محور منتقل کند در واحد های مختلف بر حسب نوع طراحی یکی از دو سیستم فوق طراحی می شود .

وظیفه ای را چت و تر نینگر چر خاندن محور توربین کمپرسور با دورگم قبل از استارت موتور راه انداز و یا به عبارت دیگر قبل ز استارت واحد است و بدین

طریق محور قادر خواهد بود براصطکاک ساکن و اینرسی بالای خود فاقد آمده ماده دور گرفتن بشود.

در ضمن راچت و تر نینگر پس از خوابیدن واحد نیز محور را به مدت ۴۸ تا ۷۲ساعت علت می چرخا نند تا در نتیجه محور که مخصو صا" در ناحیه توربین از حرارت بالایی برخور دار است و بطور همگن سرد شود و از بوجود آمدن خمیدگی در محور جلو گیری گردد.

کار سیستم راه اندازتا موقعی که توربین خود کفا نشده و خود نمی تواند بااستفاده از گاز داغ خروجی اتاقها ی احتراق دور بگیرد ادامه خواهد داشت ومعمولا" در حدود ۶۰٪ دور نامی کلاچ راه انداز بطور اتوماتیک باز شده اجزاء راه انداز از محور جدا می شوند و موتور راه انداز نیز پس از یک پریود کار برای خنکشدن خاموش می گردد.

ب) جعبه دنده ها :معمولا" دو جعبه دنده در آن فراهم کردن امکان استفاده از گشتاور محور برای چرخاندن بارهای مختلف مثل پمپ سو خت مایع پمپ آب خنک کن پمپ اصلی روغن پمپ روغن هیدرولیک و ..... میباشد .

دیگر جعبه دنده موسوم به کاهنده که بین محور توربین – کمپرسورو محور ژنراتور متصل به آن قرار میگیرد (البته در صورتیکه در واحد گازی مورد نظر دور محور های توربین – کمپرسور ژنراتور متفاوت با شد)و کار آن تغییر دور میباشد (معمولا" در توربین های گا ز صنعتی فر کانس خروجی ۵۰ تعداد قطب وژنراتور دو و لذا دور ژنراتور ۳۰۰۰ / ۴۸۰۰ / ۵۱۰۰ /و..... میباشد که برای وصل محور ها ی ژنراتور و توربین کمپرسور به یکدیگر در صورت تفاوت دور حتما"به جعبه دنده نیاز خواهد بود .

چ) کو پلینگ ها :

وظیفه کوپلینگها اتصال قطعات مجزای محور می با شد .کوپلینگ ها شامل کوپلینگ ساده و انعطافی می با شد کوپلینگ ساده همان است که در آن برای اتصال دو قطعه محور از فلانچ و پیچ و مهره استفاده می شود(مثل اتصال در لوله ء قطور به یکدیگر) و کو پلینگ انعطا فی از نوع چرخ دنده ای است به اینصورت که در دو سر یک محور که بعنوان واسطه بین دو محور دیگر جهت انتقال گشتاور بین آنها استفاده می شود دنده های خارجی ایجاد می شو د. روی انتهای دو محور دیگرد و توپی با دنده داخلی تعبیه می گردد و دو سر محور

واسطه درون توپی های سرد و محور دیگر میرود.محورهایی که به این طریق بهم متصل میشوند مقدار زیادی تغییر امتداد نسبت به یکدیگر دارند یعنی علاوه بر انتقال گشتاور از یک محور به محور دیگر توسط کوپلینگ های انعطافی،جبران اختلافات امتدادی و زاویه ای دو محور نیز میشود.

معمولا از این نوع کوپلینگ بین اجزاء راه انداز و محور اصلی و نیز بین محور اصلی و محور ژنراتور میشود.کوپلینگ های انعطافی علاوه بر وظایف ذکر شده دربالا بعنوان فیوز محور نیز عمل می کنند بدین معنی که کوپلینگ طوری طراحی میشود که در اثر گشتاورهای بیش از اندازه می برد و از این نظر ضعیف ترین نقطه محور می باشد در بعضی واحدها یک قسمت از محور را ضعیف تر و قسمتهای دیگر میسازد تا در صورتیکه به خاطر اختلاف گشتاور بین دو سر محور خواست صدمه ای به محور وارد شود،محور از این نقطه ببرد که به آسانی و با خرج کم قابل ترمیم است.

د)کلاچ ها:

علاوه بر کلاچ راه انداز که ذکر آن گذشت یک کلاچ دیگر در بعضی از واحدهای محل این کلاچ بین محور توربینSSS-clutchگازی استفاده شده است بنام:

-کمپرسور و محور ژنراتور می باشد.

در واحدهایی که به این نوع کلاچ مجهزند امکان جدا کردن محورهای توربین- کمپرسور و ژنراتور بصورت یک موتور با تغذیه از شبکه وجود دارد حسن این امر در این است که بدین ترتیب می توان ولتاژ شبکه را کنترل و تثبیت نمود.

مثل یک پیچ و مهره معمولی است. همگان این تجربه Sssطرز کار کلاچ- ساده را دارند که با پیچاندن پیچ در مهره در یک جهت خاص پیچ در مهره میرود و محکم میشود ولی با چرخاندن پیچ در جهت عکس پیچ از مهره در می آید و آزاد میشود.

این کلاچ یز با ساختمانی تقریبا مشابه پیچ و مهره معمولی (منتها با پیچیدگی های خاص طراحی) بر اساس اینکه محور اصلی (توربین- کمپرسور) از محور ژنراتور سریعتر بگردد (منظور از اختلاف دوربین دو محور اختلاف دوری غیر از اختلاف دور ذاتی آنها مثلا۳۰۰۰دور در مقابل۵۱۰۰دور می باشد) و به آن گشتاور منتقل کند یا اینکه محور ژنراتور از محور اصلی سریعتر بگردد و بخواهد آنرا با خود بکشد ، بترتیب بسته یا باز میشود می بینیم که در ابتدای راه اندازی که گشتاور از محور توربین- کمپرسور به محور ژنراتور منتقل میشور کلاچ مزبور بسته و در هنگام از کاراندازی که بعلت برداشته شدن قدرت از روی محور توربین دور آن زودتر از دور

محور ژنراتور می افتد، کلاچ مزبور باز میشود.برای درآوردن ژنراتور بصورت یکموتور با تغذیه از شبکه که به کنداسور کردن معروف است با انتخاب این حالت توربین خاموش میشود و دور آن می افتد ولی ژنراتنورها که همچنان به شبکه وصل است مثل یک موتور با همان دور قبلی (دور نامی) به چرخش خود ادامه میدهد با احساس اختلاف دور کلاچ باز میشود از آن پس دور محور ژنراتور اصلیکاملا مستقل از یکدیگر میشوند.

ه)یاتاقانها:

یاتاقانها بطور کلی به دو دسته تقسیم میشوند:دسته اول یاتاقانهای لغزشی ودسته دوم یاتاقانهای غلتشی (یا بال برینگی) عملا استفاده از یاتاقانهای غلتشی برای محور توربین های گاز(و کلا محورهای سنگین) بخاطر وزن زیاد محور میسر نیست و در این موارد از یاتاقانهای لغزشی استفاده میشود.

در حین کار واحد در دو نوع نیرو از سوی محور به یاتاقانها منتقل میشود.از این دو نوع نیرو یکی در جهت عمود بر محور (نیروی شعاعی) عمدتا بخاطر وزن محور و نیروی گریز از مرکز و دیگری در جهت امتداد محور (نیروی محوری) بخاطر نیروی تراست که قبلا درباره آن مختصری توضیح داده شده است،می باشد.

یاتاقانهای لغزشی برحسب اینکه کدامیک از این دو نیرو را حمل می کنند به دو دسته تقسیم میشوند:

۱-یاتاقان ژورنال:نیروی شعاعی را تحمل می کند.

۲-یاتاقان تراست یا کف گرد:نیروی محوری را تحمل می کند.

در زمان کار عادئی توربین یک نیروی محوری در خلاف جهت جریان سیال عامل(گاز داغ) وجود دارد حال آنکه در مراحل راه اندازی از کار اندازی توربین و نیز درزمان کاهش سریع بار امکان وجود یک نیروی محوری در جهت سیال وجود دارد.از این رو یاتاقانهای تراست را به دو نوع تقسیم میشوند.

۱-۲)یاتاقان تراست با بار:که نیروی محوری را در زمان کار عادی واحد (در زمانی که توربین در دورنامی است و باری ثابت را می چرخاند) تحمل می کند.

۲-۲)یاتاقان تراست بی بار:که نیروی محوری را در زمان راه اندازی یا از کار اندازی واحد تحمل می نماید. یاتاقان تراست با بار بعلت تحمل نیروی بیشتر از یاتاقان تراست بی بار بعلت بزرگتر بودن نیروی تراست در هنگام کار عادی از نیروی تراست در حالت دور متغیر راه اندازی و از کار اندازی از لحاظ ابعاد بزرگتر بوده حجم روغن بیشتری را نیز جهت روغنکاری بخود اختصاص می دهد.

نقش روغن در یاتاقانها و بقیه اجزاء توربین گاز بعدا توضیح داده خواهد شد.

ی) اجزاء دیگر:غیر از اجزاء ذکر شده در بالا اجزاء دیگری نیز در رابطه با توربین گاز بکار رفته اند که مختصرا اشاره میشود.

ا-ی)در قسمتهایی که هوا به داخل واحد مکیده میشود مثل مجرای ورودی هوای کمپرسور و هوای خنک کن ژنراتور برای جذب گرد و غبار و کثافت هوا از فیلتر استفاده شده است.با توجه به اینکه حجم هوای لازم در کمپرسور بالاست اتاق فیلتر مربوطه حجم بزرگی از کل واحد را بخود اختصاص میدهد.

۲-ی)در قسمتهایی که هوا با سرعت به خارج فرستاده میشود،مثل مجرای اگزوز و مجرای خروجی هوای ژنراتور و همچنین در مجراهای ورودی هوای کمپرسور و ژنراتور ساختمان مخصوصی برای کاهش صدای حاصل از برخورد هوا با بدنه مجراهای عبوری در نظر گرفت شده است که بنام سایلنسر معروف می باشد.

۳-ی)پمپ ها،جهت پمپ کردن سوخت،روغن و ...

۴-ی)فن ها،جهت سرعت دادن به هوا و تهویه واحدو خنک کردن بعضی قسمتها

۵-ی)کولرها، جهت خنک کردن بعضی قسمتها مثلا کولر روغن جهت خنک کردن روغن بکمک آب.

۶-ی)هیترها،جهت گرم نگاه داشتن بعضی قسمتها مثل روغن،سوخت و ... و نیز محوطه داخلی خود واحد برای جلوگیری از تقطیر بخار آب موجود در هوا و نشستن قطره های آب روی اجزاء واحد و ایجاد خودگی.

۷-ی)حس کننده های سرعت،برای اندازه گیری سرعت محور و اطلاع آن به دو قسمت کنترل.

۸-ی)حس کننده های لرزشی:برای اندازه گیری لرزش محور و اطلاع آن به قسمت کنترل

۹-ی)کلیدهای دمائی و فشاری، که کنتاکتهایی را در دما یا فشار تنظیم شده می بینند یا باز می کنند.

۱۰-ی)ترمومترها و ترموستات ها،برای اندازه گیری و تنظیم دما

۱۱-ی)شیرهای مختلف (شیرهای فشار شکن،شیرهای کنترل،شیرهای سوولنوئیدی و ...)

۱۲-ی)وسائل اندازه گیری مختلف برای اندازه گیری فشار سیالها ،مقدار جریان (دبی) سیالها، سطح سیالها در منابع و ...

در شکل (۱۵) ترتیب قرار گرفتن اجزاء فرعی مهم واحد گازی (۲۵ مگاواتی) در

طول محور نشان داده شده است.لازم به تذکر است که ممکن است در نوع اجزاء بکار رفته و ترتیب قرار گرفتن اجزاء در واحدهای دیگر تفاوتهائی مشاهده گردد.

ج)سیستمهای فرعی توربین گاز:

الف:سیستم روغن کاری:

اولا در ماشینی که از اجزاء و قطعات متحرک تشکیل شده باشد برای برطرف کردن اصطکاک بین قسمتهائی که نسبت به هم حرکت دارند و خنک کردن آن قسمتها از روغن استفاده میشود و سیستمی که وظیفه روغن کاری را بعهده میگیرد بنام سیستم روغن کاری خوانده میشود.پس وظیفه سیستم روغن کاری تاسیس روغن با فشار کافی جهت آسان کردن حرکت اجزاء متحرک در مقابل یکدیگر و نیز خنک کردن آنها می باشد. نقاطی که معمولا در توربین ها گاز،روغن کاری می شود،عبارتند از:

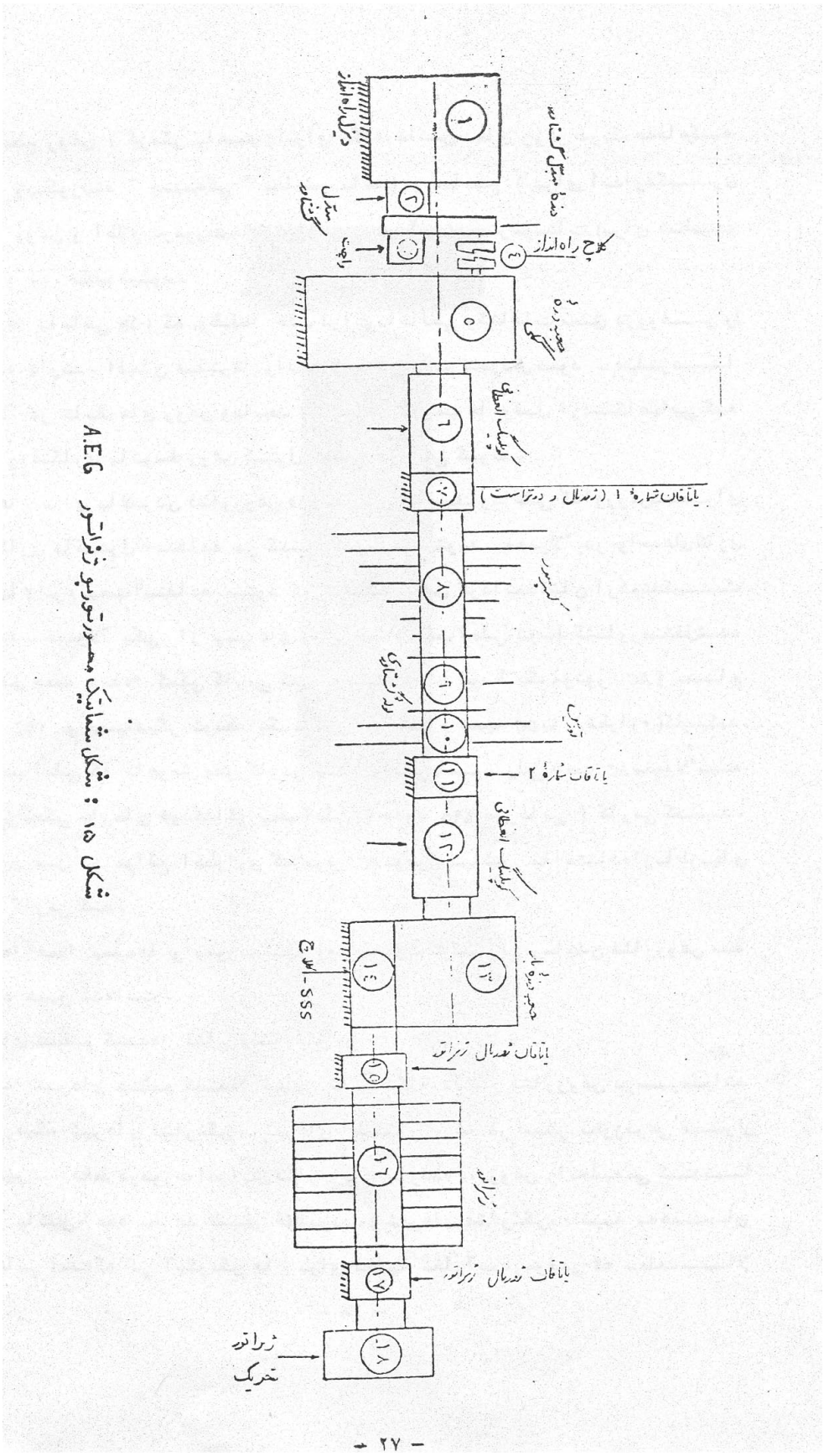
۱-یاتاقان های ژورنال وتراست.

۲-جعبه دنده ها

۳-کوپلینگ های انعطافی سیستم روغن کاری ، برای اینکه بتواند وظیفه خود را بدرستی انجام دهد از یک سری وسایل و تجهیزات بهره می گیرد که عبارتند از:

۱-تانک روغن (یک تانکسیا بیشتر)، که برای ذخیره روغن استفاده میشود روغن از آن توسط پمپ مکیده شده بداخل لوله های انتقال روغن رانده میشود تا برای روغن کاری نقاط مختلف برود.در ضمن برگشت تمام مسیرهای روغن، پس از روغن کاری نقاط مورد نظر نیز بداخل تانک روغن می باشد.

معمولا روی تانک روغن وسایل مختلف اندازه گیری و حفاظتی و کنترل مثل:سطح سنج (برای اندازه گیری سطح روغن در تانک و اطلاع در صورت بالا و یا پائین بودن سطح روغن گرمکن یا هیتر (برای نگاه داشتن دمای روغن در یک حد خاص که از نظر ویسکوزیت "چسبندگی" مناسب باشد) ،دماسنج (برای اندازه گیری دمای روغن و اطلاع در صورت بالا یا پائین بودن تنظیم دما) ونصب میشود.



شکل ۱۵ : شکل شماتیک موتور توربو ترانسفورماتور A.E.G

۲-فیلترها یا صافی ها،که وظیفه جذب ذرات ناخالصی و کثافات معلق در روغن را برعهده دارند المان فیلترها را بعد از مدتی باید عوض کرد فیلترها معمولا در تانک های روغن و یا بعد از شیرها یا پمپ ها و قبل از دستگاههایی که باید روغن کاری یا توسط روغن کنترل شوند،قرار می گیرند.

۳-پمپ ها:برای بالا بردن فشار روغن و راندن آن بسمت وسائلی که از روغن برای روغن کاری یا کنترل استفاده می کنند بکار برده میشوند.معمولا در واحدهای گازی از ۲یا۳ نوع پمپ استفاده میشود که بوسیله عامل گرداننده شان از هم تفکیک میشوند. معمولا یکی از پمپ های روغن بنام پمپ اصلی توسط گشتاور منتقل شده از طریق جعبه دنده کمکی کار می کند.پمپ دیگر توسط بنام پمپ اضطراری کار میکند.DC) و پمپ دیگر توسط یک موتور Acیک (بنام پمپ کار پمپ اصلی که با چرخش محور کار میکند دائمی است ولی پمپ معمولا به عنوان کمکی تا زمان خودکفائی پمپ اصلی (حدود ۹۵درصد دورنامی) کار می کند.

موتورپمپ موجود نباشد با استفاده از باطری Ac موتور نیز در مواقع اضطراری که واحد کار می کند.

وظیفه همه پمپ ها و بصورت تنها و چه بصورت ترکیبی رساندن فشار روغن به یک حد تعیین شده است

۴-شیرهای تنظیم کننده فشار و فشار شکن:

وظیفه شیرهای تنظیم کننده فشار ثابت نگاه داشتن فشار روغن در مسیر می باشد در صورتیکه شیرهای فشار شکن یا شیرهای اطمینان که در مسیر بطور فرعی قرار می گیرند فقط در صورت افزایش فشار از حدی باز شده و روغن را تخلیه می کنند تا فشار پائین آمده به حد طبیعی خود برسد.(شیرهای فشارشکن شبیه به شیرهایی هستند در آبگرمکن ها برای تخلیه بخار آب در موقعی که بعلت بالا رفتن زیاد دما فشار بخار جمع شده در بالای منبع بیش از حد زیاد میشود بکار میرود.

معمولا از این شیرها در خروجی پمپها و قبل از صافی ها بعد از آنها استفاده میشود.

۵-کلید فشاری و دمایی:

این کلیدها وظیفه کنترل و حفاظت را بعهده دارند و در صورت تجاوز فشار دمای روغن از حدود تعیین شده بالا و پائین می توانند با باز یا بسته شدن

کنتاکتهایشان وضعیت غیر عادی را اطلاع داده و در صورت بحرانی شدن وضع واحد را از کار باندازند.(تریپ)

۶-شیرهای تنظیم حرارت:

این شیرها بیشتر مسیر کولر و در رابطه با تبادل حرارت استفاده میشوند و فرمان خود را از طی حس کننده می گیرند و می توانند بر اساس اطلاعات دریافتی از سنسور میزان دبی سیال خنک کن را تغییر دهند تا دما در نقطه اندازه گیری به حد نرمال برسد.

۷-گیج ها (وسایل اندازه گیری و نشان دهنده):

در رابطه با سیستم روغن کاری واحدهای گازی، یک سری گیج های مختلف برای فشار،دما و... بکار رفته است که اپراتور واحد با استفاده از آنها به شرائط کار واحد پی می برد.

۸-مبدل حرارتی یا کولر روغن:

در توربین های گاز بعلت آنکه روغن در نقاط روغن کاری گرمای قسمتهای متحرک را جذب می کند ، نیاز است که توسط سیستمی روغن را خنک نموده و

مجددا به سیکل باز گرداند این کار توسط کولر روغن که توسط تبادل دما با هوا یا آب روغن را خنک می کند صورت می گیرد.

در پایان توضیح سیستم روغنکاری،لازم به توضیح است که در توربین های گاز علاوه بر روغن کاری با استفاده از خاصیت هیدرولیک روغن معمولا وظیفه کنترل و حفاظت را نیز توسط روغن انجام میدهند.(بعنوان مثال باز و بسته کردن شیرهای کنترل و شیرهای قطع و وصل سوخت را توسط روغن کنترل و هیدرولیک انجام میدهند).

ب)سیستم آب خنک:

وظیفه سیستم آب خنک کن خنک کردن روغن در واحدهای گازی است که در آنها روغن توسط آب خنک میشود.این سیستم از یک سری وسایل و تجهیزات از قبیل:

۱-تانک آب

۲-پمپ آب (اصلی و اضطراری)

۳-صافی

۴-رادیاتورهای خنک کن آب و فن های مربوطه

۵-کولر روغن (که آب از طریق تبادل حرارتی در این کولر روغن را خنک می کند.) تشکیل شده است.در واحدهایی که برای راه اندازی از دیزل استفاده می کنند،ممکن است اززسیستم آب خنک انشعابی هم جهت تامین آب خنک کن مورد نیاز دیزل استفاده شود (جهت خنک کردن پوسته دیزل و روغن مصرفی آن) در بعضی واحدهای گازی نیز به جای آب از هوا جهت خنک کردن روغن استفاده می شود . که در این صورت توسط رادیاتور ها و فن هایی روغن را در معرض وزش باد بادهای محیط قرار می دهد تا خنک شود .

گازی: سیستم سوخت توربین های C

وظیفه سیستم سوخت به طور کلی تامین سوخت مورد نیاز اتاقهای احتراق بمیزان فرمان داده شده می باشد . در واقع میزان سوخت ورودی به اتاق های احتراق تعیین کننده گشتاورد به محور توربین و در نتیجه دور و قدرت خروجی واحد گازی است و لذا با کنترل سوخت میتواند دور و قدرت خروجی واحد گازی نمود و در همین جاست که سیستم سوخت با سیستم کنترل واحد ارتباط پیدا می کند .

در توربین های گاز در صورتی که از هر دو نوع سوخت گاز و گازوئیل استفاده شود

برای هر نوع سوخت یک سیستم مستقل وسائل و تجهیزات مربوط بکار میرود سوخت گازوئیل معمولا" توسط منابع بزرگ که در نیروگاه گازی نصب می شود و توسط خط لوله با تانکر های سوخت تغذیه می شود) تامین میگردد.

در سر راه سوخت گازوئیلی از منابع تا اتاقهای احتراق یک سری وسائل و تجهیزات از قبیل : پمپ، هیتر، (برای جلو گیری از غلیظ و احیاننا" منجمد شدن سوخت در فصل سرما)، صا فی (برای گرفتن ذرات نا خالصی و کثافات) ،کنتور ، شیر، قطع سوخت (که بعضی واحد توسط روغن و در برخی توسط هوای فشرده کنترل می شود وظیفه آن اجازه عبور به سوخت یا قطع سوخت با باز و بسته شدن می باشد . یعنی یک شیر در وضعیتی سیا باز یا بسته) پمپ اصلی (که توسط گشتاور منتقل شده از محور توسط جعبه دنده ء کمکی کار می کند) مقسم سوخت (در بعضی واحد ها برای تقسیم سوخت بطور مساوی بین اتاقهای احتراق میشود .)و نازل (سوخت پاش) قرار دارند.

در واحد هایی که در رابطه با سوخت گازوئیلاز هوای اتمیزه (پودر کننده)استفاده نشود فشار سوخت پر نازل باید بالا باشد ولی در واحد هایی که پر از هوا ی اتمیزه استفاده می کنند لازم نیست فشار سوخت را چندان بالا ببرند.

سوخت گاز معمولا"از طریق خط لوله از یک پالایشگاه گاز تامین می شود سوخت گاز استا وارد یک ایستگاه گاز در نیروگاه میگردد در آنجا بخار اب و ناخا-لصیها ی گاز را از ان جدا می کنند و آن را از چند فیلتر و شیر فشار شکن و شیر تنظیم کننده فشار عبور می دهند تا فشارش به مقدار لازم جهت استفاده در واحد های گاز برسد سپس در ورودی واحد گازی ، محددا" سوخت گاز از فیلتر و یک کنتور می گذرد و به شیر ملی مقطع سوخت گاز می رسد به این شیر نیز با روغن یا هوا ی فشرده کنترل می شود ، سپس سوخت از یک شیر کنترل عبور کرده (سوخت گازوئیلی نیز پس از شیر قطع سوخت توسط یک شیر کنترل ، کنترل می شود)،به مقسم سوخت گاز برای تقسیم بین اتاقها ی احتراق می رود . از این مقسم یک مسیر فرعی نیز جهت گاز جاروب می کننده در نظر گرفته شده است که بین اتاقهای احتراق تقسیم میگردد و در واحد های گازی که معمولا" با دو نوع سوخت کار می کنند ، زمانی که واحد کاملا" با سوخت گار کار می کند مسیر سوخت گازوئیل در نازل را توسط گاز جاروب کننده همیشه باز نگه میدارند تا در هنگام تبدیل سوخت از گاز به گازوئیل دوده ها و اجرام ایجاد شده در دهانه نازل مانع از ورود سوخت گازوئیل به اتاق احتراق نگردد

د)سیستم هوای خنک کن:

وظیفه این سیستم خنک کردن پره های ثابت و متحرک پوسته توربین است.

هوای خنک کن از خروجی بعضی مراحل کمپراسور واحد تامین میگردد و در بعضی واحدها،هوای گرفته شده از کمپرسور در کولرهای هوا در مجاورت هوای خارج بکمک فن و رادیاتور خنک شده و سپس جهت خنک کردن نقاط مورد نظر بکار گرفته میشود از خروجی بعضی از مراحل کمپراسور نیز جهت آب بندی یاتاقانها استفاده میشود (فلسفه این امر این است که در یاتاقانها روغن با فشار بالا وجود است که ممکن است به همین دلیل از یاتاقان به بیرون نشت کند در یاتاقانها علاوه بر قرار دادن طرح بخصوصی در دو طرف اسن ها بنام سیل که از فرار روغن جلوگیری می کند، توسط وارد کردن هوا با فشار نیز جلوی این امر را می گیرند.

در بعضی از واحدها از فشار هوای کمپرسور برای سیستم هوای اتمیزه کننده سوخت و کنترل شیرها استفاده میشود (در صورتی که شیرهای با کنترل بادی یا پنوماتیک بکار رفته باشد)، برای این کار هوای فشرده را در تانکهایی ذخیره می

کنند تا در مواقع لوم استفاده شود و همچنین در موقع پائین بودن در کمپرسور و عدم توانایی در تامین فشار لازم از کمپرسورهای کمکی جهت تامین فشار تانک های ذخیره استفاده میشود.

۳)کنترل و حفاظت توربین گاز:

منظور از کنترل واحدهای گازی تغییر شرایط کار واحد بر اساس فرمان داده شده (کنترل مدار باز) یا تغییر شرایط کار واحد بر اساس فرمان داده شده و با توجه به شرایط فعلی کار واحد (کنترل مدار بسته) می باشد.

معمولا در هنگام راه اندازی و خوابانیدن واحد از کنترل مدار باز بر اساس یک سری مراحل مشخص از قبیل تعیین شده استفاده میشود.البته در این دو حالت نیز یک سری اطلاعات از شرائط کار واحد گرفته میشود ولی در کل کنترل بر اساس مراحل از قبل تعیین شده انجام میگیرد مثلا در هنگام راه اندازی در یک دوره بخصوص (حدود ۲۰٪)باید در اتاقها احتراق جرقه زده شود و برای مدت مشخصی شعله با سوخت کم در اتاقها حفظ شود تا قطعات بتدریج گرم شوند نیز در یک دوره بخصوص باید دیزل یا الکتروموتور که در ابتدای راه اندازی در مدار آمده بودند از مدار خارج گردند و به همین ترتیب مراحل برنامه ریزی شده ای انجام

میشود تا واحد به مرحله آخر راه اندازی که آماده باردهی به شبکه میشود،برسد.مراحل ترتیبی راه اندازی و نیز خوابانیدن واحد ،کنترل مدار باز واحد می باشد،در مقابل ،در کنترل دائمی واحدها در هنگام کار عادی ، از کنترل مدار بسته استفاده میشود.یعنی یک سری اطلاعات از شرائط فعلی کار واحد گرفته میشود و اطلاعات مزبور با فرمانهای داده شده که شرائط مطلوب را مشخص می کند مقایسه شده.در صورت اختلاف میان وضعیتهای مطلوب و فعلی تغییر لازم در جهت رفع اختلاف یا خط صورت می گیرد.

کنترل های اصلی واحد گازی در هنگام کار عادی معمولا کنترل سرعت و دما می باشند.کنترل سرعت از این نظر که افزایش سرعت محور می تواند عواقب ناخوشایند و گاهی خطرناک داشته باشد و تنها با حفظ سرعت در مقدار مشخص است که میتوان فرکانس خروجی را بدست آورد و نیز اجزاء و قطعات مختلف واحد برای کار در دور تعیین شده ای طراحی شده اند و در دورهای دیگر ممکن است بعضی از اشکالات مثلا رزنانس و نوسان قطعات در صورت برابر شدن دور با فرکانس مشخصه آن قطعات پیش آید و کنترل دما از این لحاظ که قطعاتی از

واحد گازی که در مسیر گاز داغ قرار دارند برای یک حد دمایی معین، مناسب هستند و افزایش دما روی آنها اثر تخریبی دارد مهم می باشد.کنترلهای سرعت و دما بطور پیوسته و دائمی روی واحد صورت می گیرد و واحد با کنترل میزان سوخت ورودی به اتاقهای احتراق سرعت و دما را کنترل می نماید.در مورد حفاظت توربین گاز باید گفت که بمنظور جلوگیری از خطراتی که ممکن است در اثر خارج شدن بعضی شرائط واحد از حوزه مطلوب و مجاز پیش آید حفاظت هایی در نظر گرفته شده است که با احساس دور شدن پیش از حد شرائط فعلی از حدود مجاز واحد را خاموش می کنند یعنی شیر سوخت را می بندند و بعبارت مصطلح واحد را تریپ می دهند.(در همینجا خوبست به این مطلب اشاره کنیم که در تریپ شیر سوخت یکمرتبه بسته می شود ولی در هنگام از کاراندازی عادی معروف به نرمال شات دان سوخت طی مراحلی قطع می گردد.در صورت اول بعلت تغییرات سریع دما روی قطعات واقع در مسیر گاز داغ استهلاک زیادی برای واحد بوجود می آید ولی در حالت دوم که شیر تغییرات دما کمتر است میزان استهلاک پائین تر می باشد ولی در هر صورت با هربار خوابانیدن و راه اندازی مجدد واحد بخاطر همین تغییرات دما و ایجاد تنش های حرارتی در

قطعات و ایجاد خستگی در قطعات در دراز مدت مقداری از عمر قطعات واحد کاسته میشود.)

حفاظت های توربین گاز معمولا حفاظت سرعت بالا (برای حفاظت توربین در مقابل افزایش سرعتهای بیش از حد)، حفاظت لرزش (برای حفاظت توربین در مقابل لرزش بیش از اندازه) حفاظت دمای بالا (بخاطر حفاظت توربین در مقابل افزایش دماهای غیر مجاز) و حفاظت شعله (برای حفاظت توربین در مقابل جمع شدن سوخت در اتاقهای احتراق زمانی که شعله در اتاقها ایجاد نشده یا از بین رفته است) و یک سری حفاظت های فرعی مثل بالا یا پائین بودن دمای روغن روغنکاری پائین بودن فشار روغن آتش سوزی در واحد (که در صورت احساس آتش سوزی توسط حس کننده ها یا سنسورهای مخصوص آتش سوزی در ضمن و نیز در محوطه توربین گاز توسط نازلهایی پاشیده Co_2 آتش واحد تریپ واحد گاز می شود تا آتش خاموش گردد) و... می باشد.

هریک از حفاظتهای فوق الذکر با بحرانی شدن شرائط واحد را تریپ می دهند.در هر واحد گازی اتاقی بنام اتاق کنترل وجود دارد که در آن برای آگاهی اپراتور واحد، یک سری آلارمها (اعلام خطرها، به کمک زنگ اخبار و چراغ بکار رفته که با دور

شدن شرائط کار واحد از شرائط مطلوب و پیش آمدن شرائط غیر عادی با اعلام خطر از طریق آنها، اپراتور می باید تصمیماتی اتخاذ کند تا کار به شرائط بحرانی که تنها راه حفاظت واحد تریپ دادن آن می باشد،منجر نشود، (مثلا با ظهور آلارم حاکی از افزایش دمای توربین اپراتور بار را توسط کاهش میزان سوخت کاهش می دهد تا دما به حد مجاز باز گردد).

در اتاق کنترل بعلاوه یک سری وسائل نشان دهنده برای آنکه اپراتور بتواند از شرائط کار واحد (مثلا دمای نقاط مختلف دور محور مقدار لرزش مقدار سوخت مقدار ولتاژ و جریان و فرکانس وقدرت خروجی واحد و ...)اطلاع حاصل کند و یک سری کلیدهای عملیاتی برای اینکه بتواند عملیات مختلف مثلا استارت (راه اندازی)،استاپ (خوابانیدن واحد)، تغییر میزان سوخت، تغییر نوع سوخت، تریپ در شرائط اضطراری و ... را روی واحد انجام دهد، بکار رفته است.

۴-مزایا و معایب توربین گاز:

ساختمان و شرائط خاص واحدهای گازی، یک سری ویژگیهایی به آنها می دهد که بعضی به عنوان مزایا و بعضی دیگر بعنوان معایب میتوانند قلمداد شوند.

الف) واحدهای گازی بخاطر حجم کوچک و ساده بودن نصب، خیلی سریع نصب

می شوند (از ابتدای ریختن پی یا فنداسیون تا آمادگی برای بهره برداری حدود ۶ ماه وقت کافی است).

ب)واحدهای گازی، بعد از استارت در عرض چند دقیقه (معمولا کمتر از ۱۰دقیقه) به مرحله بار دهی می رسند که این زمان کوتاه توربین های گازی را قادر ساخته است که برای منظورهای اضطراری و در مواقعی که ماکزیمم مصرف برق را در سیستم قدرت داریم مورد استفاده قرار گیرند.در ضمن تغییر بار (قدرت تولید)در این واحد سریع صورت می گیرد.

ج)قیمت و هزینه نصب واحدهای گازی،پائین است (حدود یک سوم واحدهای بخار برای قدرت برابر)

د)بعلت سادگی ساختمان و کم بودن تعداد قسمتهای کمکی و فرعی در توربین گاز بهره برداری از آن آسان میباشد در ضمن در واحدهای گازی امکان کنترل و بهره برداری در محل و از راه دور وجود دارد .

ه) راندمان یا بازده واحدهای گازی بخاطر دفع مقدار زیادی انرژی بصورت گرما اگزوز (برای یک واحد گازی،با قدرت حدود ۲۵ مگا وات دمای خروجی اگزوز ، بیش از ۵۰۰درجه سانتی گراد می باشد)تشعشعه مقداری گرما از جدار اتاقهای احتراق

پائین می باشد.(ماکزیمم تا حدود ۲۷٪ برای سیکل ساده)

و)چون در واحدهای گازی معمولا از گاز طبیعی یا سوختهای سبک استفاده می کنند لذا خرج جاری آنها بالا میباشد (بعلت گرانی اینگونه سوخت ها)، ولی در عوض میزان آلودگی محیط حاصل از آنها از نیروگاههای حرارتی دیگر با قدرت مشابه کمتر است. در ضمن،در توربین های گاز امکان استفاده از سوختهای مختلف و تعویض نوع سوخت در حال کار واحد بهنگام باردهی قدرت مانور خوبی به واحد می دهد.

ز)عمر واحدهای گازی،در مقایسه با عمر واحدهای بخار،(بعلت شرائط کار سخت تر)، کوتاه است و نوع سوخت مصرفی و شرائط محیط (مثل رطوبت) و نیز تعداد استارتها روی عمر قطعات تاثیر قابل توجه دارد؟ بطوریکه هر قدر سوخت مصرفی از نوع سبکتر باشد و رطوبت محل نصب واحد کمتر باشد و نیز تعداد استاپ و استارت واحد کمتر باشد عمر واحد بیشتر خواهد بود.

در جدول زیر که بعنوان نمونه ارائه میشود، اثر تغییر نوع سوخت روی عمر قطعات واحد بخوبی روشن شده است.اعداد ذکر شده برای تمام واحدها یکسان نیست ولی روند تغییرات برای تمام آنها کمابیش صادق خواهد بود:

نوع سوخت	تعداد استارت در هر ۱۰۰۰ ساعت کار کرد	بسکت (لایه داخلی محفظه) احتراق	قطعه انتقال دهنده	پره ثابت مرحله اول توربین	پره متحرک مرحله اول توربین	پره ثابت مرحله دوم توربین	پره متحرک مرحله دوم توربین
گاز	۱	۳۰۰۰۰	۵۲۰۰۰	۵۵۰۰۰	۱۰۸۰۰۰	۸۸۰۰۰	۹۹۰۰۰
	۱۰	۱۵۰۰۰	۲۶۰۰۰	۵۰۰۰۰	۹۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۹۰۰۰۰
	۱۰۰	۷۵۰۰	۱۳۰۰۰	۴۲۵۰۰	۷۲۰۰۰	۶۷۰۰۰	۷۷۰۰۰
گازوئیل	۱	۲۲۰۰۰	۴۰۰۰۰	۴۴۰۰۰	۷۲۰۰۰	۶۶۰۰۰	۶۶۰۰۰
	۱۰	۱۱۰۰۰	۲۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۶۰۰۰۰
	۱۰۰	۵۵۰۰	۱۰۰۰۰	۳۴۰۰۰	۴۸۰۰۰	۵۱۰۰۰	۵۱۰۰۰
مخلوطی از گاز وگازوئیل	۱	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۲۰۰۰	۲۴۰۰۰	۴۴۰۰۰	۵۵۰۰۰
	۱۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۵۰۰۰۰
	۱۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۱۷۰۰۰	۱۶۰۰۰	۳۴۰۰۰	۴۲۰۰۰

جدول(۱): جدول عمر قطعات توربین گاز "واقع در مسیر گازداغ" در رابطه با نوع سوخت و تعداد استارت

مشاهده میشود که در سوخت گازوئیل بعلت خوردگیهای شیمیائی قطعات عمر کمتری نسبت به کار واحد با سوخت گاز دارند و نیز پیداست که در سوخت مخلوط بعلت آنکه به مراتب ترکیبات شیمیائی حاصل از احتراق خورنده تر میشوند عمر قطعات کمتر میگردد تا آنجا که عمر بسکت های احتراق در حالت استفاده از سوخت مخلوط نسبت به سوخت گاز به یک سوم و نسبت به سوخت

گازوئیل به حدود یک دوم میرسد.(البته این مقایسه با در نظر گرفتن تعداد استارت های ثابت انجام شده است.) برای کشوری مثل ایران سوخت گاز از نظر مسائل اقتصادی حمل و نقل مرغوبیت بهترین و ارزانترین نوع سوخت میباشد. همانطوریکه در جدول دیده میشود عمر قطعات وابستگی خیلی شدیدی به تعداد استارتهای انجام شده روی واحد دارد.چنانکه مثلا عمر بسکتهای احتراق زمانی که واحد با سوخت گاز کار می کند با ده برابر کردن تعداد استارت ها در هر ۱۰۰۰ ساعت کار واحد به نصف میرسد. و این مساله بخاطر تنش های حرارتی ایجاد شده در قطعات بخاطر گرم و سرد شدن آنها در هربار استارت و استاپ میباشد که در نتیجه باعث خستگی قطعات و فرسودگی و نزدیکتر شدن آنها به پایان عمر میگردد. در اتاق کنترل واحدهای گازی کنتورهای مخصوصی جهت ثبت ساعت کار واحد و تعداد استارت ها وجود دارد که به خاطر مسائل ذکر شده در بالا در برنامه ریزی بازرسی ها و تعویض قطعات و تعمیرات کلی واحد بسیار مهم می باشد.

ج)به علت بالا بودن دما در توربین گاز تعداد بازرسی و تعمیرات قطعات مسیر گاز داغ بالاست ولی بعلت کم بودن تعداد اجزا کمکی سرویس های کمتری در

این رابطه مورد نیاز است.

ط)بعلت عدم احتیاج به آب جهت خنک کردن سیال عامل سیکل در واحدهای گازی (مساله ای که در واحدهای بخار لازم است) میتوان از آنها در شرائط مختلف جوی و مناطق مختلف جغرافیایی که استفاده از توربین های بخار مناسب نیست استفاده کرد.

ی)شرائط جغرافیایی و آب و هوائی مثل فشار هوا (و در واقع ارتفاع محل نصب واحد از سطح دریا) و دمای محیط روی بازده توربین گاز تاثیر قابل توجه دارد و ارتفاع پائین (فشار هوای بالا) و دمای پائین بازده کلی بهتر خواهد بود.

۵-نقش توربین گاز در صنعت برق:

با ذکر عنوان بالا ممکن است این سوال در ذهن خواننده ایجاد شود که مگر توربینهای گاز استفاده ای غیر از تولید انرژی الکتریکی و محل استفاده ای غیر از صنعت برق دارند؟جواب مثبت است توربین گاز بخاطر خصوصیات ویژه اش میتواند برای یک سری موارد دیگر نیز استفاده شود که از آنچه میتوان: استفاده بعنوان موتور جت در هواپیماها برای تامین نیروی محرکه هواپیما و نیز استفاده بعنوان نیروی محرکه یک پمپ قوی مثل پمپهائی که جهت تزریق گاز در چاههای

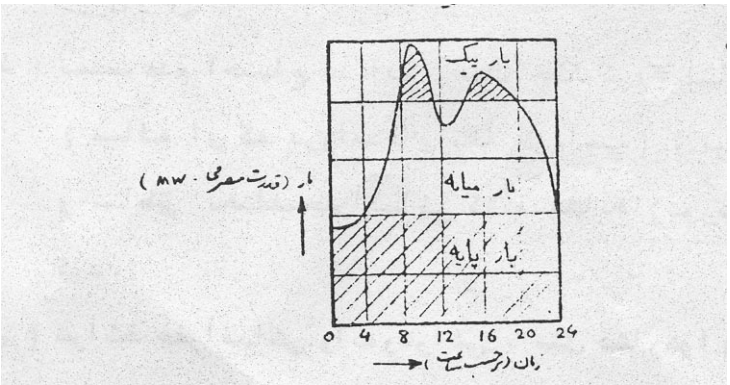
نفت جهت بالا بردن راندمان استخراج بکار برده میشوند را نام برد.

ولی چون منظور ما از معرفی توربین گاز عمدتا آشنائی با توربین های گاز صنعتی است که در صنعت تولید برق استفاده میشوند صحبت های خود را به همین نوع توربینها محدود می کنیم.

برای درک بهتر چگونگی استفاده از توربین های گاز در صنعت برق، مقدمه ای لازم بنظر میرسد:

همانگونه که احساس میشود میزان مصرف برق در ساعات مختلف شبانه روز فرق می کند مثلا در بعضی از ساعات شبانه روز (مثل فاصله ساعت ۱۰تا۱۲ صبح و از تاریک شدن هوا بمدت تقریبا دو ساعت در شب) مصرف برق خیلی بالاست و به ماکزیمم خود میرسد و در بعضی ساعات مثل ساعات بین نیمه شب تا بامداد مصرف برق خیلی پائین است و در بقیه اوقات یک مقدار متعادل را دارد.

در شکل زیر بعنوان نمونه دیاگرام تغییرات بار (مگاوات مصرفی در سیستم قدرت) در مقابل ساعات شبانه روز رسم شده است.



شکل (۱۶) : تغییرات بار در مقابل ساعات شبانروز (منحنی بار)

همانطوریکه در شکل دیده میشود، یک مقدار از بار مصرفی تقریبا در تمام ساعات شبانه روز ثابت است.که به آن بار پایه می گوئیم.یک مقدار بار نیز تنها در ساعات محدودی از شبانه روز اتفاق می افتد و مقدار آن بیشتر از بار در بقیه ساعات شبانه روز می باشد این بار را بار ماکزیمم یا پیک می گوییم.نوسانات بین بار پایه و بار پیک را نیز بنام بار متوسطه یا میانه میخوانیم.

برای تامین بار پایه به نوعی از نیروگاه احتیاج داریم که خرج جاری آن پائین باشد (حتی اگر خرج نصب یا خرج اولیه آن بالا باشد).این نوع نیروگاهها شامل نیروگاههای بخار (بخاطر سوخت ارزان-چون سوخت مصرفی آنها معمولا سوخت

های سنگین مثل مازوت است) نیروگاههای هسته ای و نیروگاههای آبی میباشد.اما برای تامین بار پیک به نوعی از نیروگاه احتیاج داریم که خرج نصب پائین (چون در ساعات محدودی قرار است مورد استفاده قرار گیرد و یک سرمایه گذاری بزرگ در این رابطه اقتصادی نیست) و سرعت راه اندازی و باردهی بالا داشته باشد حتی اگر خرج جاری آن بالا باشد (یعنی مثلا سوخت گران مصرف کند) در رابطه با تامین بار پیک توسط این واحدهاست.البته در کشورهائی مثل ایران که مساله تامین سوخت حتی گاز و گازوئیل مساله مهمی را ایجاد نمی کند از واحدهای گازی برای تامین بار پایه نیز استفاده میشود.

مورد استفاده دیگر واحدهای گازی در صنعت برق در رابطه با استارت در خاموشی مطرح میشود واحدهای گازی که با دیزل استارت میشوند قادرند با استفاده از باطریهای موجود در باطریخانه خود که همواره شارژ کامل هستند بدون وابستگی به شبکه (منظور سیستم قدرت بهم پیوسته سراسری است) استارت شده به مرحله بازدهی برسند لذا از واحدهای گازی میتوان برای مناطقی که به شبکه سراسری متصل نیستند و نیز برای شروع برقرار کردن شبکه پس از خاموشی کامل شبکه استفاده کرد (توجه :استارت واحد بدون حضور برق در شبکه یا بصورت یک

واحد مجزا را استارت در خاموشی می گویند.)

در بعضی از واحدهای گازی کلاچ مخصوصی بین محور توربین و محور ژنراتور وجود دارد که میتواند این دو محور را از هم جدا کند (قبلا راجع به این کلاچ تحت صحبت شد.)در واحدهایی که این نوع کلاچ مجهز هستند میتوانSSSعنوان کلاچ در حالیکه ژنراتور به شبکه متصل است با خاموش کردن توربین و باز شدن کلاچ مورد نظر که با افت دور توربین نسبت به ژنراتور صورت می گیرد ژنراتور را بصورت موتور درآورد و به این وسیله عمل تنظیم ولتاژ شبکه را انجام داد.اینکار معمولا در شبها زمانیکه بخاطر پائین بودن مصرف در شبکه ولتاژ بالا میرود انجام میشود به این نوع استفاده از ژنراتور اصطلاحا کندانسور کردن می گویند.

۶-سیکل های مرکب توربین گاز:

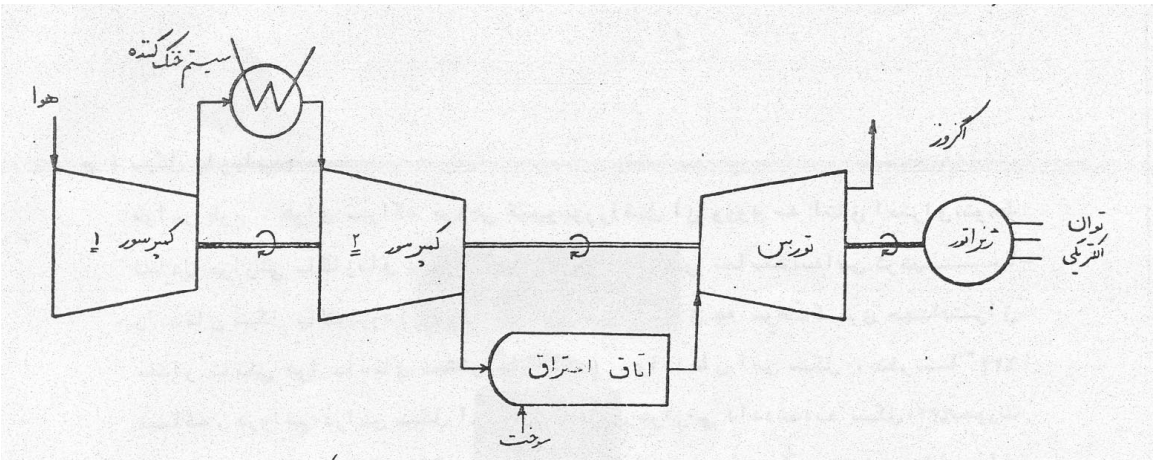
همانطوریکه قبلا هم اشاره شد راندمان واحدهای گازی بعلت دفع مقدار زیادی انرژی حرارتی از طریق اگزوز و نیز تشعشع مقداری گرما از سطح گسترده اتاقهای احتراق پائین میباشد.تا کنون در جهت افزایش راندمان توربین های گازی تغییراتی در طرح آنها داده شده است و طرحهای تغییر یافته توربین گاز،بنام

سیکل های مرکب شناخته میشوند.در اینجا به چند نمونه از این طرحها اشاره میشود:

الف) سیکل پیشرفته با کمپرسور دوبل و خنک کن هوای متراکم:

این طرح مبتنی بر این واقعیت است که در صورتیکه گاز در حین متراکم شدن خنک شود میتوان بازده بیشتری از این تراکم بدست آورد.سیکل مورد نظر از یک سیکل ساده بانضمام یک کمپرسور اضافی و یک سیستم خنک کننده هوا (که از طریق تبادل حرارتی بین آب و هوا هوای خروجی کمپرسور اول را خنک می کند) ،تشکیل شده است.

در شکل در صفحه بعد سیکل مزبور بطور ساده نشان داده شده است:



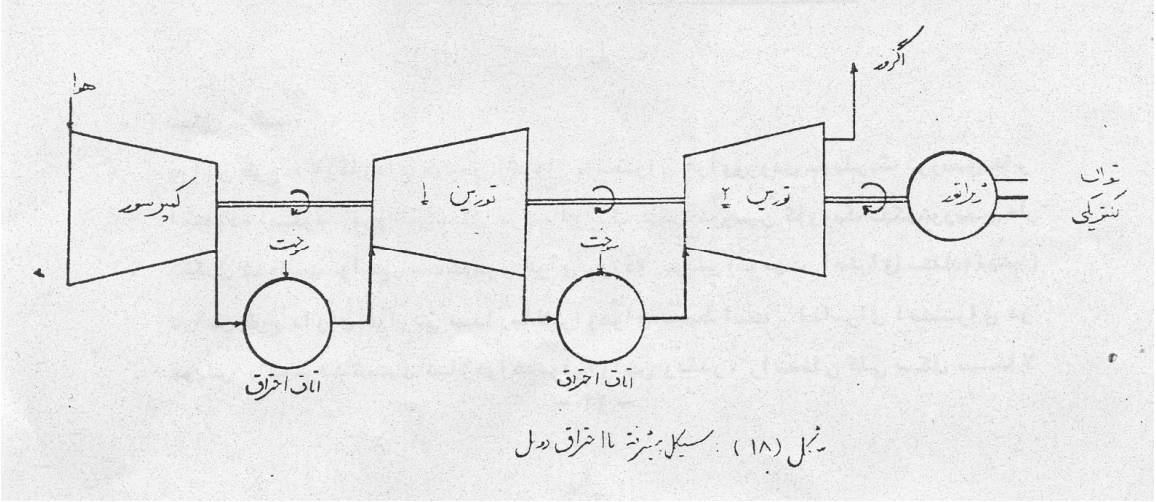
شکل (۱۷) سیکل پیشرفته با کمپرسور دوبل و خنک کن هوای متراکم

ب)سیکل پیشرفته با احتراق دوبل:

در این طرح از هوای متراکم خروجی کمپرسور در دو مرحله احتراق و توربین متوالی (و به بیان دیگر در دو سیکل ساده) استفاده میشود و به این ترتیب راندمان کلی افزایش می یابد.

نمی توان پیش بینی نمود که طرح جدید چقدر در راندمان تاثیر دارد ولی میتوان گفت که سیکل پیشرفته با احتراق دوبل دارای بازده بیشتری نسبت به سیکل ساده میباشد (البته با همان درجه حرارت و فشار).

در شکل زیر سیکل مزبور بطور ساده نشان داده شده است.



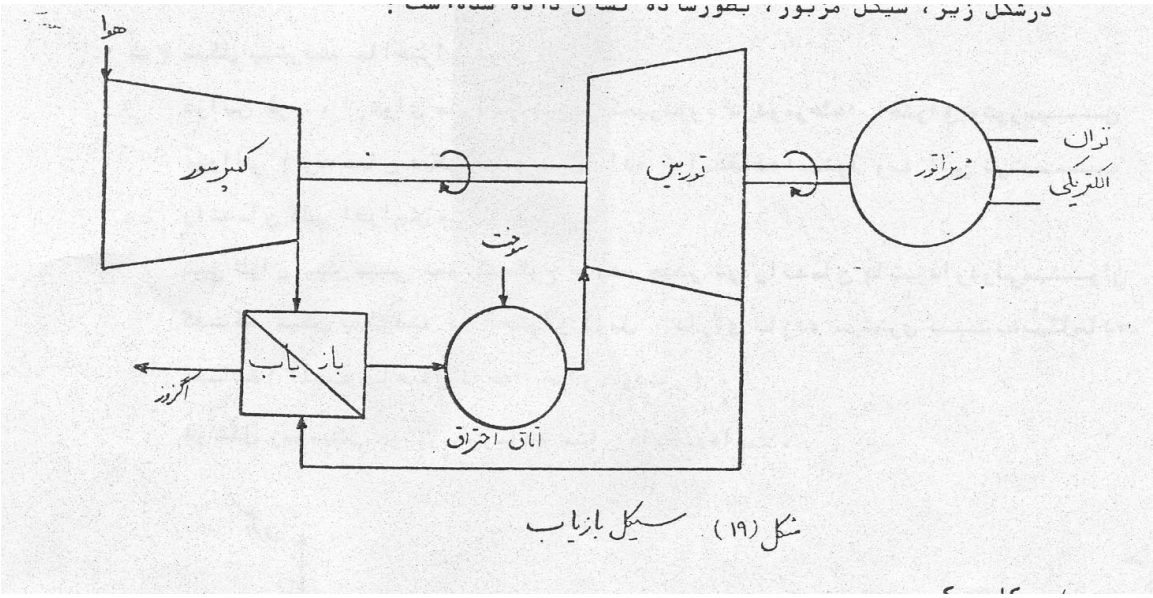
شکل (۱۸) : سیکل بسته با احتراق دوم

چ)سیکل بازیاب:

در این طرح هوای متراکم خروجی کمپرسور را از قبل از ورود به اتاق احتراق توسط تبادل حرارتی با گازهای داغ خروجی اگزوز گرم می نمایند.به این ترتیب راندمان سیکل بالا میرود (زیرا عملا در اتاق احتراق به سوخت کمتری جهت احتراق مقدار ثابتی هوا با دمای بیشتر نیاز است). راندمان این سیکل تقریبا۳۴٪ میباشد.در واقع در این سیکل از ۱۰۰٪ انرژی حرارتی داده شده به سیکل ۳۴٪ بصورت بازده

مفید بصورت توان الکتریکی خارج میگردد،۳۰/۵٪ بصورت تشعشع و تلفات مکانیکی صرف میشود و ۶۲/۵٪ بقیه از طریق اگزوز بصورت حرارت به اتمسفر داده می شود.

در شکل زیر سیکل مزبور بطور ساده نشان داده شده است:

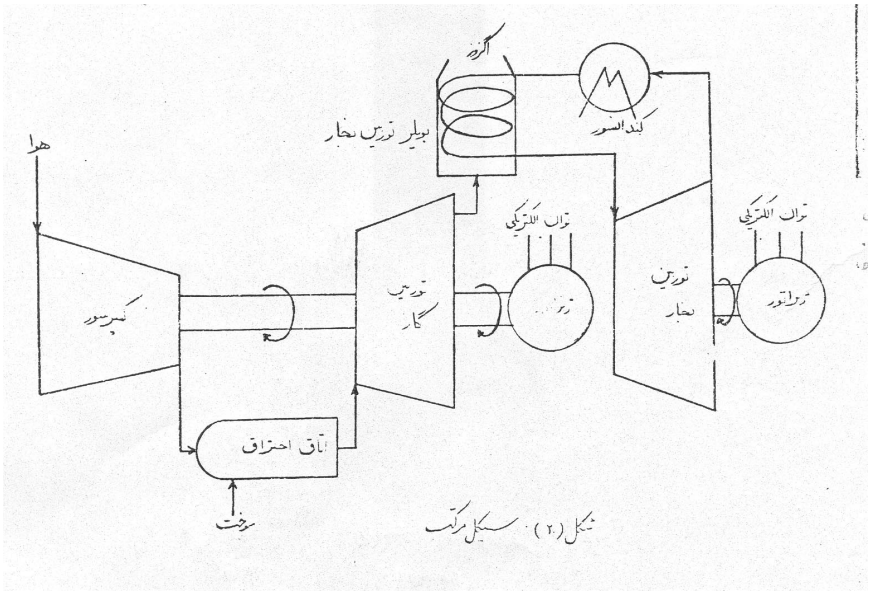


شکل (۱۹) سیکل بازیاب

د)سیکل مرکب:

در این طرح از گاز داغ خروجی اگزوز،بعنوان هوای ورودی بویلریک توربین بخار استفاده میشود.در واقع سیکل مرکب از یک سیکل توربین گاز و یک سیکل

توربین بخار تشکیل شده است.واضح است که چون هواتی ورودی بویلر (که جهت احتراق استفاده می شود) در این طرح دارای حرارتی بسیار بالاتر از هوای محیط است.لذا برای احتراق در بویلر به سوخت کمتری نیاز خواهد بود و از این رهگذر راندمان کلی سیکل بالا خواهد رفت (حدود ۴۱٪) ، در واقع سیکل مرکب دارای راندمانی بالاتر از هر یک از سیکلهای گاز و بخار می باشد.در طرح فوق از ۱۰۰٪ انرژی ورودی،۴۱٪ بعنوان بازده مفید بصورت انرژی الکتریکی در خروجی ظاهر میگردد،۲/۸٪ صرف تشعشع و تلفات مکانیکی میشود،۳۱/۶٪ در کندانسور (در اثر دادن حرارت بخار خروجی توربین به آب خنک کن) تلف میشود و ۲۳/۶٪ بقیه نیز بصورت حرارت از طریق اگزوز به اتمسفر داده میشود . در شکل زیر طرح مزبور بطور ساده نشان داده شده است:



شکل (۲۰) : سیکل مرکب