حسابدار جوان - مهندس جوان
حسابدار جوان
(قسمت هیجدهم)
مهندس منوچهر خان سفید(۱)

نحوه عملكرد توربين گاز
عملكرد توربين‌هاي گازي و نحوه بهره‌برداري از آنهابسيار ساده بوده و با توجه به خودكاري كامل راه‌اندازي وبهره‌برداري از آن و همچنين تعميرات كوتاه مدت و آسان آنهاو مهمتر از همه زمان نصب كوتاه و قابليت جابجايي آنها،ماشيني است كه براي تامين برق شبكه‌هاي متوسط و بزرگ‌بسيار ضروريست. از واحدهاي توربين گاز در شبكه‌هاي‌بزرگ هم مي‌توان بعنوان ماشين‌بار پايه و هم بعنوان ماشين‌بارقله (پيك) استفاده نمود.
همانطور كه قبلا نيز گفته شد يك واحد توربين گاز ازبخش‌هاي اصلي مشخصي تشكيل شده كه همراه با چند بخش‌جنبي كوچك انرژي متراكمي را توليد مي‌كند كه بسيار قابل‌توجه مي‌باشد.
اجزاء اصلي يك توربين گاز به قرار زير مي‌باشد:
۱- كمپرسور توربين گاز
۲- اطاق احتراق
۳- توربين
٤- سيستم كنترل و راه‌انداز
٥- ژنراتور و تجهيزات الكتريكي
٦- فيلتر هواي ورودي كمپرسور
۷- سوخت‌رساني و ذخيره‌سازي سوخت
الف: در توربين گاز هواي فشرده مورد نياز براي چرخاندن‌توربين توسط كمپرسور هم محور با توربين ايجاد مي‌شود.(شكل شماره ۱)
باستثناي توربين‌هاي گازي كوچك كه اغلب در صنايع‌پالايش و استخراج نفت و گاز بكار مي‌رود در كليه توربين‌هاي‌گازي بزرگ از كمپرسورهاي چندين طبقه‌اي محوري استفاده‌مي‌نمايند.
كمپرسور محوري هواي تميز عبور كرده از فيلتر ورودي هوارا دريافت كرده و فشار آن را (۱۰-۲۰) برابر مقدار اوليه‌افزايش مي‌دهد.
هر چه فشار رانش كمپرسور بيشتر باشد راندمان نهايي‌توربين گاز بيشتر است. در ضمن چون راندمان كمپرسورهاي‌محوري نسبت مستقيم با دور آن دارد هر چه دور كمپرسورهابيشتر باشد راندمان مجموعه توربين گاز بيشتر است.
توربو كمپرسورهاي جتي بعلت دور بالاي آنها داراي‌راندمان بيشتري در مقايسه با توربين‌هاي صنعتي هستند.
هواي خروجي از كمپرسور داراي فشار قابل توجه و دماي‌حدود ۳۰۰ درجه سلزيوس مي‌باشد كه وارد يك يا چند اطاق‌احتراق شده و سوخت گاز يا گازوئيل به آن تزريق مي‌گردد.يك يا چند جرقه‌زن باعث احتراق شده و اطاق احتراق روشن‌مي‌شود.
در توربين‌هايي كه داراي چنديين اطاق احتراق هستندجرقه در يك يا دو اطاق موجب احتراق گاز و هوا شده و بقيه‌اطاق‌ها از طريق لوله ارتباط آتش(۲) روشن مي‌شود و پس ازروش شدن چون فرآيند ادامه‌دار است شعله خود را در تمام‌اطاق‌هاي احتراق خود نگاهدار مي‌نمايد.
گاز داغ فوق كه بخشي از آن تقريباً به شكل شعله درقسمت‌هاي اوليه اطاق احتراق قرار دارد در طول حركت به‌سمت توربين با بخش عمده هواي خروجي كمپرسور مخلوطشده و دماي آن در ورود به توربين براي واحدهاي كوچك‌قديمي حدود ۹۵۰ درجه و براي واحدهاي با قدرت
۱۰۰ مگاوات به بالا حدود (۱۱۵۰-۱۳۵۰) درجه سلزيوس‌مي‌گردد (دماي گاز در مركز اطاق احتراق گاهي از مرز ۱۷۵۰درجه سلزيوس هم مي‌گذرد).
بين اطاق احتراق و ورودي توربين قطعه ديگري قرار داردكه بعنوان قطعه واسط عبور گاز(۳) ناميده مي‌شود.
گاز داغ كه داراي انرژي حرارتي بسيار بالائي است درطول انبساط در طبقات توربين گاز بخشي از انرژي خود را به‌توربين داده و بخش عمده آن به شكل تلفات حرارتي ازدودكش به فضاي اطراف تخليه مي‌شود. از كل قدرت مفيدتوليدي توسط توربين ٦٥ درصد آن صرف گرداندن كمپرسورو ۳۵ درصد آن صرف توليد برق در ژنراتور مي‌گردد.
هر چه واحد بزرگتر و داراي راندمان بهتري باشد اين‌نسبت به نفع توليد برق تغيير مي‌كند.
لازم بيادآوريست كه سيستم كنترل و راه‌اندازي خودكارتوربين‌هاي گازي يكي از مهمترين تجهيزات قابل اعتماد اين‌ماشين مي‌باشد. سيستم‌هاي راه‌اندازي ترتيبي توربين‌هاي‌گازي جديد به قدري مطمئن و كامل طراحي شده‌اند كه‌ضريب پايايي راه‌اندازي آنها عموماً100 درصد مي‌باشد.

توربين گاز با مدار بازيافت
با توجه به اينكه دماي گاز خروجي از توربين گاز در بارنامي تقريباً نصف دماي گاز ورودي به توربين مي‌باشد،مشخص مي‌گردد كه انرژي زيادي را به شكل تلفات واردفضاي اطراف مي‌نمايد.
در بسياري از موارد مي‌توان با پيش‌بيني يكدستگاه‌بازياب به شكل مبدل حرارتي(٤) بخشي از حرارت فوق رابازيابي كرده و دماي هواي ورودي به اطاق احتراق را افزايش‌داده و در نتيجه مصرف سوخت را كاهش داد.
شكل شماره (۲) ديا‌گرام يك توربين گاز با مدار بازيافت‌را نشان مي‌دهد.
با استفاده از اين روش مي‌توان راندمان مجموعه را (٥-٦) درصد افزايش داد.
در توربين‌هاي گاز با مدار بازياب هواي خروجي ازكمپرسور قبل از ورود به اطاق احتراق وارد دستگاه مبدل‌حرارتي شده و بخش عمده از حرارت گاز خروجي از توربين راجذب كرده موجب سرد شدن دود خروجي شده و در نتيجه‌موجب بالا رفتن دماي هواي با فشار بالاي خروجي از كمپرسورمي‌گردد.
اين تبادل حرارت، تلفات حرارتي دود تخليه شده به‌اتمسفر را كاهش داده موجب افزايش راندمان توربين‌مي‌گردد.

در شكل شماره (۳) مولفه‌هاي مربوط به انرژي مفيداخذ شده از حرارت كلي سوخت توسط توربين گاز و مبدل‌حرارتي و تلفات دود خروجي و در نتيجه راندمان كلي يك‌دستگاه توربين گاز با مدار بازياب حرارتي نشان داده شده‌است.

توربين گاز با چرخه تركيبي الكتريكي
در توربين‌هاي جديد با قدرت بالا ميزان گاز خروجي ازاگزوست توربين، هم از نظر دماي گاز خروجي و هم از نظرميزان گاز، مقدار قابل توجهي است كه با پيش‌بيني يكدستگاه‌ديگ بخار بازياب در انتهاي چرخه و عبور گاز داغ از روي‌لوله‌ها، مي‌توان آب موجود در ديگ بخار بازياب راتحت فشارمشخصي تبديل به بخار سوپرهيت نموده و از آن در يك‌توربين بخار استفاده كرد.
در حال حاضر مي‌توان با استفاده از بخار ايجادشده توسطدو دستگاه توربين گاز هر يك به قدرت (P) توربوژنراتوربخاري به همان قدرت طراحي و راه‌اندازي نمود. قدرت چنين‌نيروگاهي درجمع (P۳) يعني ۳۳ درصد بيشتر از حالت‌توربين‌هاي گاز با چرخه ساده مي‌باشد.
كاربرد توربين‌هاي گازي در نيروگاههاي چرخه تركيبي‌موجب افزايش راندمان كلي نيروگاه شده و موجب مي‌گرددكه راندمان اين نوع نيروگاهها از راندمان بزرگترين واحدهاي‌بخاري با بخار سوپرهيت و با بخار ريهيت هم بيشتر گردد.
در توربين‌هاي گازي جديد كه پره‌هاي آن با سراميك‌پوشش داده شده و سيستم خنك كن پره‌ها به شكل موثرتري‌طراحي و عملي مي‌شود راندمان هر يك از توربين‌هاي گازي‌بيش از ٤٠ درصدشده و چون قدرت هر يك از واحدهاي‌توربين گازي بيش از ۳۰۰ مگاوات مي‌باشد يك بلوك نيروگاه‌چرخه تركيبي متشكل از ۲ واحد توربين گازي و يك واحدبخاري، قدرتي معادل ۱۰۰۰ مگاوات يعني معادل نيروگاه‌بخاري شهيدرجائي دارند، در حالي كه فضاي اشغال شده‌توسط چنين نيروگاهي معادل ٤٠ درصد فضاي ساختمان‌اصلي نيروگاه بخاري مي‌باشد.
نيروگاههاي چرخه تركيبي را مي‌توان با تعداد بيشترواحدهاي توربين گازي ايجاد كرد. هر اندازه تعدادتوربين‌هاي گازي هر بلوك بيشتر باشد قدرت كلي بلوك بيشترمي‌گردد.
در حال حاضر بلوك‌هاي يك واحدي، دو واحدي، سه‌واحدي و حتي چهار واحدي را هم مي‌توان در صنعت برق(البته در كشورهاي خارج) مشاهده كرد.
بلوك‌هاي چرخه تركيبي در ايران شامل دو واحد توربين‌گاز يك واحد توربين بخار مي‌باشد.
در شكل شماره (٤) شماي كلي يك بلوك با يك واحدتوربين گاز و يك واحد توربين بخارنشان داده شده است.
لازم به يادآوريست كه در نيروگاههاي چرخه تركيبي كه ازبلوك‌هاي يك واحدي تشكيل شده است با نصب توربين بخاردر امتداد محور ژنراتور توربين گازي، به مقدار قابل توجهي ازهزينه‌هاي ساختماني كاسته مي‌شود، در اين صورت لازم است‌قدرت اسمي ژنراتور ۵/۱ برابر قدرت اوليه در نظر گرفته‌شود.

توربين گاز با چرخه تركيبي حرارتي
در صورتي كه خواسته باشيم از حرارت دود خروجي(بجاي توليد انرژي الكتريكي) به شكل انرژي حرارتي جهت‌گرمايش يك منطقه مسكوني و حتي يك شهر استفاده نماييم،مسئله حالت جالب‌تري به خود مي‌گيرد و چون در اين سيستم‌احتياجي به تخليه بخش عمده‌اي از حرارت بخار توسطكندانسور به فضاي خارج نمي‌باشد از بخش عمده حرارت‌دود استفاده شده و راندمان چنين نيروگاهي به سهولت از مرز۸۰ درصد هم مي‌گذرد.

توربين گاز جانشين وانتي‌لاتورهاي‌دمنده ديگ‌هاي بخار
يكي ديگر از موارد استفاده از توربين گاز در نيروگاههاي‌حرارتي بخار نيروگاههاي با ديگ‌هاي مشعل‌دار مي‌باشد (درديگ‌هاي بازياب نيروگاههاي چرخه تركيبي از مشعل استفاده‌نمي‌شود). توربين گاز در اين نيروگاهها عملا بجاي‌وانتي‌لاتورهاي دمنده و تامين‌كننده هواي ديگ بخار قرارمي‌گيرد.
شكل شماره (۵) دياگرام يا نيروگاه بخار با استفاده ازتوربين گاز بجاي وانتي‌لاتوردمنده هوا(۵) رانشان مي‌دهد.
علاوه بر اينكه قدرت چنين نيروگاههايي به مقدار قابل‌توجهي بيشتر از قدرت واحدهاي بخاري آن مي‌باشد، راندمان‌آنها نيز به مقدار قابل توجهي افزايش مي‌يابد.
لازم به يادآوريست چون در اطاق احتراق توربين‌هاي‌گازي بين ۳ تا ٤ درصد از اكسيژن هوا بيشتر مصرف نمي‌شودبه آساني مي‌توان از دود خروجي از توربين گاز براي هواي‌مورد نياز مشعل‌هاي ديگ بخار استفاده نمود (دود خروجي ازتوربين گاز در مقايسه با هواي محيط با ۲۱ درصد اكسيژن‌حدود ۵/۱۷ درصد اكسيژن دارد).
در ضمن مي‌توان از حرارت دود خروجي از ديگ بخاربراي گرمايش آب تغذيه در يك مبدل حرارتي خاص (هيتر آب - دود خروجي) استفاده نمود.

توربين‌گاز براي بهينه‌سازي نيروگاههاي قديمي بخاري
توربين گاز ماشيني است با انعطاف پذيري زياد و جالب‌توجه. از جمله كاربرد آن در نيروگاههاي قديمي جهت‌بهينه‌سازي و جوابگويي به مسايل و مشكلات زيست محيطي‌است.
همانطوري كه مي‌دانيم چون نيروگاههاي قديمي بخاري‌در مقايسه با واحدهاي بخاري جديد از قدرت كمتري‌برخوردار بودند و در ضمن راندمان آنها هم از واحدهاي‌بخاري جديد كمتر بوده است و همچنين بدليل استفاده ازسوخت جامد (انواع زغال سنگ‌ها) ديگ‌هاي بخار آن سريعترفرسوده شده و مي‌بايست بعد از ۳۰ سال يا نيروگاه را براي‌هميشه متوقف نموده و يا ديگ‌هاي جديدي براي آنها با همان‌شرايط قبلي خريداري نمود كه عموماً بعلت خارج از رده

شدن‌از نظر هزينه قابل توجيه نبوده و در ضمن قوانين جديدزيست‌محيطي شايد اجازه خريد و نصب مجدد چنان ديگ‌بخاري را كه سوخت زغال سنگ مصرف نمايد را ندهد،استفاده از نيروگاههاي چرخه تركيبي به نحوي كه مشخصات‌بخار خروجي از ديگ‌هاي بخار بازياب آن مشابه مشخصات‌بخار مورد نياز توربين‌هاي بخاري نيروگاه قديمي باشد، جواب‌بسيار مناسب و كاملا اقتصادي خواهد بود.
در بسياري از موارد هم مي‌توان حتي از ديگ‌هاي بخارموجود (بدليل سلامت آنها) به عنوان ديگ بازياب استفاده‌نمود كه ضمن جوابگويي به مسايل و معضلات محيط زيست‌قدرت نهايي نيروگاه را نيز ۲۰۰ درصد افزايش داد.
استفاده از طرح فوق در مناطقي كه دسترسي به زمين براي‌نيروگاههاي جديد روزبروز مشكل‌تر مي‌شود (با توجه به‌محدوديت آب و قوانين محيط زيست) كاربرد دارد.

نيروگاههاي ذخيره‌اي با توربين گاز
مشابه نيروگاههاي برق آبي تلمبه ذخيره‌اي از توربين‌هاي‌گاز نيز مي‌توان به عنوان نيروگاههاي ذخيره‌اي استفاده نمود.
معمولا اين نيروگاهها را كه بيشتر در ساعات پيك بار شب‌استفاده مي‌كنند در نقاطي احداث مي‌نمايند كه امكان‌ذخيره‌سازي هواي فشرده در غارهاي زيرزميني ميسر باشد.
ژنراتور واحد در اواخر شب كه نياز مصرف بسيار كم شده‌و قيمت انرژي بسيار كمتر از قيمت انرژي ساعات پيك بارمي‌باشد، به شكل موتور همراه با كمپرسور راه‌اندازي شده وهواي فشرده شده را به مخازن ذخيره شده زيرزميني هدايت‌مي‌نمايد شكل شماره (٦). بعد از پر شدن و فشارگرفتن‌مخازن زيرزميني هوا، دستگاه متوقف مي‌گردد. هنگام پيك‌شب هواي تحت فشار در جهت معكوس از مخازن زيرزميني‌به سمت اطاق احتراق رفته و با سوخت مخلوط و گازداغ‌حاصل از احتراق توربين را به گردش در آورده و توربين‌انرژي حرارتي خود را به ژنراتور جهت توليد انرژي برق منتقل‌مي‌نمايد. در اين فاصله كمپرسور از سيستم جدا مي‌باشد.
در مراحل كاري نيروگاه ذخيره‌اي توربين گاز گاهي توربين‌از محور جدا بوده و زماني كمپرسور از محور جدا مي‌باشد.

محاسن و معايب توربين‌هاي گازي
چون در محافل صنعتي بيش از هر چيز بجاي اينكه ازمحاسن توربين گاز صحبت شود به معايب آن اشاره مي‌شود وحتي اين مسئله به خارج صنعت و بين محافل غيرصنعتي نيزتسري پيدا كرده است در اين جا سعي شده است بدون اينكه‌خواسته شود از يك ماشين طرفداري بيش از حد شود، مزايا ومعايب آن به شكل بيغرضانه‌اي ارائه گردد.
بديهي است اين اطلاعات مي‌تواند بطور كامل موردموافقت بعضي از كارشناسان قرار بگيرد كه مسئله‌ايست قابل‌فهم و گاهي هم ممكن است همگان با كل مطلب موافق باشندولي ايراد بگيرند كه چرا از مزاياي ساير ماشين‌ها صحبت‌نشده است؟ كه جواب اين خواهد بود كه در اين بحث قراراست درباره مزايا و معايب توربين‌هاي گازي صحبت شود نه‌ماشين‌هاي ديگر.
در ضمن جا براي بحث و گفتگو و نقد باقي است كه‌ديگران هم درباره مزايا و معايب انواع ديگر ماشين‌ها صحبت‌كنند و يا معايب ديگر توربين‌هاي گاز را پيدا كرده و اعلام‌دارند.

الف- مزاياي توربين‌هاي گاز:
۱- قيمت هر مگاوات واحدهاي توربين گاز حداكثر(۳۵-٤٥) درصد واحدهاي بخاري است.
۲- زمان نصب آن يكسال و حدود ۲۰ درصد زمان نصب‌واحدهاي بخاري است.

۳- ساخت و سوار و تنظيم شدن تجهيزات اصلي دركارخانه بصورت Packageمي‌باشد كه اشتباهات نصب درمحل را به مقدار قابل توجهي كاهش مي‌دهد.
٤- پايين‌بودن هزينه نصب در محل نيروگاه بدليل پكيج‌بودن تجهيزات.
٥- ساده بودن فونداسيون‌ها و محدود بودن مقدار آن درمقايسه با واحدهاي بخاري و در نتيجه پايين بودن هزينه‌هاي‌ساختماني.
٦- نياز بسيار كم به زمين و فضاي نصب.
۷- راه‌اندازي و بارگيري سريع و كاملا خودكار واحد.
۸- امكان طراحي واحد به شكل فرمان از دور و بدون نيازبه پرسنل براي نيروگاههاي خاص.
۹- نياز پرسنل بسيار كم در مقايسه با واحدهاي بخاري.
۱۰- قابليت جابجايي سريع، براي جوابگويي به شرايطاضطراري نيازهاي برق كشور.
۱۱- ماشين كاملا مناسب براي مصرف گاز طبيعي.
۱۲- تطابق بهتر توربين گاز در مورد تغيير سوخت مايع به‌گاز در مقايسه با واحدهاي بخاري (در توربين گاز اين تغييرموجب افزايش راندمان قدرت مي‌گردد در حالي كه در بعضي‌از واحدهاي بخاري محدوديت ايجاد مي‌نمايد).
۱۳- سرعت انجام تعميرات و كاهش زمان‌هاي تعميراتي.
۱٤- قابليت جوابگويي سريع به نيازهاي شبكه خصوصاًدر شرايط اضطراري كمبود بار.
۱٥- قابليت كار در شرايط بار پايه و يا شرايط بار قله(پيك).
۱٦- مصارف داخلي بسيار كم حدود ٥/۰ درصد درمقايسه با واحدهاي بخاري با متوسط مصارف داخلي
٦/٥ درصد (۱۳ برابر كمتر است).
۱۷- انعطاف‌پذيري واحد براي كاربردهاي مختلف(ايستگاههاي تراكم گاز خطوط لوله، كاربرد بجاي F.D.Fan،بهينه‌سازي نيروگاههاي حرارتي بخاري - چرخه تركيبي).

۱۸- آینده روشن براي رشد و تکامل هم از نظر قدرت وهم از نظر راندمان.

۱۹- ارتباط تنگاتنگ با فن‌آوري‌هاي جديد از جمله‌استفاده از پوشش‌هاي سراميکي و سيستم‌هاي خنك‌کن جديدپره‌ها.
۲۰- عدم نياز به آموزش زياد براي پرسنل جهت‌بهره‌برداري و تعميرات واحد.
۲۱- تطابق بيشتر با شرايط و قوانين زيست‌محيطي بعلت‌استفاده از سوخت‌هاي تميز (گاز طبيعي يا گازوييل)مهربان‌ترين ماشين توليد برق با محيط زيست.
۲۲- سهولت کاهش گازهاي اکسيد ازت با کاربردمشعل‌هاي خاص و نداشتن گاز SO_2.
۲۳- عدم نياز به دستگاههاي شستشوي گاز گوگرد وحذف ذرات گرد و غبار دود (قيمت اضافي اين تجهيزات
۳۰ درصد قيمت واحدهاي بخاري مي‌باشد).
۲٤- عدم نياز مطلق به آب که يکي از معضلات آينده‌انسان و نيروگاههاي بخاري در آينده خواهد بود.

ب - معايب توربين‌هاي گاز:
۱- وابسته بودن به ارتفاع محل از نظر قدرت، حدود ۱/۱ درصد افت بازاء هر ۱۰۰ متر ارتفاع محل شکل شماره (۷)
۲- وابسته بودن به شرايط آب و هوايي خصوصاً دماي‌محيط (حدود ۷/۰ درصد افت بازاء هر درجه سلزيوس‌اختلاف از دماي هواي محيط که مبناء طراحي در شرايط I.S.O15 درجه است) در ايران بخش عمده افت حرارتي درزمستان جبران مي‌گردد شکل شماره (۸).
۳- راندمان حرارتي پايين در مقايسه با واحدهاي بخاري(البته براي واحدهاي کوچك قديمي).
٤-قطعه‌بري بيشتر براي کارهاي تعميراتي که هر چندهنوز در ايران درصدمشخصي براي آن در دست نيست ولي‌عموماً قدر مطلق هزينه تعميراتي توربين گاز کمتر از توربين‌بخار مي‌باشد).
٥- استفاده مستقيم از گاز داغ و پرفشار که سيالي است‌بسيار خورنده در مقايسه با کاربرد بخار در توربين‌هاي بخارکه سيالي است بسيار مناسب و کم خطر.
٦- بالا بودن خطرات آتش سوزي در واحدهاي توربين‌گاز.
۷- حساس بودن به شرايط آب و هوايي مانند آلودگي‌محيط و گرد وخاك و غيره که بطور متوسط در بسياري از مواردموجب افت قدرت کلي واحد (بدليل گرفتگي فيلتر هواي‌ورودي کمپرسور) به ميزان چند درصد مي‌گردد.
۸- عمر طراحي ۲۰ سال در مقايسه با عمر طراحي‌واحدهاي بخار به ميزان ۲٥ سال (عليرغم عمر طراحي مشابه‌براي هر دو نوع واحد به ميزان ۱۰۰ هزار ساعت کار).
بديهي است عليرغم مزاياي نيروگاههاي توربين گاز درمقايسه با واحدها و نيروگاههاي بخاري براي انتخاب‌واحدهاي مورد نياز شبکه جهت جوابگويي به رشد مصرف،بايد در هر مورد مستقلا بررسي و مزايا و معايب هر يك ازانواع نيروگاهها را با هم سنجيد و در نهايت اقتصادي‌ترين نوع‌آنها را جهت تامين برق انتخاب کرد.

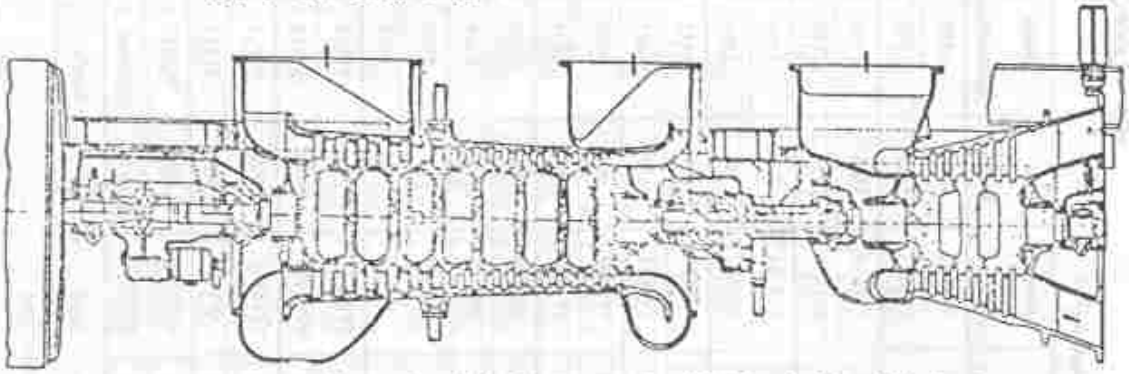
خاتمه
با توجه به روند رو به رشد فن‌آوري جديد و سهولت‌کاربرد آن در ساخت نيروگاههاي گازي بدون شك‌ماشين‌هاي آينده جهت تامين برق شرکت هاي برق و کشورهاتوربين‌هاي گاز خواهد بود.
بديهي است اقدام در اين رابطه يعني توجه بيش از حد به‌نيروگاههاي گازي بايد با احتياط انجام گيرد، چه اقبال بيش ازحد به اين نوع واحدها ممکن است به تدريج باعث گران شدن‌آنها و کاهش مزايا آن شده و از طرف ديگر موجب وابستگي‌بيشتر صنعت کشور به خارج گردد. ضمن اينکه اگر موازي بارشد فن آوريهاي جديد نسبت به آموزش و ايجاد بسترمناسب در کشور اقدام نگردد،بجاي اينکه فن‌آوري‌هاي‌جديد مفيد قرار گيرد، موجب دردسر و نارسايي‌هاي غيرقابل‌علاج خواهد گرديد.
در ضمن لازم ديده شد قبل از خاتمه اين بحث به بعضي ازرخدادهاي مهم وکارهاي شاخص در رابطه با کاربرد توربين‌گاز در صنعت برق بعد از سال ۱۹٤۰، اشاره گردد:

سال -۱۹٥٥ بهره‌برداري از اولين توربين گاز سيار به‌قدرت KW٦۲۰۰
سال -۱۹٥٦ اولين توربين گاز با سوخت جامد و مدار بسته
سال -۱۹٥۹ نصب و راه‌اندازي بزرگترين نيروگاه توربين‌گازي جهان
سال -۱۹٥۹ راه‌اندازي اولين توربين گازي با مدار بسته وبا گاز هليوم
سال -۱۹۷٤ راه‌اندازي توربين گاز ذخيره‌اي با هواي‌فشرده(٦)
سال -۱۹۷۸ بهره‌برداري از بزرگترين نيروگاه گازي‌ايران (ري)
سال -۱۹۹۱ راه‌اندازي توربين گاز ۲٥٦ مگاواتي‌اروپائي(۷)
سال -۱۹۹۹ ساخت و آزمايش پرقدرت‌ترين توربين گازقرن بيستم ساخت جي. يي. مدل (F-9000-H) به قدرت
۳۰۰ مگاوات
سال -۱۹۹۹ ساخت و آزمايش پرقدرت‌ترين توربين گازقرن بيستم ميتسوبيشي مدل (G2-۷۰۱) به قدرت ۳۰۸ مگاوات.

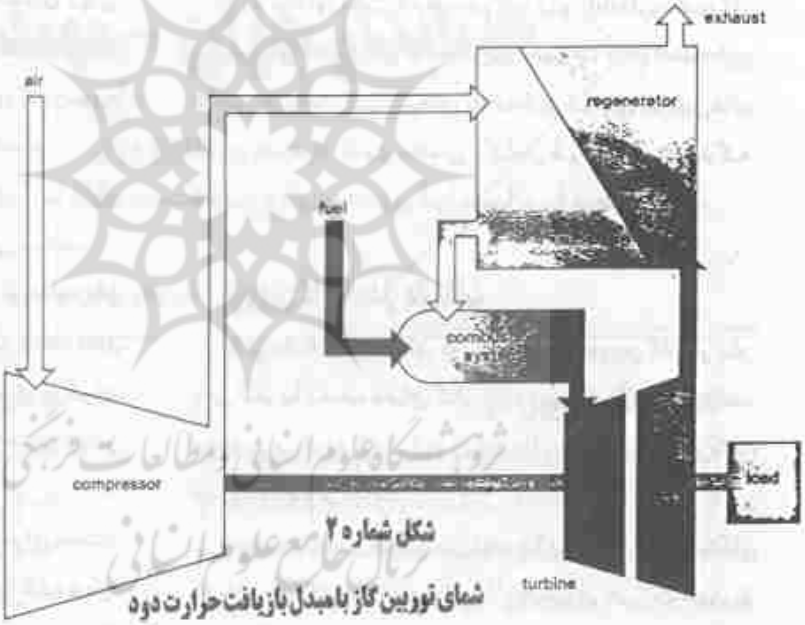
۱ - کمپرسور توربین گاز

۲ - اطاق احتراق

* سرپرست گروه بهینه‌سازی دفتر فنی تولید

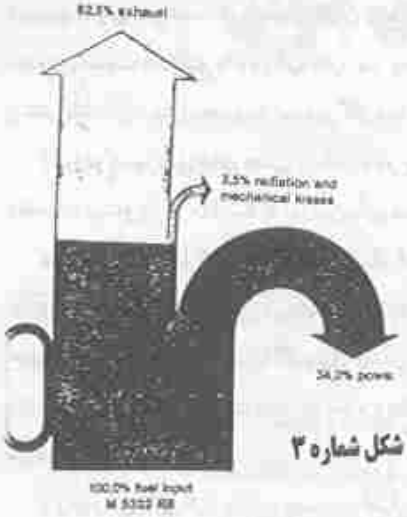


شکل شماره ۱ شمای توربین گاز با مبدل بازیافت حرارت دود و مقطع یک توربوکمپرسور گازی



شکل شماره ۲

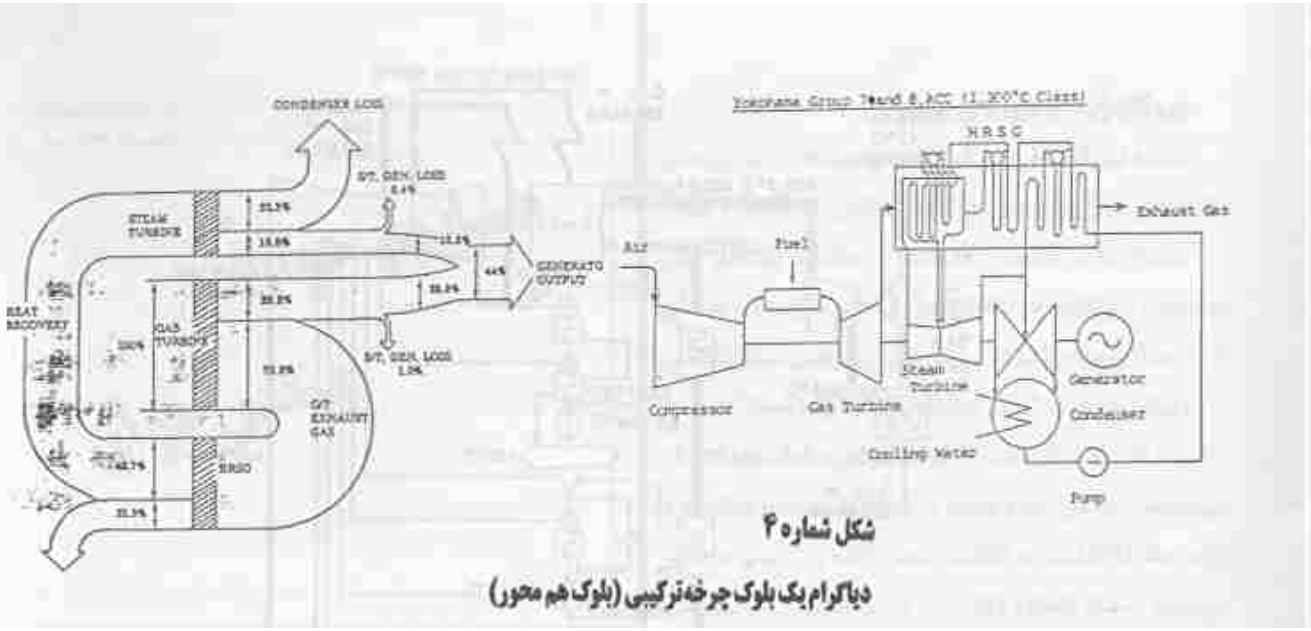
شمای توربین گاز با مبدل بازیافت حرارت دود



شکل شماره ۳

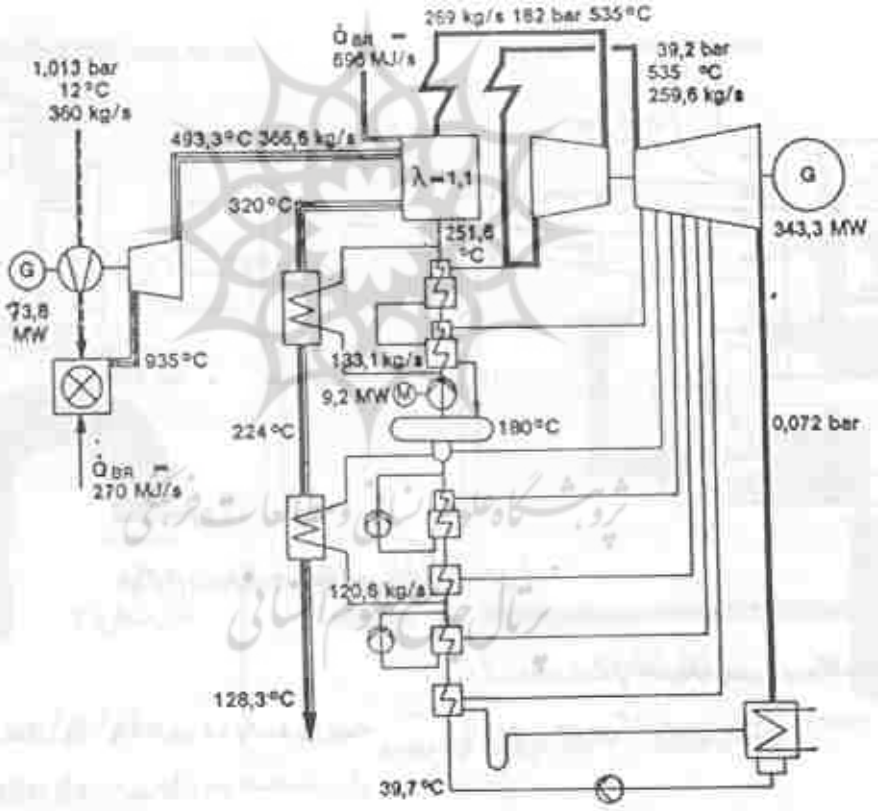
دیاگرام حرارتی و راندمان توربین گاز - - همراه مبدل بازیافت حرارت دوده

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

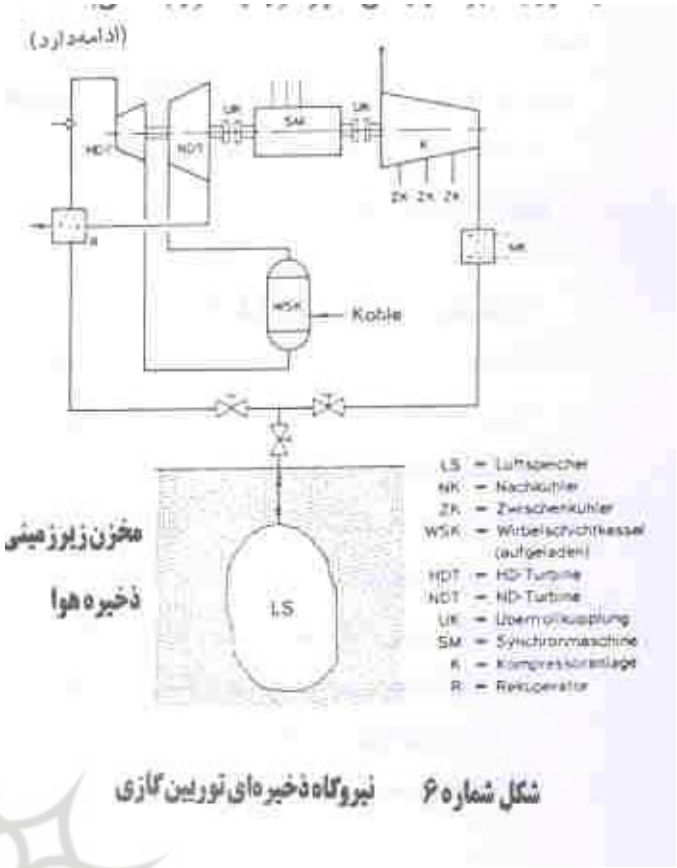


شکل شماره ۴

دیاگرام یک بلوک چرخه ترکیبی (بلوک هم محور)



شکل شماره ۵ نیروگاه حرارتی بخاری چرخه ترکیبی با استفاده از توربین گاز - بعنوان وان تیلاتور تامین هوای کوره



شکل شماره ۶ نیروگاه ذخیره‌ای توربین گازی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱ سرپرست گروه بهینه‌سازي دفتر فني توليد
۲) Cross - Fire - Tube
۳) Transition Piece
٤) Heat Exchanger
٥) Forced Draft Fan (F. D. FAN)
٦) Air - Storage
۷) E. G. T