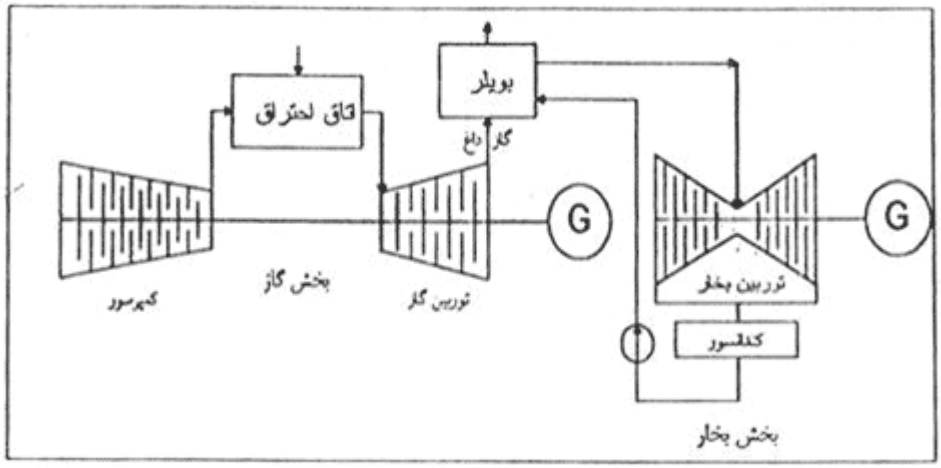
نیروگاه های سیکل ترکیبی

در توربین گاز جهت کنترل درجه حرارت در اتاق احتراق ضروری است که احتراق با هوای بسیار زیاد صورت پذیرد .دود خروجی از اگزوز توربین گاز ، علاوه بر اینکه دارای درجه حرارت بالایی است ، اکسیژن کافی نیز جهت احتراق دارد ولی در نیروگاههای سیکل ترکیبی از انرژی گاز خروجی از اگزوز به روش های مختلفی جهت تولید بخار استفاده می شود که در بخش های آتی به آن اشاره خواهیم کرد.

شکل زیر شمای عمومی نیروگاههای سیکل ترکیبی را نشان می دهد:



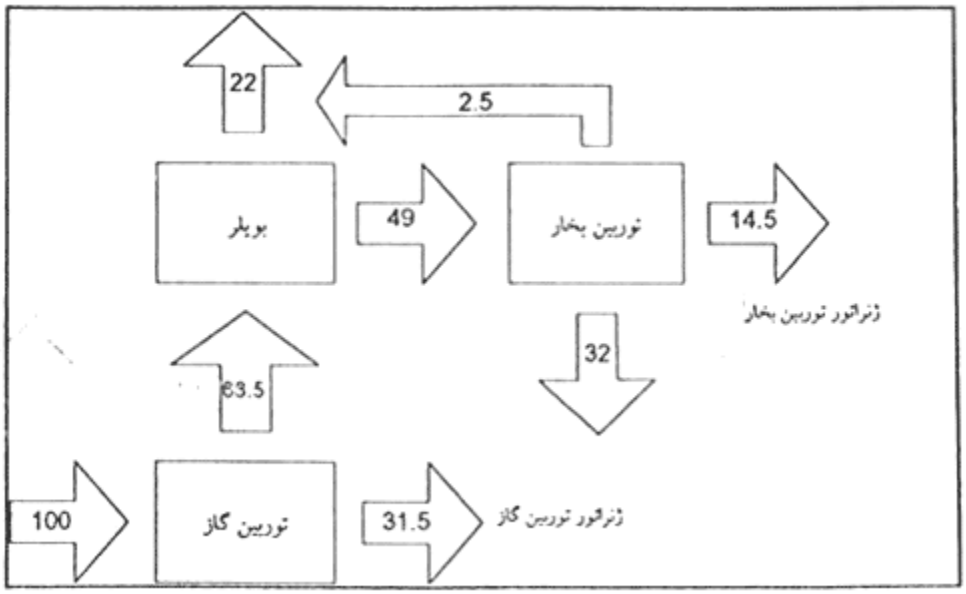
بر اساس نحوه استفاده از گاز خروجی ، نیروگاههای سیکل ترکیبی به سه دسته تقسیم بندی می شوند.

1) نیروگاههای سیکل ترکیبی بدون مشعل

در این نوع ، دود خروجی از اگزوز توربین گاز که حجم بالا و دمای زیادی (دمای گاز خروجی در بار اسمی در حدود 500 درجه سانتی گراد است) دارد به بویلری هدایت می شود و به جای مشعل و سوخت در واحدهای بخاری ، جهت تولید حرارت به کار می رود. بخار تولید شده نیز توربین بخار را به چرخش در می آورد. این امر باعث بالا رفتن راندمان مجموعه نیروگاهی می گردد ، ضمن آنکه هزینه های سرمایه گذاری به ازای هر کیلو وات تا حد قابل ملاحظه ای کاهش پیدا می کند . این مجموعه برای تولید برق پایه استفاده می شود و کارآیی آن در صورتی که فقط برای تولید برق به کار رود تا 50 درصد هم بالا می رود.

در مناطق سردسیر با بکارگیری توربین بخار با فشار خروجی زیاد (Back pressure) به جای کندانسور و برج خنک کن در تامین آب گرم و بخار مصرفی گرمایش مناطق شهری و صنعتی نیز استفاده می شود که در این صورت راندمان تا 80 درصد هم افزایش می یابد.

در شکل زیر شمای حرارتی نیروگاههای سیکل ترکیبی بدون مشعل آورده شده است:

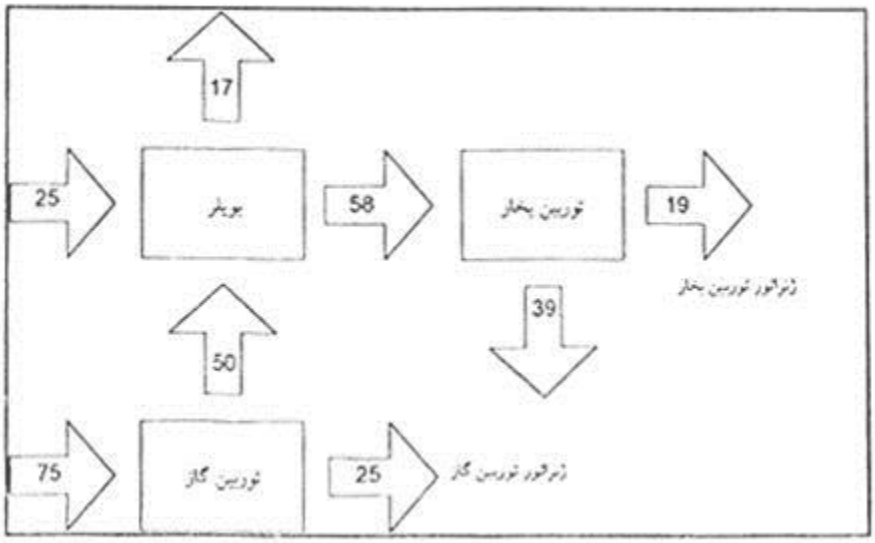


2) نیروگاههای سیکل ترکیبی با سوخت اضافی (مشعل)

در نیروگاههای سیلک ترکیبی بدون مشعل ، کارکرد بخش بخار وابستگی کامل به کارکرد توربین گاز دارد . در مواردی که نیاز به کارکرد دائمی بخش بخار وجود دارد با تعبیه مشعل در بویلر ، به گونه ای که در صورت توقف بخش گاز کارکرد قسمت بخار با اشکال مواجه نگردد ، عملکرد مستقل این دو بخش تامین می شود و بدین ترتیب ، این نوع نیروگاههای سیکل ترکیبی شکل گرفته اند.

این نوع سیکل ترکیبی عموماً به منظور بالا بردن قدرت و جلوگیری از نوسانات قدرت توربین بخار با تغییر بار توربین گاز به کار گرفته می شود . امکان کارکرد واحد بخار در نقطه کار مناسب تر با تعبیه مشعل ساده ، به کارگیری سوخت مناسب و استفاده از گاز داغ خروجی توربین گاز به عنوان هوای دم عملی است . قدرت واحد گاز و واحد بخار در حداکثر بار سیستم مساوی است . راندمان این نوع سیکل ترکیبی از واحد بخاری ساده بیشتر و از سیکل ترکیبی بدون مشعل کمتر می باشد . این نوع واحد ها غالباً در مواردی که علاوه بر تامین انرژی الکتریکی ، تامین آب مصرفی و یا بخار مورد نیاز واحدهای صنعتی نیز مد نظر باشد ، به کار می رود.

شکل زیر شمای حرارتی عمومی نیروگاههای سیکل ترکیبی با مشعل را نمایش می دهد:



3) نیروگاههای سیکل ترکیبی جهت تامین هوای دم کوره بویلر

این نوع سیکل ترکیبی مشابهت زیادی با توربین بخار معمولی دارد با این تفاوت که در نیروگاه بخاری ساده از سیستم پیش گرم کن هوا و فن تامین کننده هوای دم که خود مصرف کننده انرژی است استفاده می گردد . لیکن در این گونه سیکل ترکیبی،سیستم گرمایش و فن دمنده هوای احتراق کوره را توربین گاز بر عهده گرفته است . بدین ترتیب راندمان واحد بخاری ساده با جانشین کردن سیستم تامین هوای دم با توربین گاز ، بطور نسبی بهبود می یابد.

معمولا این نوع سیکل ترکیبی در نیروگاههای بخاری بزرگ که سوخت آن ذغال سنگ و یا مازوت می باشد ، به کار می رود . قدرت تولیدی توربین گاز در این نوع سیکل حداکثر 20 درصد قدرت تولید کل نیروگاه است.

بررسی بیشتر نیروگاههای سیکل ترکیبی

کاربرد گونه های مختلف سیکل های ترکیبی متفاوت می باشد ولی از آنجایی که سیکل های ترکیبی بدون مشعل در ارتباط با تولید بار پایه و میانی از اولویت بیشتری برخوردار است

(هزینه سرمایه گذاری کمتر، مدت زمان نصب و راه اندازی کمتر ، راندمان بالاتر و قابلیت انعطاف بیشتر)، ذیلاً به تشریح این نوع چرخه ها می پردازیم:

سیکل های ترکیبی بدون مشعل

هدف اصلی در این نوع سیکل های ترکیبی ، استفاده مجدد از حرارت تلف شده اگزوز توربین گاز به منظور بالا بردن بهره وری سوخت می باشد.

جهت حصول به هدف فوق و به حداقل رساندن هزینه ها ، سه رویه اجرایی در ابتدا مد نظر قرار گرفت و بر اساس آن سازندگان مختلف و تولید کنندگان انرژی الکتریکی نسبت به نصب هر سه گونه سیکل اقدام نمودند که ذیلاً معرفی و تشریح می شوند:

یک توربین گاز ، یک بویلر و یک توربین بخار

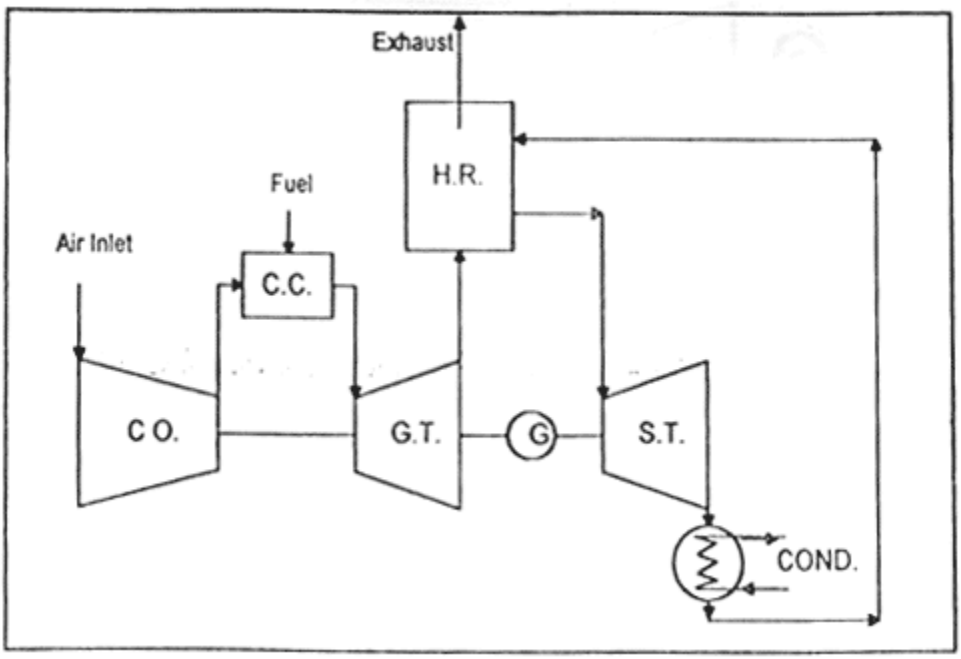
آرایش این گونه سیکل های ترکیبی بر پایه تقلیل هزینه سرمایه گذاری اولیه می باشد و حاصل تجارب اولیه در زمینه کاربرد چند توربین گاز با یک ژنراتور می باشد.

در این روش محور توربین گاز و محور توربین بخار و محور ژنراتور مشترک بوده و بصورت مجموعه واحد عمل می کند.

طرز کار کلی سیستم به این صورت است که گاز حاصل از احتراق توربین گاز ، قسمتی از انرژی

مکانیکی خود را جهت به چرخش در آوردن توربین گاز مصرف می کند . گاز داغ خروجی از توربین گاز ، ضمن عبور از بویلر و تولید بخار وارد اتمسفر می گردد. بخار تولیدی در بویلر ، در توربین بخار منبسط شده و قسمتی دیگر از نیروی مکانیکی لازم جهت تولید انرژی الکتریکی در ژنراتور را تامین می کند.

طرح کلی این سیستم در شمای زیر منعکس می باشد:



در این روش به سبب اینکه غالباً ضریب قابلیت بهره برداری توربین گاز از بویلر و توربین بخار کمتر می باشد ، اگزوز کمکی برای توربین گاز بکار نمی رود و قابلیت بهره برداری کل مجموعه معادل توربین گاز خواهد بود و انجام بازدیدها و تعمیرات بویلر و توربین بخار منطبق با برنامه تعمیرات توربین گاز می باشد . به سبب عدم کاربرد اگزوز کمکی ونیز استفاده از ژنراتور مشترک ، هزینه سرمایه گذاری پایین است . ضمناً در مواردی که تامین آب گرم مصرفی و یا گرمایش شهر ی مورد نظر باشد معمولاً ژنراتور مستقل برای واحد بخار ملحوظ می شود.

بطور کلی محاسن و معایب این گونه سیستم ها به صورت زیر است:

الف) محاسن:

1) هزینه سرمایه گذاری کمتر

2) سادگی زیاد و معالاً تجهیزات بهره برداری کمتر

3) هزینه تعمیرات و بهره برداری کمتر

4) تلفات کمتر

5) زمان نصب سریعتر

ب) معایب:

1) عدم امکان بهره برداری از توربین گاز در صورت وجود عیب بر روی تجهیزات بخار (عدم قابلیت انعطاف)

2) وجود تلفات زیاد انرژی در نیم بار

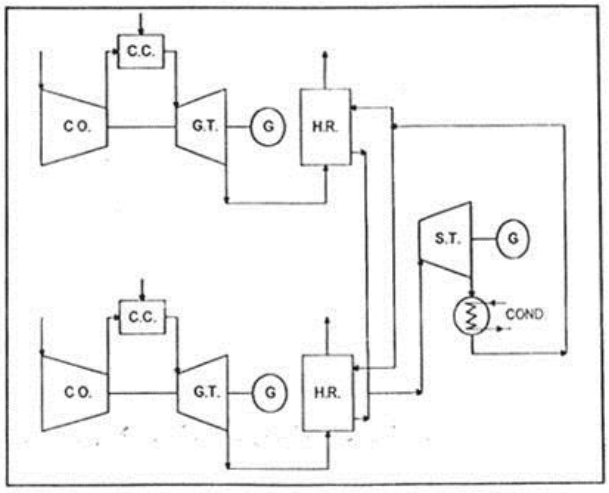
بدین ترتیب معمولاًٍ این گونه آرایش در سیکل ترکیبی به کار می رود که هدف از احداث آن تولید و تامین بار پایه باشد.

چند توربین گاز ، چند بویلر و یک توربین بخار

الف) دو یا چند توربین گاز ، دو یا چند بویلر و یک توربین بخار

بجز حالات استثنا ، متداول ترین گونه در این نحوه آرایش ، دو توربین گاز با بویلر های مربوطه و یک توربین بخار می باشند.

نحوه آرایش این نوع واحدها به شکل زیر است:



در این روش معمولاً 1/3 از انرژی الکتریکی را به توربین بخار و 2/3 آن را توربین گاز تولید می نماید.

گاز داغ خروجی از هر توربین گاز وارد مستقیماً وارد بویلر مخصوص به خود می گردد. بخار خروجی از بویلر نیز وارد هدر (Header) مشترک شده و توربین بخار را تغذیه می نماید.

از آنجایی که قابلیت بهره برداری بویلر و توربین بخار بیش از توربین گاز می باشد در این آرایش این امکان وجود دارد که در صورت توقف یک واحد گازی ، واحدهای گازی دیگر بتوانند به همراه توربین بخار کار کنند.

قدرت ژنراتور واحدهای گازی و واحد بخار دو توربین گاز مشابه می باشد . متناسب با سلیقه بهره برداری می توان با تعبیه اگزوز کمکی در حد فاصل توربین گاز و بویلر ، کارکرد مستقل توربین گاز را (در صورت توقف توربین بخار یا بویلر) فراهم نمود.

در این روش ایجاد امکان تعمیرات بر روی بویلر ضروری می باشد که مستلزم تعبیه دمپرهای مناسب است . (دمپر وسیله ای است که در محل خروج گاز داغ از توربین گاز قرار می گیرد و با ایستادن در وضعیت های مختلف ، امکان انتقال گاز داغ را به اگزوز و یا بویلر فراهم می آورد .) البته وجود دمپر مستلزم انجام تعمیرات خاص و بازدیدهای ویژه می باشد که این امر به نوبه خود باعث کاهش قابلیت بهره برداری می گردد. همچنین وجود دمپر پس از مدتی بهره برداری باعث تلفات گاز داغ می گردد که نهایتاً کاهش راندمان را در پی خواهد داشت.

برخی سازندگان و تولید کنندگان انرژی الکتریکی جهت ایجاد امکان بهره برداری غیر هم زمان توربین گاز و بخار ، به جای اگزوز کمکی کندانسور کمکی را توصیه می نماید . حسن این روش در این است که ضمن ایجاد امکان بهره گیری از توربین گاز در مواقع توقف توربین بخار و جلوگیری از تلفات گاز داغ از طریق اگزوز کمکی ، راه اندازی سریع بویلر و توربین بخار را باعث می گردد . این روش بیشتر در مواردی که فروش بخار و یا آب گرم مصرف شهری و صنعتی نیز مد نظر باشد مورد استفاده قرار می گیرد.

محاسن و معایب سیستم دو یا چند توربین گاز ، دو یا چند بویلر و یک توربین بخار در قیاس با واحد بخاری ساده به صورت زیر است:

الف) محاسن:

1) هزینه سرمایه گذاری کمتر
2) امکان اجرای مرحله ای طرح
3) زمان نصب کوتاه تر
4) قابلیت انعطاف بیشتر و امکان بهره برداری جزء به جزء
5) راندمان بیشتر در حالت نیم بار

ب) معایب:

1) نیاز به سوخت مرغوب تر
2) عوامل کنترل بیشتر

این گونه آرایش در مواردی که هدف تامین بار پایه و میانی است به کار می رود.

ب) چند توربین گاز ، یک بویلر و یک توربین بخار

علت اصلی مطالعه بر روی این چنین آرایشی تحلیل هزینه سرمایه گذاری به حداقل ممکن می باشد در ابتدای امر به سبب عدم تقارن نوع سه توربین گاز و یک بویلر و عدم امکان توزیع یکنواخت گاز داغ به داخل بویلر ، خوردگی و فرسودگی های ایجاد شده ناشی از آن باعث شد مطالعه بر روی این نوع آرایش ها مردود شناخته شود.در صورت موفقیت در بهر ه گیری از این نوع آرایش ، در واقع ضریب آمادگی سیستم وابستگی کامل به بویلر پیدا می کرد.

در عمل به علت اینکه امکان کارکرد همزمان توربین های گازی ، بویلر و توربین بخار کم است و

نیز گاز داغ را نمی توان در حالات مختلف به طور یکنواخت در بویلر توزیع نمود ، این روش تولیدی با اقبال مواجه نگردید.

یک توربین گاز ، یک بویلر و چند توربین بخار

قدمت زیاد واحدهای بخاری و امکان باز سازی مجدد آنها و شرایط کار این گونه واحدها باعث شد که غالب تولیدکنندگان انرژی الکتریسیته به فکر بازسازی این گونه واحدها با استفاده از واحدهای گازی بیفتند. در این روش ضمن ایجاد امکان به کار گیری مجدد از سرمایه گذاری انجام شده ، می توان نسبت به افزایش راندمان واحدهای قدیمی تر نیز اقدام کرد.

این روش بازسازی و نوسازی تنها برای واحدهای گازسوز و یا با سوخت مایع امکان پذیر است .

این روش بدان جهت قوت گرفت که غالباً قسمت حساس واحدهای بخاری یعنی بویلر آنها ، معمولاً پس از مدتی کارکرد نیاز به بازسازی کامل دارد در صورتی که توربین و سایر متعلقات آن با انجام تعمیرات جزیی قابل استفاده مجدد می باشند. بدین ترتیب با تلفیق تکنولوژی قدیمی (توربین بخار) که دارای شرایط کار قابل انطباق با شرایط تکنولوژی جدید توربین گاز می باشد ، شرایط بهره برداری مناسبی از توربین گاز جدید و توربین بخار قدیمی فراهم می آید. به عنوان مثال در صورتی که هدف بازسازی سه واحد بخار 20 مگاواتی باشد ، می توان به جای نوسازی سه بویلر، با نصب یک واحد توربین گاز 120 مگاواتی و یک بویلر بدون مشعل ، ضمن افزایش قدرت مجموعه به 180 مگاوات ، با جزئی سرمایه گذاری بیشتر راندمان مجموعه را از 30 درصد ، که در صورت کارکرد مستقل هر کدام حاصل می شود ، به بیش از 40 درصد افزایش داد که البته این افزایش 10 درصدی در راندمان هزینه های سوخت را به میزان 1/3 کاهش خواهد داد.

مدل مربوط به این طرح در شکل زیر آورده شده است: