شرکت صنایع وستوی

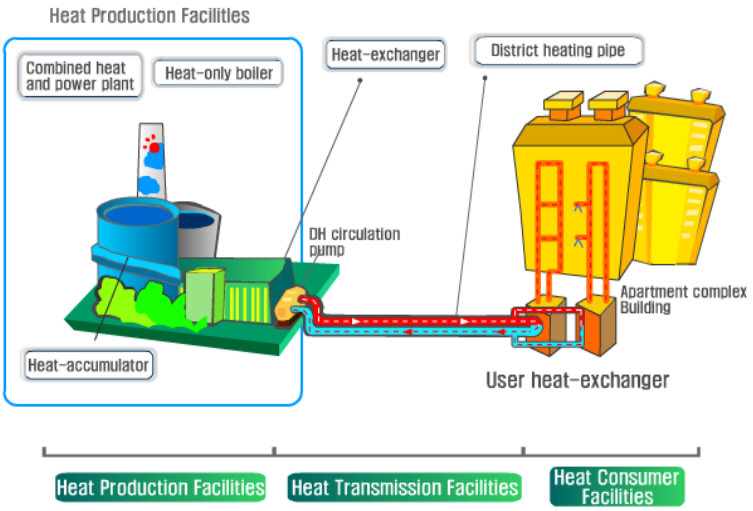
طرح توجیه فنی استفاده از سیستم های تولید همزمان برق و حرارت

THECHNICAL JUSTIFICATION

CHP (Combined Heat & Power System)

WHRB (Waste Heat Recovery Boiler)

GAS TURBINES & ENGINE



پیش گفتار

تداوم رشد مصرف انرژی در کشور به همراه بهره وری پایین تولید، انتقال و توزیع انرژی سبب، گردیده است تا آینده نامطلوبی برای این بخش در حال وقوع باشد، به گونه‌ای که حتی در صورت تحقق کلیه برنامه‌های توسعه بالادستی ظرف مدت ده سال آینده، مصرف انرژی از تولید انواع انرژی اولیه از جمله نفت و گاز فراتر رفته و کشور به واردکننده ی انرژی تبدیل خواهد گردید.

این امر قطعاً اثرات اقتصادی و اجتماعی بسیار نامطلوبی را به همراه خواهد داشت. این در حالی است که با اجرای برنامه و سیاستهای اجرایی مدیریت و افزایش بازده و همچنین افزایش بهره وری در عرضه و ایضاً تقاضای انرژی با هدف جلوگیری از اتلاف انرژی در بخش‌های مختلف عرضه و تقاضا و بازیافت آن به منظور ارتقاء کارآیی انرژی در بخش‌های یاد شده و مدیریت بهینه منابع سوخت و انرژی کشور و صیانت از محیط زیست می‌توان انتظار داشت اقدامی عملی و اجرایی برای مقابله با بحران پیش رو در کشور اجرا گردد.

مدیریت کارآیی انرژی به تنهایی وتحت تأثیر تعادل میان عرضه وتقاضای انرژی به وجود نخواهد آمد ولازم است دولتها و مراجع سیاست گذار وتصمیم گیر از راهکارهای مناسب برای نیل به آن استفاده کنند.از جمله راهکارهای درحال استفاده در کشورهایی که پیشرفتهای بسیاری را در این زمینه برای آن جوامع بهمراه آورده است ، تولید همزمان برق و حرارت در محل مصرف است .

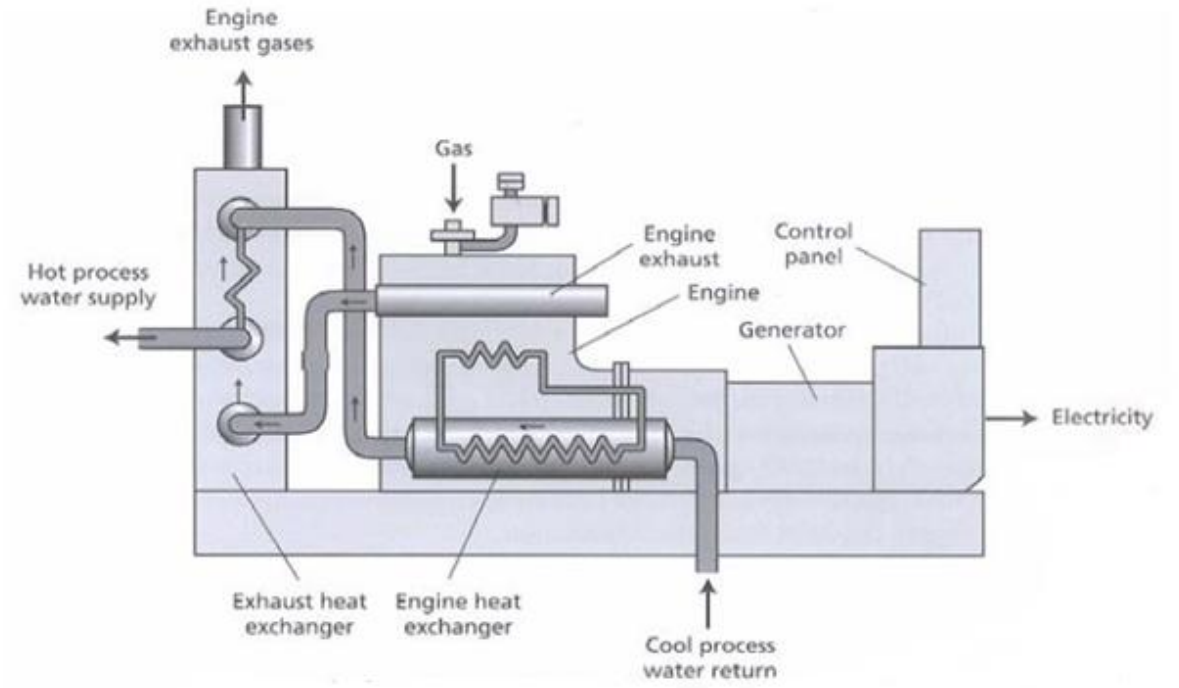
در سه دهه اخیر پس از افزایش عمده بهای سوخت ، اهمیت بحث سوخت جایگزین ، افزایش کارآیی انرژی و کاهش آلودگی زیست محیطی ، تمایل به استفاده از فن آوری های جدید از جمله تولید همزمان برق و حرارت(CHP) افزایش یافته است . در روشهای معمول برای تامین نیازهای الکتریکی و حرارتی، الکتریسته از شبکه توزیع سراسری و حرارت بوسیله سوزاندن سوخت در بویلرها و تجهیزات گرمازا به روش تولید جداگانه تامین می گردد . در این روش انرژی قابل توجهی به گونه ای متفاوت از طریق گازهای داغ خروجی دودکش ، برجهای خنک کن، کندانسورها، خنک کننده ها در موتورهای احتراق داخلی و همچنین تلفات توزیع و انتقال الکتریسیته در شبکه سراسری به هدر می رود ، که بیشتر این حرارت قابل بازیافت است و می تواند در تامین انرژی حرارتی مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی الکتریسیته تولیدی به این روش به صورت متمرکز (نیروگاهی) بوده و تلفات انرژی زیادی را در بردارد .

در مقابل این سیستم های متمرکز ، روشهای تولید غیر متمرکز و مستقل با استفاده از فن آوری (CHP) با ترکیبی از تولید همزمان برق و حرارت قرار دارد. از لحاظ ترمودینامیکی این روش به معنی تولید همزمان دو شکل معمول انرژی یعنی الکتریکی و حرارتی ، با استفاده از یک منبع انرژی اولیه میباشد . انرژی گرمایی از بازیافت تلفات حرارتی این مولدهای مستقل بدست می‌آید و این حرارت در بخش های مختلف صنعتی ، تجاری و مسکونی به کار گرفته می شود . از طرفی الکتریسیته تولیدی توسط این فناوری به صورت محلی و مستقل و غیر متمرکز بوده که این دو ویژگی در کنار یکدیگر ، کارآیی مولد های تولید برق را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد . کارآیی سیستم های معمول به روش متمرکز در حدود ۲۷ تا ۵۵ درصد میباشد که بیشترین کارآیی مربوط به نیروگاههای سیکل ترکیبی می باشد در حالیکه با بهره گیری از فن‌آوری تولید همزمان برق و حرارت به صورت مستقل ، کارآیی انرژی این مولد ها به حدود ۹۰ درصد نیز خواهد رسید ، تا آنجا که دولتهای اروپایی ، امریکا و حتی در کشورهای آسیایی نظیر ژاپن سیاستها و قوانینی را برای ترغیب به استفاده از سیستم های تولید همزمان برق و حرارت وضع نموده اند.

کشورهای دارای بیشترین ظرفیت نصب شده CHP

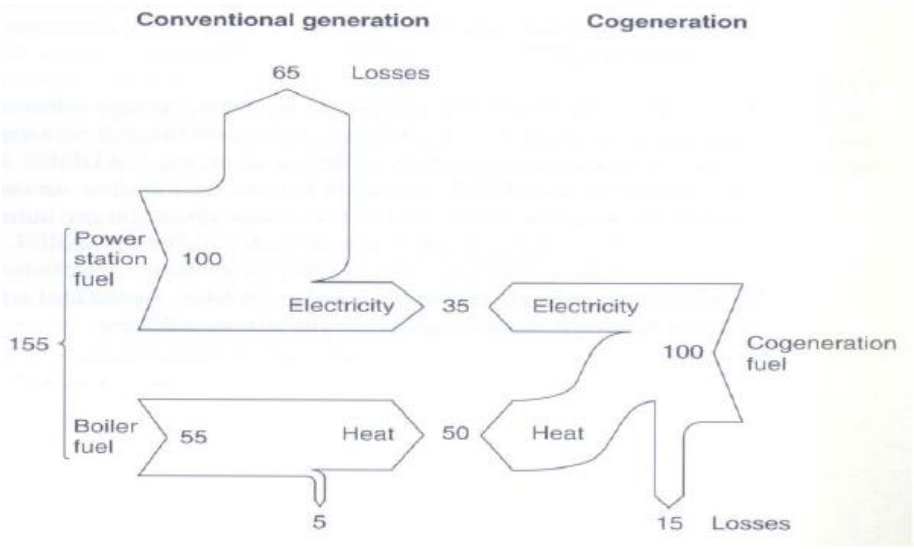
سازمان بهره وری انرژی ایران

ردیف	کشور	ظرفیت نصب شده (MW)	ردیف	کشور	ظرفیت نصب شده (MW)
۱	ایالات متحده آمریکا	۸٤۷۰۷	۱۹	جمهوری چک	٥۲۰۰
۲	روسیه	٦٥۱۰۰	۲۰	جمهوری کره	٤٥۲۲
۳	چین	۲۸۱٥۳	۲۱	سوئد	۳٤۹۰
٤	آلمان	۲۰۸٤۰	۲۲	اتریش	۳۲٥۰
٥	هند	۱۰۰۱۲	۲۳	مکزیک	۲۸۳۸
٦	ژاپن	۸۷۲۳	۲٤	مجارستان	۲۰٥۰
۷	لهستان	۸۳۱۰	۲٥	بلژیک	۱۸۹۰
۸	تایوان	۷۳۷۸	۲٦	استرالیا	۱۸٦٤
۹	هلند	۷۱٦۰	۲۷	سنگاپور	۱٦۰۲
۱۰	کانادا	٦۷٦٥	۲۸	استونی	۱٦۰۰
۱۱	فرانسه	٦٦۰۰	۲۹	برزیل	۱۳۱٦
۱۲	اسپانیا	٦۰٤٥	۳۰	اندونزی	۱۲۰۳
۱۳	ایتالیا	٥۸۹۰	۳۱	پرتغال	۱۰۸۰
۱٤	فنلاند	٥۸۳۰	۳۲	لیتوانی	۱۰٤۰
۱٥	دانمارک	٥٦۹۰	۳۳	ترکیه	۷۹۰
۱٦	انگلستان	٥٤٤۰	۳٤	لاتویا	٥۹۰
۱۷	اسلواکی	٥٤۱۰	۳٥	یونان	۲٤۰
۱۸	رومانی	٥۲٥۰	۳٦	ایرلند	۱۱۰

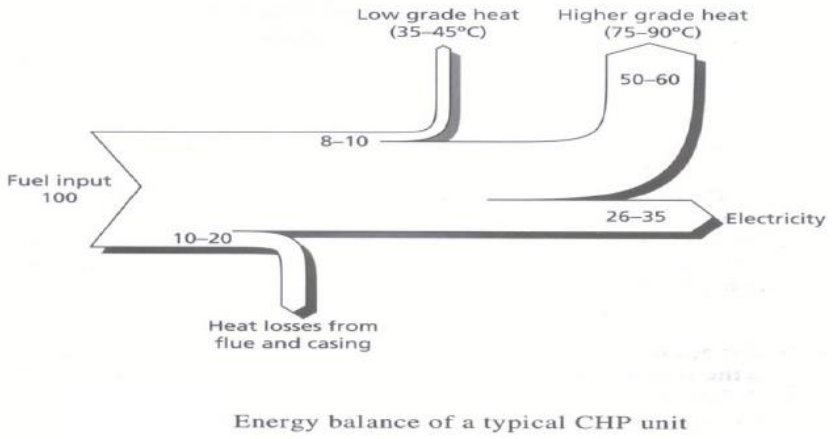


نوعی سیستم تولید مشترک برق و حرارت که مؤلفه‌های اصلی را نشان می‌دهد

کاهش در مصرف سوخت، هزینه سوخت مصرفی را در سبد اقتصادی واحد کاهش می‌دهد. همچنین از دید ملی، این صرفه‌جویی در مصرف سوخت می‌تواند چه از طریق‌صادرات و چه از طریق فراهم آمدن شرایطی برای استفاده‌های سودمندتر از سوخت فسیلی مزیت محسوب شود. به علاوه استفاده هر چه کمتر از سوخت‌های فسیلی باعث کاهش‌آلاینده‌های محیط زیست می‌شود. سیستم‌های CHP نه تنها توسط فیلترهایی از آزاد شدن‌آلاینده‌هایی مانند NOx ، CO2، CO و UHC جلوگیری می‌کند، بلکه کاهش ۳۵ درصدی سوخت در این دستگاه‌ها نقش بزرگی در کم شدن تولید آنها دارد.



مقایسه یک واحد CHP با نوع متداول



Energy balance of a typical CHP unit

بالانس انرژی یک واحد تولید مشترک برق و حرارت

اندازه سیستم CHP بر حسب توان الکتریکی تولیدی آن بیان می‌شود و در یک طبقه‌بندی رایج در سه طیف عمده تقسیم‌بندی می‌شود.

Large-Scale CHP	> 25 Mwe
Small-Scale CHP	1~25 Mwe
Mini-Scale CHP	< 1 Mwe

گر چه بطور قطع نمی‌توان زمینه استفاده CHP ها را بر این تقسیم‌بندی منطبق دانست اما عموماً اندازه‌های بیش از چند مگاوات را در بخش صنعت، کمتر از 1^{Mwe} را دربخش تجاری و اندازه‌های کوچک را در مصارف خانگی استفاده می‌کنند. البته مجدداً لازم به‌یادآوری است که استفاده از CHP تنها در تولید برق و آب داغ یا بخار کم فشار محدود می‌شود و اتفاقاً در اندازه‌های بزرگتر آن از توان محور برای بکار انداختن کمپرسورهای چیلر،یخچال‌های صنعتی و یا هوای فشرده و از حرارت استحصالی برای گرمایش محیط به طور مستقیم، چیلرهای جذبی و حرارت مورد نیاز فرآیندهای صنعتی مانند خشک‌کن استفاده می‌شود.

موارد کاربرد تولید مشترک برق و حرارت

در واحدهایی که بطور همزمان به حرارت و توان نیاز دارند، پتانسیل ایجاد تولید مشترک وجود دارد. البته در صورتی که سیستم مصرف انرژی خصوصیات زیر را داشته باشد، صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه انرژی بدست آمده و سیستم تولید مشترک جذاب تر و مقرون به صرفه‌تر خواهد بود.

مشخصات یک سیستم ایده آل برای نصب و اجرای تولید مشترک :

- نیاز حتمی به توان الکتریکی

- افزونی موارد استفاده انرژی حرارتی نسبت به انرژی الکتریکی

- الگوهای بار پایدار و ثابت انرژی حرارتی و الکتریکی

- طولانی بودن ساعات بهره‌برداری فرآیند

- قیمت بالای برق شبکه یا عدم دسترسی به شبکه

انرژی حرارتی مورد نیاز به منظور اهداف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد :

خشک کردن، پیشگرم نمودن، تولید بخار فرآیند، محرک تجهیزات بازیافت حرارت و تولید آب سرد، آب گرم، سیال داغ و غیره.

بعضی از دامنه‌های کاربرد کاملاً مؤثر سیستم تولید مشترک عبارتند از :

الف – تولید مشترک در Utility

- سرمایش و گرمایش منطقه‌ای

ب – تولید مشترک در صنعت

- صنایع غذایی

- صنایع دارو سازی

- صنایع کاغذ و مقوا

- پالایشگاه و پتروشیمی

- صنایع نساجی

- صنایع فولاد

- صنایع سیمان

- صنعت شیشه

- صنعت سرامیک

- و ...

هم چنین برای تأمین برق و نیاز گرمایشی واحدهای مسکونی مانند آپارتمان ها، برج ها و حتی برای واحدهای مسکونی تک خانوار می‌توان از آن استفاده کرد. به عبارت ساده‌تر سیستم CHP برای واحدهایی که نیاز توأمان به برق و حرارت و برودت داشته باشند، مفید است.

دانستن نیاز واقعی واحد مصرف‌کننده به برق و حرارت در انتخاب درست اندازه CHP و نحوه استفاده از آن تأثیر فراوانی دارد. یک سیستم CHP مطلوب به گونه‌ای است که حداقل ۴۵۰۰ ساعت در طول سال فعال باشد . (برای اندازه‌های Mini CHP تا ۳۰۰۰ ساعت نیز قابل قبول است.) و تا جایی که ممکن است روشن بودن آن مداوم باشد و پی در پی قطع و وصل نشود. این معیار اولیه در انتخاب اندازه CHP به گونه ای موثر است که عدم رعایت آن هزینه های مضاعفی را چه برای خرید دستگاه و چه برای تعمیر و نگهداری بر کاربر تحمیل می کند.

معمولاً سیستم CHP به تنهایی کاربرد ندارد، یعنی برای تأمین تمام نیاز واحد تنها CHP در نظر گرفته نمی‌شود. از نظر تولید برق در زمانهایی از CHP استفاده می‌شود که هزینه برق تولیدی در مقایسه با برق خریداری شده از شبکه مقرون به صرفه باشد.(لذا گاهی در برخی از ساعات شبانه‌روز خرید برق از شبکه مقرون به صرفه‌تر خواهد)

حرارت تولیدی CHP نیز در اغلب موارد تمام نیاز واحد را پوشش نمی‌دهد، لذا در کنار آن از یک بویلر نیز استفاده می‌شود. همچنین توصیه می‌شود در کنار سیستم CHP یک مخزن آب گرم(a buffer storage) تعبیه شود که علاوه بر فراهم بودن همیشگی آب گرم، امکان نصب یک آب گرمکن ثانویه (مانند بویلر مذکور) نیز باشد. بدین ترتیب علاوه بر اقتصادی‌تر شدن سرمایه‌گذاری، عدم انطباق زمان تولید و مصرف آب گرم برطرف می‌شود. از آنجاییکه امکان فروش برق تولیدی مازاد بر مصرف توسط CHP، به شبکه برق وجود دارد، لذا معیار اصلی در انتخاب اندازهٔ CHP ،دیماند حرارتی واحد می‌باشد، تا مازاد حرارت تولید نشود، اما از طرف دیگر نباید مصرف برق بگونه‌ای باشد که بار اعمالی‌کمتر از ۵۰٪ بار نامی سیستم شود چرا که این موضوع افت شدید راندمان را در پی دارد. علاوه بر انتخاب اندازه ی مناسب، نوع سیستم CHP نیز اولاً برای توانایی تأمین‌نیازهای کاربر و ثانیاً از لحاظ صرفه

نگاهی گذرا به تکنولوژی‌های متداول سیستم تولید مشترک برق و حرارت

افزایش آگاهی از مزایای سیستم تولید مشترک، انگیزه ای برای نصب و راه اندازی سیستم های تولید مشترک در نواحی مختلف جهان شده است. عمومی‌ترین اشکال سیستم تولید مشترک بر اساس توربین گاز، موتور دیزل (احتراق داخلی) و سیکل توربین بخار می‌باشد. از سه تکنولوژی یاد شده، تولید مشترک توربین گاز، سریعترین پیشرفت را در سالهای اخیر تجربه کرده است. بخش صنعت مهمترین مشتری سیستم تولید مشترک می‌باشد. به طوریکه در سالهای اخیر با توجه به رشد سریع سیستم تولید مشترک توربین گاز در بخش‌صنعت، کارآیی کارخانه ها بطور قابل توجهی افزایش یافته و هزینه‌های نصب کاهش یافته است.

علاوه بر آن Package (سیستم‌های یکپارچه) تولید مشترک به سادگی و سریع ساخته و نصب می‌شوند. سیستم تولید مشترک موتور دیزل (احتراق داخلی) برای مصرف کننده‌های کوچکی که نیاز بیشتری به انرژی الکتریکی دارند و یا به کیفیت انرژی حرارتی پایینی نیاز دارند(بخارفشار پایین یا آب گرم) مناسب می‌باشد. بیمارستان ها و ساختمان های تجاری، نمونه‌ای از مشتریان سیستم تولید مشترک موتور دیزل هستند. سیستم تولید مشترک موتور دیزل هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه پایین و در استفاده از سوختهای مختلف انعطاف‌پذیری دارد. علاوه بر آن در این سیستم، بر خلاف توربین گاز، درجه حرارت و آب و هوای محیط تأثیری بر آن ندارد. به همین دلیل برای کشورهایی با آب و هوای گرم کاملاً مناسب است.

سیستمهای پایه تولید همزمان برق و حرارت (Basic Cogeneration System)

سیکلهای بالادست و پائین دست (Topping and Bottoming Cycles)

یک سیستم تولید همزمان را می‌توان به دو صورت سیکل بالادست و سیکل پایین دست تعریف کرد. در این سیستم یک محرکه اولیه با مصرف سوخت، قدرت لازم برای یک ژنراتور را که تولید کننده ی برق است تولید می‌نماید. این برق را می‌توان بصورت کامل در محل مصرف کرد یا اینکه به شبکه توزیع برق متصل کرد و به مصرف کنندگان محلی یا مشتریان دیگر فروخت.

گازهای داغ خروجی به یک دیگ بازیابی حرارت Heat Recovery Boiler(HRB) هدایت می‌گردد تا تولید بخار یا آب داغ کند. بخار یا آب داغ در محل برای فرآیند یا گرمایش ساختمان ها استفاده می‌شود. این سیستم تولید همزمان به نام سیکل بالادست طبقه‌بندی می‌شود، چون توان الکتریکی ابتدا در درجه حرارت بالا، ناشی از فرآیند احتراق سوخت تولید شده و سپس‌انرژی دفع شده (اگزوز شده) برای تولید انرژی حرارتی مفید مورد استفاده قرار می‌گیرد.

دیگر طبقه‌بندی سیستم‌های تولید همزمان، سیستمهای سیکل پایین دست می‌باشند. گازهای حاصل از احتراق با درجه حرارت بالا ابتدا در فرآیند حرارتی درجه‌حرارت بالا مورد استفاده قرار گرفته (مثل فرآوری فلزات در درجه حرارت بالا) و سپس‌گازهای با درجه حرارت پایین در یک سیکل درجه حرارت پایین مخصوص برای تولید توان الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

سیستمهای تولید مشترک با سیکل پایین دست، کاربردهای کمتری نسبت به سیستم های با سیکل بالا دست دارند و بایستی با سیستم‌های بازیابی حرارت اتلافی مثل گرم کننده‌های آب تغذیه، ری‌کوپراتورها و مبدل های حرارت فرآیند مقایسه و در رقابت باشند. یکی از مشکلات موجود در سیستم های سیکل پایین دست، همانا سیکل تولید توان الکتریکی با درجه حرارت پایین است.

سیکل‌های ترکیبی (Combined Cycles)

یک شکل خاص از نیروگاه ها که کاربرد زیادی در صنعت دارند، بر اساس سیکل بالا دست در نیروگاه ها شناخته شده اند. در این ترکیب (فرآیند) از یک توربین گاز برای تولید برق استفاده شده و گاز خروجی به یک بازیاب مولد بخار هدایت می‌شود. بخار آنگاه به یک‌توربین بخار هدایت شده و تولید برق اضافی می‌کند. این چنین نیروگاه برق سیکل ترکیبی‌غالباً بنام Gas Turbine (CCGT) Combined Cycle نامیده می‌شود. در یک کاربرد همزمان، مقداری بخار برای تأمین نیازهای حرارتی مورد نیاز خواهد بود. همانطور که انتظار می‌رود سیکلهای ترکیبی دارای نسبتهای توان به حرارت بالا بوده و راندمان الکتریکی بالایی دارند. طراحی‌های فعلی می‌توانند منوط به تجهیزات و محل و جزییات کاربرد مشخص، دارای راندمان‌های الکتریکی تا ۵۵٪ باشند. این طراحی‌ها برای نیروگاه های سیکل ترکیبی، قدرت‌توربین گاز را بین ۱/۵ تا ۳/۵ برابر قدرت بدست آمده از توربین بخار افزایش می‌دهد. این نیروگاهها غالباً بصورت سیستمهای بار پایه با کارکرد بیش از ۶۰۰۰ ساعت در سال می‌باشند.

کاربرد سیستمهای تولید همزمان برق و حرارت (Application of Cogeneration Systems)

در سیستمهای تولید همزمان از انواع تجهیزات استفاده شده و ممکن است برای رفع نیاز به خصوص، در یک محل مشخص طراحی گردند. از طرف دیگر، بسیاری از واحدها دارای احتیاجات مشابه بوده و سیستمهای تولید همزمان پکیج (از قبل طراحی شده) می‌توانند این احتیاجات را رفع کرده و از جهت اقتصادی بر سیستمهای مهندسی طراحی از ابتدا، ترجیح داده می‌شوند. آنچه در ذیل می‌آید مثالهائی برای سیستمهای تولید همزمان در ۳ بخش مختلف اقتصادی می‌باشد. سیستم‌های تولید همزمان در تمام بخشهای اقتصادی دنیا وجود دارند. برای سادگی مقایسه، سیستمهای تولید همزمان را غالباً در یکی از ۳ گروه زیر تقسیم بندی می‌کنند.

۱ – صنعتی

۲ – اداری

۳ – تجاری

انواع و اندازه های سیستم تولید همزمان در این ۳ بخش تا اندازه ای با یکدیگر تطابق دارند ولی برای تشریح انواع کاربردها این تقسیم بندی سه گانه کار را راحت می‌کند. در این بخش مثالهایی در مورد انوع کاربردهایی که وجود دارند آورده می‌شود.

بخش صنعتی (Industrial Section)

بخش صنعت در مقایسه با دیگر بخشهای اقتصادی، قدیمی‌ترین، بزرگترین و بیشترین تعداد را در سیستم‌های تولید همزمان دارا می‌باشد. بسیاری از صنایع دارای تاریخچه غنی و دائمی ازکاربردهای تولید همزمان می‌باشند. بخش صنعت به چندین دلایل عمده‌ترین کاربرد تولید همزمان را داشته است. واحدهای صنعتی غالباً بطور پیوسته کار کرده و در آنها نیازهای برقی و حرارتی همزمان وجود داشته و پیشاپیش دارای نیروگاه و پرسنل متخصص مربوطه می‌باشند. صنایعی که مشخصاً مصرف کننده بالای انرژی هستند، مثل صنایع پتروشیمی و چوب و کاغذ و صنایع غذایی بهترین موارد برای تولید همزمان هستند. بسیاری از این صنایع دارای ظرفیت تولید همزمان چند صد مگاوات نیروی برقی در محل هستند. به علاوه صنایع با ظرفیت متوسط و کوچک نیز می‌توانند از تولید همزمان استفاده کنند

بخش اداری (Institutional Section)

بخش اداری شامل طیف گسترده ای از مراکز غیر انتفاعی شامل دانشگاه ها، کالج ها و مدارس، ساختمان‌های دولتی بزرگ، بیمارستان ها، مراکز نظامی و دیگر مراکز غیر انتفاعی می‌باشد. بسیاری از این مراکز اگر هم بطور پیوسته مورد استفاده قرار نگیرند در ساعات زیادی از روز مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعضی مراکز (مانند بیمارستان ها) ممکن است ازقبل برای توان رویارویی با شرایط اضطراری دارای سیستم تولید برق اضطراری که بتوان از آن در سیستم تولید همزمان استفاده کرد باشند. اگر چه یک بیمارستان بزرگ یا یک دانشگاه بزرگ را نمی‌توان با یک واحد صنعتی بزرگ مقایسه کرد، ولی گاهی در این موارد به ۵۰ مگاوات یا بیشتر، نیروی برقی تولید شده بصورت همزمان نیاز است.

بخش تجاری (Commercial Section)

بخش‌های تجاری شامل طیف گستردهای از مراکز انتفاعی شامل مراکز تجاری، هتل‌ها، متل‌ها، آپارتمان ها و مجتمع‌های مسکونی، رستوران ها، مراکز خرید، خشک شویی‌های صنعتی وآزمایشگاه ها می‌شود. عموماً این بخش کوچکتر نیز تولید کننده‌های همزمان را شامل شده ومزایای اقتصادی در این بخش در مقایسه با دیگر بخش‌ها کمتر بوده مگر اینکه نرخ های برق بطور غیرعادی بالا باشد. از

آنجاییکه بسیاری از این مراکز خصوصیات مشابهی را دارند، غالباً استفاده از سیستم‌های تولید همزمان آماده و طراحی شده از قبل امکان پذیر می‌باشد. (Package) استفاده از این واحدها ارزانتر از حالتی است که در آن طراحی از ابتدا صورت گرفته باشد.

تجهیزات و اجزاء سیستم تولید مشترک برق و حرارت (Equipment and Components)

سیستم های تولید همزمان شامل چندین دستگاه عمده و بسیاری اجزاء کوچکتر می باشند.

محرکهای اولیه (Prime Movers)

محرکهای اولیه شامل دستگاه هایی است که انرژی سوخت را به قدرت محور چرخنده تبدیل کرده تا ژنراتورهای برقی را به حرکت درآورند. محرک های اولیه که غالباً در سیستم‌های تولید همزمان استفاده می‌شوند عبارتند از : توربین‌های بخاری، توربین‌های گازی، موتورهای رفت و برگشتی و میکروتوربین ها. در این قسمت به تشریح محرک‌های اولیه می‌پردازیم . تفاوت عمده بین محرکهای اولیه ابتدا در سوختهایی است که آنها استفاده می‌کنند و دیگر اینکه در فرآیند احتراق آنها و راندمان حرارت کلی، نوع، مقدار و درجه حرارت انرژی دفع شده می‌باشد.

توربین‌های بخار (Steam Turbines)

از توربین‌های بخار در نیروگاه ها و صنعت بطور گسترده استفاده می‌شود. توربین‌های بخار از بخار با فشار و درجه حرارت بالای یک بویلر استفاده می‌کنند. بخار، درون توربین جریان یافته و توربین را به گردش در می‌آورد. بخار خروجی از توربین در درجه حرارت و فشار پایین می‌باشد. اختلاف عمده ی توربین بخار نسبت به موتورهای رفت و برگشتی و توربین‌های گاز دراحتراق است که در خارج و در یک دستگاه مجزا به نام بویلر اتفاق می‌افتد. این کار اجازه می‌دهد تا از طیف گسترده ای از سوختها از جمله سوخت های منجمد نظیر زغال سنگ یا مواد ضایعاتی جامد استفاده کرد.

البته بخار خروجی می‌تواند برای مصارف گرمایش و یا تأمین انرژی مورد نیاز چیلر جذبی نیز مورد استفاده قرار بگیرد. توربین‌های بخار در اندازه‌ها و شکلهای مختلف موجود هستند. یک تفاوت عمده در آنها این است که توربین بخار ما تقطیرکننده است یا غیر تقطیرکننده (Condensing or Noncondensing (Back Pressure) Turbine) توربین‌های بخار کندانس شونده، اینگونه هستند که بخار در فشار پائین (کمتر از فشار اتمسفریک) ازتوربین خارج شده به صورتی که بخار را بتوان در یک کندانسور با درجه حرارتهایی نزدیک به درجه حرارت محیط، تقطیر کرد.

توربین‌های بخار تقطیری بیشترین قدرت برقی را تأمین کرده و بنابراین پر مصرف‌ترین نوع توربین در نیروگاه ها و سرویس‌های برقی می‌باشند. از آنجاییکه بخار خروجی، انرژی در دسترس کمی را داراست، از کاربرد توربین‌های بخار تقطیری برای تولید همزمان صرف نظر می‌گردد.

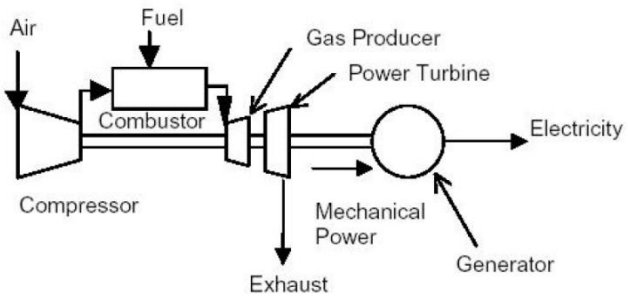
توربین‌های بخار غیر تقطیری توربین‌های بخاری هستند که بخار خروجی آن در فشاری بالاتر از فشار اتمسفریک قرار دارد. این توربین‌های بخار را توربین‌های بخار با فشار عقب (Back-Pressure Steam Turbine) نیز می‌نامند.

بخار خروجی این نوع توربین انرژی کافی برای ایجاد گرمایش در فرآیند یا ساختمان را داراست. هر دو نوع توربین بخار را می‌توان به سیستمی که بتوان در آنها بخشی از بخار توربین رادر یک یا چند محل و با فشاری بین فشار ورودی و خروجی گرفت، مجهز کرد. بخار حاصل‌شده را می‌توان برای نیازهای غیر فرآیندی یا گرمایش در درجه حرارت های بالاتر مورد استفاده قرار داد.

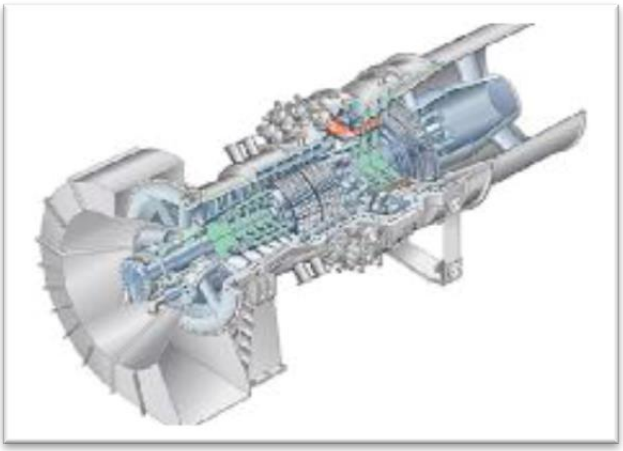
توربین‌های غیر تقطیر کننده در طیف گسترده ای از توان خروجی (KW ۵۰ تا MW ۱۰۰) وجود دارند. فشارهای بخار ورودی از Psig ۱۵۰ تا Psig ۲۰۰۰ بوده و درجه حرارتهای ورودی درمحدوده °F ۵۰۰ تا °F ۱۰۵۰ قرار دارند. بسته به طراحی مشخص و کاربرد بخصوص نسبت حرارت به توان الکتریکی برای توربین‌های بخار از ۴ تا ۱۰ متغیر بوده و راندمان حرارتی با بزرگتر شدن اندازه توربین افزایش یافته و می‌تواند از ۸ تا ۲۰٪ تغییر کند. اگر چه منبع عمده انرژی حرارتی، بخار حاصل شده یا خروجی است، ولی در بعضی موارد اگزوز بویلر نیز می‌توانند به عنوان منبع ثانویه انرژی حرارتی تلقی گردد.

توربین‌های گازی (Gas turbines)

توربین‌های گاز در اوایل سال‌های ۱۹۰۰ میلادی با توجه به پیشرفت های مهندسی پایه‌گذاری شد و در اواخر سالهای ۱۹۳۱ میلادی نیز استفاده از این توربین‌ها به منظور تولید توان آغاز گردید. به دلیل استفاده از توربین های گازی در صنایع دفاعی و هوایی، پیشرفت های زیادی در این زمینه حاصل شده، به طوریکه بازده توربین های گاز به بیش از توربین های بخار رسیده و استفاده از آنها افزایش یافته است. توربین‌های گازی در اندازه‌های مختلف از چند صد کیلووات تا چند صد مگاوات موجود می‌باشند. این توربین‌ها حرارتی با کیفیت بالا (دمای بالا) تولید می‌نماید که می‌تواند برای گرمایش ناحیه ای یا صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین ممکن است این حرارت بازیافت شود تا باعث بهبود بازدهی گردد و یا از آن برای تولید بخار استفاده شود و بخار حاصل در یک سیکل ترکیبی توربین بخار را به حرکت درآورد. کم بودن هزینه نگهداری و بالا بودن کیفیت حرارت، اغلب باعث می‌شود توربین گازی انتخاب مناسبی برای بسیاری از CHP های صنعتی و تجاری بزرگتر از ۱ مگاوات باشد. طرح واره ای از یک مجموعه CHP بر پایه توربین گاز در شکل زیر نشان داده شده است.



مجموعه توربین گاز



توربین‌های گازی ممکن است به صورتهای مختلفی مورد استفاده قرار گیرند:

۱) عملکرد در چرخه ساده ای که از یک توربین گاز تشکیل می‌شود و تنها برق تولید می‌کند. وضعیت فعلی در صنعت برق کشور نیز از همین نوع است که از توربین گاز فقط برای تولید برق استفاده می شود.

۲) عملکرد در یک CHP که از یک چرخه ساده توربین گاز به همراه یک مبدل بازیافت حرارتی که علاوه بر تولید برق انـرژی‌حرارتی گازهای خروجی را به آبگرم یا بخار تبدیل می‌نماید.

۳) عملکرد در چرخه ترکیبی که در آن با استفاده از حرارت گازهای خروجی توربین، بخار پر فشار تولید می‌گردد و از آن در یـک‌توربین بخار، به منظور تولید توان بیشتر استفاده می‌شود. در برخی از چرخه‌های ترکیبی از مراحل میانی بخار برداشت می‌گردد که از آن در فرآیندهای صنعتی و مجموعه‌های CHP استفاده می‌شود.

چرخه ای ساده توربین گازی که تنها برای تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرند دارای بازدهی نزدیک به ۵۳ درصد (بـر اسـاس‌ارزش حرارتی خالص) هستند. توربین های گازی به طور گسترده در نیروگاه ها برای تأمین توان در زمانهـای اوج مـصرف مـورد استفاده قرار گرفته اند.

در اوایل سالهای ۱۹۸۰، بازدهی و قابلیت اطمینان توربین‌های گازی کوچک (۱ تا ۴۰ مگاواتی) به مقادیری رسیدند که برای‌کاربرد در سیستم‌های CHP صنعتی بزرگ مناسب شناخته شدند. توربین‌های گازی حرارت خروجی با کیفیت بالا تولید می‌نمایند که با استفاده در سیستمهای CHP بازدهی کل (برق و انرژی مفید) به ۶۰ تا ۸۰ درصد می‌رسد.

توربین‌های گازی از کم آلاینده ترین تجهیزات تولید توان می‌باشد که مقدار NOx در گاز خروجی آنها بسیار کم است. به دلیل بازدهی بالا و استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت اولیه، مقدار دی اکسید کربن CO_2 بر واحد کیلووات سـاعت کـه در تـوربین های گازی تولید می‌شود کمتر از دیگر فن آوری های فسیلی مورد استفاده می باشد.

توربین‌های گازی در صنایع نفت و گاز به طور متداول برای به کار انداختن پمپ ها و کمپرسورها، در فرایندهای صـنعتی بـرای بکار انداختن کمپرسورها و تجهیزات مکانیکی بزرگ دیگر، و برای تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مواقعی کـه تـوربین‌گاز برای تولید برق به کار می‌رود، معمولاً حرارت نیز از آن گرفته می‌شود. به این ترتیب که گازهای خروجی از توربین برای تولید حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

توربین‌های گازی برای استفاده در سیستم CHP بسیار مناسب می‌باشند زیرا دمای بالای دود خروجی از آنها که حدود ۶۰ تا۷۰ درصد انرژی سوخت ورودی را تشکیل می‌دهد، قابلیت تولید بخار فرایند با فشار و دمای بـالایی در حـد psig ۱۲۰۰ و ۹۰۰ درجه فارنهایت را دارد و همچنین می‌توان از آن در فرایندهای صنعتی برای گرمایش یا خشک کردن استفاده کرد. از CHP های با سیکل ساده توربین گاز بیشتر در تاسیسات کوچک، کمتر از 40 مگاوات، استفاده می‌گردد. نمونه متداولی از کاربرد توربین گاز در مجموعه‌های CHP تجاری و غیرصنعتی ، دانشگاهی با چرخـه سـاده تـوربین گـاز ۵ مگاواتی می‌باشد که در آن حدود ۸ مگاوات حرارتی، بخار (یا آب گرم) با فشار psi ۱۵۰ تا psi ۴۰۰ در یک مولد بخار بازیافت حرارت تولید می‌شود و به یک سیستم حرارتی مرکزی برای تامین گرما در زمستان و یا بـه چیلـر جـذبی بـرای سـرد کـردن محـیط در تابستان منتقل می‌شود.

یک نمونه واحد تولید همزمان توربین گاز در ایران (اجرا شده توسط شرکت وستوی)

نگهداری

لازم است هر ۴۰۰۰ ساعت بازرسی دوره ای صورت گیرد تا توربین دارای ارتعاشات اضافی نباشد. فاصله بین تعمیرات اساسی توربین گاز حدود ۲۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ ساعت است و طی آنها بازرسی و بازسازی کامل تمام اجزاء بـه منظـور رسـیدن بـه کـارایی استاندارد اولیه یا فعلی (به روز شده) صورت می‌گیرد.

ممکن است از توربین‌های گاز به صورت دوره ای استفاده شود، اما هزینه نگهداری توربینی که در هر ساعت به طور دوره ای بهره برداری می‌شود، ۳ برابر حالتی است که توربین برای مدت زمان هزار ساعت یا بیشتر به طور مداوم کار می‌کند.

تنوع سوختها

محفظه احتراق اغلب توربین های گازی مورد استفاده در تولید توان برای استفاده از گاز طبیعی طراحی شده اند . ارزش حرارتی‌سوختهای گازی قابل استفاده در توربین های گازی BTU/ft^3 ۹۰۰ تا BTU/ft^3 ۱۱۰۰ استاندارد می باشد که شامل گاز طبیعی می شود . سوختهای مایع تمیز نیز برای استفاده در توربین های گاز مناسب می باشد .

در بسیاری از توربین های گازی امکان استفاده از هر کدام از سوختهای مایع و گازی وجود دارد . به طور کلی سوخت مورد استفاده در توربین های گاز را می توان به راحتی تغییر داد ، امروزه توربین های گازی طراحی شده اند که دوگانه سوز هستند و می توان سوخت مورد استفاده در آنها را با کمترین زمان تغییر داد و اختلاف زیادی میان کارایی توربین در هنگام استفاده از سوخت گازی و مایع وجود ندارد.

فشار محفظه احتراق توربین های گاز از ۷۵ psig تا ۳۵۰ psig ، می باشد که فشار خط لوله گاز طبیعی همیشه از این مقدار بالاتر است اما هنگام اندازه گیری در ورود به شهر، عبور از سیستم توزیع و اندازه گیری برای تحویل به مصرف کننده کاهش می یابد. بسته به محل قرارگیری مجموعه توربین گاز در سیستم توزیع گاز، ممکن است به کمپرسور گاز نیاز باشد تا فشار سوخت را با توجه به سیستم احتراق و کنترلر جریان توربین تنظیم نماید. قیمت چنین کمپرسوری باعث افزایش قیمت کل **package** می گردد.

موتورهای رفت و برگشتی (Reciprocating Engines)

نوع دیگری از محرکهای اولیه برای سیستم‌های تولید همزمان احتراق داخلی (IC) ، موتورهای رفت و برگشتی می‌باشد.

موتورهای احتراق داخلی به چندین صورت وجود دارند و شاید معمول‌ترین شکل از موتورهای رفت و برگشتی، موتورهای بنزینی با احتراق جرقه‌ای در اتومبیل‌ها باشد. عمده ی موتورهای رفت و برگشتی را در سیستم‌های تولید همزمان با اندازه های متوسط تا بزرگ موتورهای دیزل ثابت که با سوخت دیزل (گازوییل) یا در یک حالت دو گانه با گاز طبیعی کار می‌کنند، تشکیل می‌دهد.

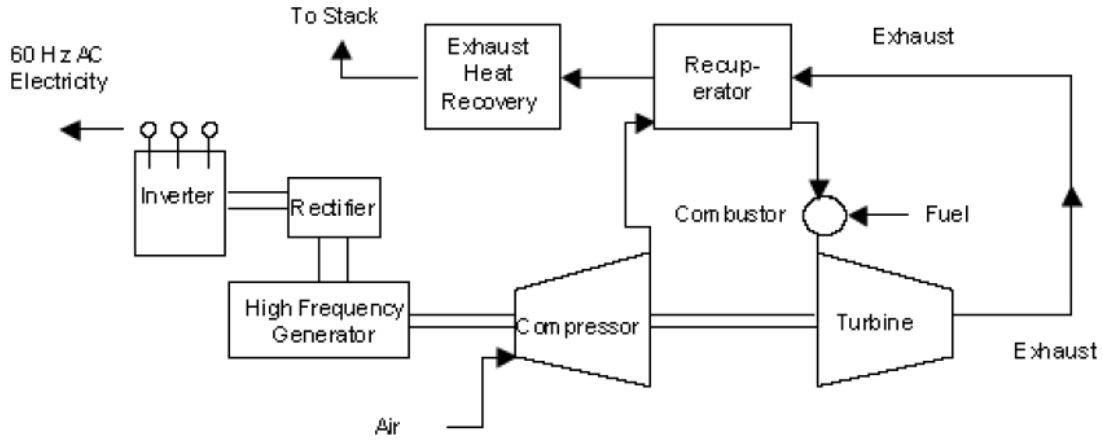
این موتورها ضمن وجود برخی خصوصیات مشترک با یکدیگر، موارد اختلافی نیز درکاربردهای تولید همزمان دارند. قدرت موتورهای رفت و برگشتی همانند توربین‌های گازی و برای دو حالت کار دایم و مقطعی ارائه شده است. قدرت اسمی موتورهای رفت و برگشتی همانطور که برای توربین‌های گاز نیز مطرح است در شرایط استاندارد درجه حرارت محیط ، فشار و اختلاف سطح نسبت به دریا بوده و قدرت استاندارد باید برای شرایط محلی نصب دستگاه مزبور تنظیم گردد. این نوع موتورها برای کاربرد تولید همزمان، در بسیاری از سطوح‌قدرت و با طرح های مختلف وجود دارند. این سطوح قدرت می‌توانند از کمتر از ۵۰ KW تا بیشتر از ۲۰۰ MW تغییر کنند. بعضی از تولید کننده‌ها حتی سیستم‌های تولید همزمان کوچک را با قدرت خروجی کم (تا میزان ۶ KW) نیز پیشنهاد می‌کنند.

بازده الکتریکی موتورهای رفت و برگشتی بین ۳۵ تا ۴۲ درصد است و در صورتیکه در اثر قوانین زیست محیطی لازم باشد اکسیدهای نیتروژن به میزان زیادی کاهش پیدا کند این راندمان ۱٪ کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه موتورهای پیشرفته گازهای اگزوز خنک‌تری (حدود ۴۰۰) دارند، بازیافت حرارت فقط می‌تواند بصورت بخار باشد .مثلاً یک موتور دیزل ۴/۲ مگاواتی می‌تواند ۱/۵ مگاوات بخار و ۳/۱ مگاوات آبگرم و داغ تولید کند. با توجه به اینکه کل مصرف سوخت برای این موتور حدود ۱۰ مگاوات خواهد بود، بازده کل مجموعه حدود ۸۸٪ می‌رسد.

میکروتوربین ها (Microturbines)

میکروتوربین ها مولدهای کوچک برق هستند که سوخت گازی یا مایع می سوزانند و یک ژنراتور الکتریکی را با سرعت بالا به‌چرخش در می آورند. تست میکروتوربین ها از سال 1997 آغاز گردید و در سال 2000 به صورت تجاری ، سرویس دهی اولیه این فناوری شروع شد.

دامنه تولید توان توسط میکروتوربین های موجود و در حال توسعه ، از ۳۰ تا ۵۰۰ کیلووات می باشد، در حالیکه تـوان تولیـدی توربین های گازی سنتی از ۵۰۰ کیلووات تا ۵۳۰ مگاوات می باشد . میکروتوربین ها در سـرعتهای بـالا عمـل مـی کننـد و هماننـد توربین های گازی می توانند تنها در تولید قدرت به کار روند و یا در سیکلهای ترکیبـی CHP مـورد اسـتفاده قـرار مـی گیرنـد . میکروتوربین ها ، با سوختهای گوناگونی می توانند کار کنند که شامل گاز طبیعی ، گاز ترش (دارای گـوگرد بـالا) و سـوختهای‌مایع همانند بنزین ، نفت و گازوییل است و در کاربردهای منابع بازیافت ، گازهای اتلافی را که قبلاً به اتمسفر رهـا مـی شـدند، می سوزانند. در شکل زیر شماتیکی از یک سیستم CHP با میکروتوربین آمده است :



سیستم CHP با میکروتوربین

مصرف کنندگان مورد نظر شامل مراکز مخابرات ، رستورانها ، ساختمان های مسکونی، سـاختمان های اداری و دیگـر بخـشهای اداری می باشند. از میکروتوربین ها ، هم اکنون در عملیات بازیافت منابع در حوضه‌های نفت و گاز و معـادن ذغـال سـنگ بهـره‌برداری می شود، که در آنها گاز محصول جانبی می باشد و به عنوان سوخت استفاده میشود. در کاربردهای CHP از گرمای اتلافی میکروتوربین برای تهیه آب داغ، گرم کردن فضای ساختمان، به کار انداختن چیلـر جـذبی و همچنـین تـأمین نیازهـای حرارتـی‌ساختمانها و فرآیندهای صنعتی استفاده می شوند.

موارد کاربرد

در هنگام استفاده از میکروتوربین‌ها به صورت CHP ،یک مبدل حرارتی ثانویه انرژی باقیمانده در خروجی میکروتوربین را بـرای‌تهیه آب گرم منتقل می‌نماید. حرارت خروجی ممکن است در مواردی مانند گرمایش آب آشامیدنی، بـه کـار انـداختن چیلرهـای‌جذبی ، گرمایش محیط، تأمین حرارت فرآیندی مورد استفاده قرار گیرد. بیشتر موارد اسـتفاده CHP هـا بـرای تـأمین آب گـرم و گرمایش محیط می‌باشد. ساده‌ترین کاربرد CHP ، تأمین آب گرم می‌باشد.

آلاینده‌های گازهای خروجی

میزان انتشار آلاینده‌ها در میکروتوربین‌ها بسیار کم می‌باشد. از آنجا که مقدار آلاینده‌های میکروتوربین‌ها بـا در نظـر گـرفتن تدابیری داخل میکروتوربین به حد مجاز می‌رسند، نیازی به استفاده از روشهای کنترلی پس احتراقی در این سیستم‌ها نمی‌باشد. اصلی‌ترین آلاینده میکروتوربین‌ها اکسیدهای نیتروژن (NOx)، منوکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته می‌باشند. مقـدارکمی دی اکسید گوگرد نیز در این سیستمها تولید می‌شود. میکروتوربین‌ها طوری طراحی می‌شوند که در حالت تمام بـار کمتـرین‌مقدار آلاینده را تولید نمایند و در نیمه بار مقدار آلاینده آنها افزایش می‌یابد.

بهترین مقایسه برای ایجاد سیستم های تولید برق و حرارت میان موتورها و توربین ها

با توجه به آلودگی کم توربین ها، سهم بالای اکسیژن در هوای خروجی و استفاده اندک از روغن، امکان استفاده از محصولات خروجی توربین در فرآیندهای صنعتی وجود دارد و میتوان از این واحدها در سیستم های تـــولید مشترک قدرت و حرارت به صورت مناسب استفاده کرد. ضمن آنکه حـــرارت خروجی توربین های گازی به صورت متمرکز از اگزوز آن و در یک دمای بالا به دست میآید، این در شرایطی است که در موتورهای گازی، حرارت علاوه بر اگزوز باید از سیستم های خنک کاری آب و روغن نیز بازیافت شود که دمای بسیار پایین تری نسبت به حرارت خروجی از اگزوز دارد و باید برای استفاده از آن، تدبیر جداگانه ای اندیشیده شود .در عین حال امکان نصب سیستم به صورت CHP برای مجتمع های تجاری و مسکونی با استفاده از اگزوز توربین وجود دارد

حجم و وزن کمتر -

توربین های گازی کم حجم و سبک وزن می باشند که در نتیجه، فضای مورد نیاز آن در مجتمع های صنعتی، تجاری، اداری و مسکونی کاهش می یابد .در مقایسه با موتورهایی با توان مشابه، حجم و وزنی نزدیک به یک پنجم دارند که در بسیاری از فضاها، می توان آنها را جانمایی نمود.

اپراتوری ساده تر -

راه اندازی و کاربری توربین ها پس از نصب، بسیار آسان می باشد .از آنجا که در توربین های گازی تنها در بیرینگ و چرخدهنده های گیربکس، نیاز به استفاده از روغن است، برخلاف موتورها مصرف روغن بسیار اندک است تا یک دهم موتورهای مشابه .از سوی دیگر به دلیل خنک کاری به وسیله ی هوا و حذف رادیاتور، نیاز به پایش مداوم آب رادیاتور نیز از بین میرود از سوی دیگر قطعات در معرض استهلاک توربین های گازی بسیار کمتر است که میتوان به صورت دوره ای آنها را بازرسی و تعمیر نمود .تمام این موارد راهبری توربین های گازی را بسیار راحتتر از موتورهای گازی و دیزلی مینماید.

اعتماد پذیری بسیار بالا در اولین استارت -

اگر شرایط اولیه ی استارت زدن فراهم باشد، توربین های گازی اعتماد پذیری بسیار بالایی در اولین استارت دارند و با اولین استارت روشن می شوند، حال آنکه موتورها حتی در صورت فراهم بودن شرایط راه اندازی، به خصوص در هوای سرد، به چندین بار تلاش برای راه اندازی نیاز دارند که این موضوع ممکن است تبعات غیرقابل جبرانی به ویژه برای بارهای اضطراری به وجود آورد.

قابلیت بالا در پذیرش تغییرات بار -

پس از فراهم شدن ولتاژ و فرکانس در خروجی ژنراتور، توربین های یک محوره این قابلیت را دارند که تا ۱۰۰ درصد بار نامی خود را در یک مرحله بپذیرند .در حالی که موتورهای با توان مشابه تا ۷۵ درصد توان نامی خود را می توانند به یکباره بپذیرند و باقیمانده ی توان باید به تدریج بر روی موتور گذاشته شود تا موتور فرصت گرم شدن داشته باشد .در مورد موتورهایی با سوخت گاز، شرایط به مراتب بدتر است بنابراین در مقایسه برای پشتیبانی غیرمنتظره ی بارها، توان بالاتری از موتورها مورد نیاز می باشد که بتوانند تغییرات یکباره ی بارها را پشتیبانی نماید و این به معنای بالا رفتن هزینه های سرمایه گذاری است. این در شرایطی است که توربین های گازی میتوانند به صورت مداوم از صفر تا صد درصد بار نامی خود را بدون آسیب دیـدن، افزایش میزان تعمیرات، کاهش عمر و یا افزایش دود خروجی بپذیرند.

قابلیت پشتیبانی بارهای متغیر و بزرگ -

بسیاری از واحدهای صنعتی بارهای متغیر و ضربه ای دارند که به یکباره تا حد چند مگاوات توان مصرفی وارد مدار می شود . کارخانه های فولاد، پتروشیمی و صنایع سنگین فلزی از مصادیق بارز این نوع از واحدهای صنعتی می باشند.

در این کارخانه ها با بروز اولین شوک بار به موتورها، موتورهای کوچک به دلیل امکانپذیر نبودن تطبیق با بار، از حالت پارالل خارج شده و به دنبال آن، سایر موتورها نیز به صورت متوالی از مدار خارج می شوند این در شرایطی است که هم سرعت پاسخ توربین های گازی بالاتر است و هم تامین توربین های گازی با توان بالا که تغییرات یکباره ی توان را یک توربین به تنهایی تحمل نماید، به سهولت و با هزینه های بسیار کمتر امکانپذیر است. بنابراین استفاده از توربین احتمال خروج واحدهای پارالل را به صفر می رساند.

قابلیت کنترل دقیق ولتاژ و فرکانس -

سرعت بالای گردش روتور و اینرسی قابل توجهی که محور توربین دارد، موجب می شود که قابلیت **FLY WEEL** در این محور افزایش یابد و انرژی پتانسیل ذخیره شده موجب می شود که با نـــوسانات بار، سرعت همچنان ثابت بماند .علاوه بر این موضوع، احتراق پیوستهای که در محفظه ی احتراق رخ میدهد، مـوجب می شود که فاصله ی زمانی بسیار اندکی مابین تغییرات بار و تغییر سوخت ورودی وجود داشته باشدکه تغییر بالادرنگ توان خروجی را ایجاد می کند .این موارد به کنترل پایدار فرکانس در خروجی منجر می شود که البته این موضوع به رگولاتور ولتاژ، قابلیت تثبیت ولتاژ خروجی را نیز می دهد .به این ترتیب رگولاتور ولتاژ میتواند یک ولتاژ تثبیت شده در خروجی ایجاد نماید که نوسانات آن به کمترین حد برسد و زمان جبران افت ولتاژ، کمترین حد ممکن باشد .

در حالیکه موتورها پاسخ کندتری برای تغییرات بار دارند و به دلیل تغییرات قابـــل توجه، معمولاً نمی توان خروجی و یا منابع تغذیه پشتیبان را بدون استفاده از **PLC** ، مستقیماً برای کامپیوترها، تجهیزات الکترونیکی استابیلایزرها استفاده نمود که هزینه های مضاعف دیگری تحمیل میکند.

سهولت تست و بارگیری آزمایشی -

مولدهایی که به عنوان پشتیبان استفـــاده می شوند، در فواصل زمانی مثلاً یک ماهه باید برای حدود ۱۰ دقیقه روشن شوند تا کارآیی آنها اثبات گردد .در توربین های گازی این موضوع میتواند بدون نیاز به یک بار مصرفی انجام پذیرد ، حال آنکه در موتورها این بارگیری آزمایشی حتماً باید همراه با یک بار مصرفی انجام شود .این موضوع احتمال آسیب دیدگی و نیز سوخت مصرفی موتورها را افزایش می دهد که منجر به کاهش کارآیی خواهد شد .

قابلیت خنک شدن با هوا -

موتورهای گازی و دیزلی بزرگ، نیاز به رادیاتور و آب برای خنک نمودن دارند که فضای قابل توجهی اشغال می نماید، این در شرایطی است که توربین های گازی به وسیله ی هوا خنک میشوند .علاوه بر این، وجود رادیاتور مشکلات جانبی مانند نیاز به آببندی، استفاده از ضد یخ، مقابله با خوردگی لوله ها، رسوبزدایی و نیاز به تعمیر و نگهداری نیز به دنبال خود دارد که با حذف رادیاتور، این مشکلات نیز حذف می شود .

آلودگیهای اگزوز و آلایندگی زیست محیطی -

فرآیند احتراق در توربین های گازی، فرآیندی مداوم است و اگر چه با ۲۵ درصد هوای اضافی اتفاق میافتد، اما با اضافه شدن هوایی که برای خنک کاری بخشهای داغ مورد نیاز است، هوای اضافه شده به سوخت، در حدود ۳۰۰ درصد می باشد. بنابراین آلودگی اگزوز خروجی کاملاً بدون ضرر و تنها دربرگیرنده ی مقادیر اندکی اکسید نیتروژن و مونوکسید کربن است که بسیار کمتر از موتورها می باشد. میزان دود خروجی توربین های گازی در تمام سطوح بارگیری پایین است در حالی که در دیزلها، میزان آلایندگی و دود تولیدی میتواند به میزان قابل توجهی با تغییرات بار و چگونگی تعمیرات تغییر نماید و در صورت تعمیر نامناسب ، میزان این آلایندگی میتواند بسیار قابل توجه باشد. به ویژه در مورد کاربرد این تجهیزات در ساختمان، می تواند مشکلاتی مانند کمبود اکسیژن و یا بوی نامطبوع ایجاد نماید .

هزینه های نصب و راه اندازی پایین -

به دلیل وزن سبک تا یک پنجم موتورهای با توان مشابه و ارتعاشات اندکی که توربین گازی دارد، فونداسیون مورد نیاز و هزینه های زیرسازی بسیار کمتری نسبت به موتورها نیاز دارند. به عبارت دیگر می توان به سادگی توربین های گازی کوچک را بر روی یک سطح ساده و بدون بتون مسلح نصب نمود. در عین حـال هزینه های جابه جایی و انتقال نیز به مراتب بسیار کمتر از موتورهای مشابه است .این در شرایطی است که موتورهای گازی به دلیل ارتعاشات قابل توجه و مداومی که با وزن بالای خود ایجاد می کنند، به ویژه در صورت استفاده در ساختمانهای مسکونی و تجاری، می توانند به فونداسیون ساختمان خسارت های جدی تحمیل نمایند.

آلودگی صوتی و سروصدای تولید شده –

از آنجا که قسمت اعظمی از صدای تولید شده توسط توربین ها، فرکانس بالایی دارد، به سادگی و با هزینه های اندک، میتوان این سر و صدا را حذف نمود .درعین حال به دلیل ارتعاشات اندک، انتقال نویز به تجهیزات جانبی بسیار کم خواهد بود .این در شرایطی است که ایزوله نمودن صدای موتورها به دلیل آنکه صدای تولید شده، فرکانس پایینی دارد، سخت تر و با هزینه ی بالاتر امکانپذیر است.

قابلیت درآمدزایی و بازگرداندن سرمایه –

توربین های گازی میتوانند به صورت دایم کار فعالیت کنند و از طریق فروش انرژی الکتریکی، جبران هزینه های قبض برق مصرفی مشترک و کاهش زیان های ناشی از قطعی های برق ، هزینه های صرف شده برای خود را برگردانند .این در شرایطی است که برای موتورهای دیزلی، به دلیل هزینه های بالای سوخت، سختی نگهداری و هزینه های تعمیرات بالا، توجیه اقتصادی در کارکرد مداوم وجود ندارد.

نیروگاههای گازی –

در یک نیروگاه گازی تولید انرژی، توسط یک توربین ژنراتور گازی انجام می شود .توربین های گازی شامل یک کمپرسور با جریان خروجی محوری، یک محفظه احتراق و یک توربین که در هنگام حرکت از طریق شفت به یک ژنراتور متصل است ، می باشد .درتوربین گاز، هوای ورودی توسط کمپرسور فشرده شده و سپس به سمت محفظه احتراق مشتعل با سوخت گاز یا گازوئیل هدایت می شود .گاز گرم متصاعد شده حاصل از سوختن به سمت توربین گازی می رود .انرژی حرارتی تبدیل به انرژی مکانیکی شده و پس از به چرخش درآوردن پرههای توربین، ژنراتور و کمپرسور نیز به حرکت در می آیند .راندمان این نیروگاه ها مابین ۳۰ الی ۳۷ درصد می باشد.

مزیت نیروگاههای گازی، سادگی بهره برداری و کارکرد می باشد .ضمن آنکه سرعت پاسخ این نیروگاه ها به تغییرات بار بسیار سریع بوده و دانش تعمیر و نگهداری آنها نیز به سهولت قابل یادگیری است، در عین حال این نیروگاه ها به سادگی قابل جابه جایی و نقل و انتقال می باشند. مشکل این نوع از نیروگاه، راندمان پایین تر و مصرف سوخت بالاتر می باشد، ضمن آنکه از حرارت تولیدی استفاده ای به عمل نمی آید.

مزایا ی استفا د ه از نیروگا ه ها ی کوچک و پرا کنده

نیروگاههای تولید پراکنده که در راستای توزیع تولید احداث می شوند، مزایای ذیل را برای سرمایه گذار خواهند داشت :

قابلیت فروش برق به شبکه و ایجاد درآمد –

با توجه به نیاز کشور به سرمایه گذاری در زمینه ی تولید پراکنده ی برق، مشوق های مالی متعددی توسط وزارت نیرو برای سرمایه گذاری در زمینه ی تولید پراکنده قرار داده شده است که تولید پراکنده ی برق و فروش انرژی الکتریکی به شبکه را به عنوان یک گزینه ی بسیار جذاب برای مجتمع های صنعتی تبدیل نموده است، این حمایت های وزارت نیرو عبارت است از :

۱. تامین هزینه های سوخت در قراردادهای تبدیل انرژی و خرید تضمینی انرژی الکتریکی

۲ . خرید تضمینی انرژی الکتریکی تولید شده و پرداخت 25 درصد از بهای انرژی به عنوان پیش پرداخت،

۳ . بازگرداندن هزینه های انشعاب به مشتریان،

۴ .حذف هزینه های دیماند از هزینه های مشترکین.

در عین حال اگر سرمایه گذار با درنظر گرفتن حاشیه های اطمینان تولید ظرفیت (1.5 برابری نیروگاه نسبت به مصرف)اقدام به احداث نیروگاه نماید، می توان هزینه های سنگین انتقال انرژی الکتریکی و احداث پست را حذف نماید.

افزایش قابلیت اطمینان برای در دسترس بودن انرژی الکتریکی –

با تولید انرژی الکتریکی در محل و کاهش عوامل مؤثر مانند شبکه های انتقال و توزیع و نیروگـــــاه های بزرگ، خطا این عوامل کمتر به مشترک منتقل می گردد و مشترک از خاموشی های نا خواسته حتی در حد یک چشمک زدن برق آزاد می شود. به این ترتیب با پشتوانه ی تولید دایم انرژی الکتریکی در محل، تداوم تامین انرژی الکتریکی تضمین می شود و مشترک میتواند از برقی با قابلیت

اطمینان بالاتر و با کیفیت بهتر، بهره برداری نماید. ضمن آنکه شبکه ی برق همچنان به عنوان پشتوانه ی تولید انرژی الکتریکی حضور خواهد داشت.

امکان بازیافت حرارت و تولید همزمان برق و حرارت -

در نیروگاه های کوچک، بازیافت حرارت و استفاده از آن در تولید آب گرم و با استفاده از چیلرهای جذبی، در تولید آب سرد امکان پذیر می گردد که این موضوع راندمان انرژی را تا ۹۰ درصد افزایش می دهد . با توجه به دمای بالای هوای خروجی اگزوز، همراه با هر کیلووات انرژی الکتریکی تـولیدی حدود دو کیلووات انرژی حرارتی برای مصارف گرمایشی و سرمایشی قابل بازیافت است و این خود هزینه ی سرمایه گذاری ونیز هزینه سـوخت و نگهداری واحدهای سنتی تأسیسات حرارتی و تهویه مطبوع را کاهش می دهد.

مراجع :

[1] میری، مطلب، مقدمه ای بر سیستم های تولید مشترک برق و حرارت، وزارت نیرو، سازمان بهره وری انرژی ایران، تابستان ۱۳۸۳

[2] وزارت نیرو، دفتر بهبود بهره وری و اقتصاد برق و انرژی، راهنمای جامع تولید همزمان برق و حرارت، ۱۳۸۸

مشخصات برخی پروژه های انجام شده **CHP** ، **WHRB** و مبدل های حرارتی توسط شرکت وستوی

ردیف	نوع کاربری	سازمان یا محل اجرای پروژه			زمان اجرای پروژه		ظرفیت نامی	
		کشور	شهر	شرکت	تاریخ شروع	تاریخ پایان	الکتریکی	حرارتی
۱	صنعتی	ایران	کرمان	مس سرچشمه	۸۷/۳/۲۱	۸۷/۶/۱۸	**WHRB** مبدل گرمایی ۷ تن بخار در ساعت	
۲	صنعتی	ایران	تهران	نفت پاسارگاد	۸۷/۶/۲۱	۸۷/۱۰/۱۵	مبدل گرمایی پروژه **P.M.B**	
۳	صنعتی	ایران	قم	پنگوئن پلاست	۹۰/۶/۱۲	۹۰/۸/۱	**۲,۴MW**	**۲۰۰۰۰۰ Kcal**
۴	صنعتی	ایران	کرج	ماموت	۹۰/۹/۲۰	۹۰/۱۱/۱۰	**۱,۲MW**	**۱۹۰۰۰۰ Kcal**
۵	خدماتی	آذربایجان	باکو	هتل **KEMPINSKI**	۹۱/۲/۳۰	۹۱/۴/۲۸	**۲,۴MW**	**۴۰۰۰۰۰ Kcal**

واحد فنی & واحد طرح و توسعه

تلفن دفترمرکزی : ۲۲۸۷۶۰۴۱ (۰۲۱)

تلفن کارخانــه : ۱۷ – ۳۴۵۵۷۰۱۵ (۰۲۳)

پست الکترونیکـــــی : info@vestuy.com

پیشرو و متخصص در انجام پروژه های

تولید همزمان برق و حرارت & بویلر های تلفات حرارتی

(CHP & WHRB)