شرکت ملي نفت ايران
شرکت بهينه سازي مصرف سوخت

" معرفی فناوری تولید همزمان برق یا توان محوری و حرارت مفید تحت عنوان سیستم CHP (Combined Heat and Power) "

تهیه کننده: امین حبیبی

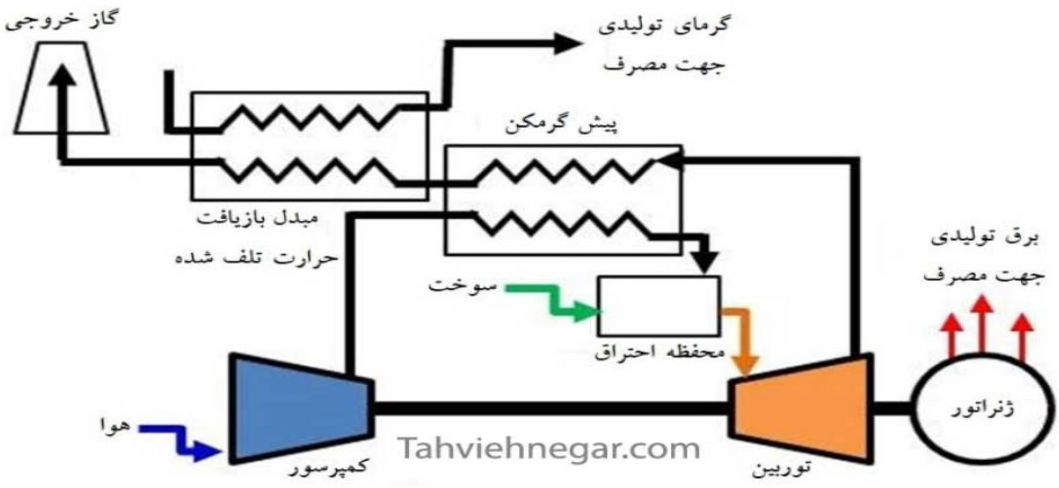
مدیریت بهینه سازی انرژی در بخش حمل و نقل

امور بهبود و توسعه سوخت های نوین

بـهـمـن مـاه 1401

مقدمه

معمولا برق مورد نیاز واحدهای صنعتی، تجاری و مسکونی از نیروگاههای عمده تولید برق کشور تامین می شود؛ درحالیکه نیاز حرارتی تمام آنها در همان محل تولید می گردد. لکن روش دیگری که از دیرباز وجود داشته و امروزه توجه بیشتری را معطوف خود کرده، تولید مشترک برق و حرارت است که عبارت است از تولید همزمان برق یا توان محوری و حرارت مفید توسط یک سیستم CHP (Combined Heat and Power) در واحدهایی که به طور همزمان به حرارت و توان نیاز دارند؛ پتانسیل ایجاد تولید مشترک وجود دارد.



تصویر شماتیک نیروگاه CHP (از نوع توربین گاز)

در مولدهای محرک ژنراتور، به منظور تامین انرژی لازم جهت گرمایش مورد استفاده قرار می گیرد. در صورت به کارگیری چیلر جذبی، جهت تولید برودت و استفاده از گرمای قابل بازیافت نیروگاه تولید برق، به منظور تامین انرژی مورد نیاز ژنراتور چیلر، امکان

تولید همزمان برق، گرما و سرما نیز وجود خواهد داشت که این سیستم را CCHP (Combined Cooling, Heat and Power) نامیده می شود.

تصویر شماتیک نیروگاه CCHP

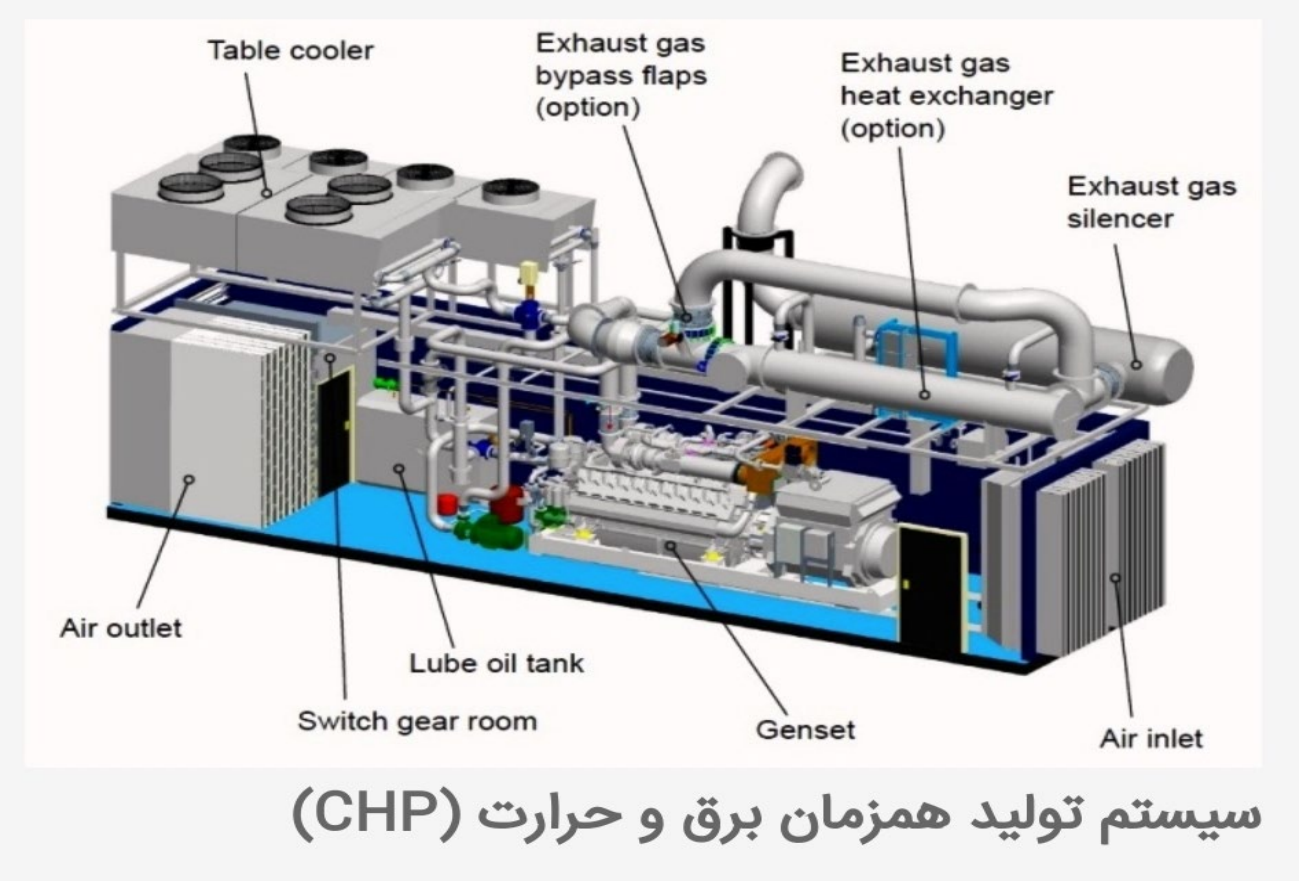
درصورتیکه سیستم مصرف انرژی خصوصیات زیر را داشته باشد؛ صرفه جویی قابل توجهی در هزینه انرژی حاصل شده و سیستم تولید مشترک جذاب تر و مقرون به صرفه تر خواهد بود. مشخصات یک سیستم ایده آل برای نصب و اجرای تولید مشترک:

1-نیاز حتمی به توان الکتریکی

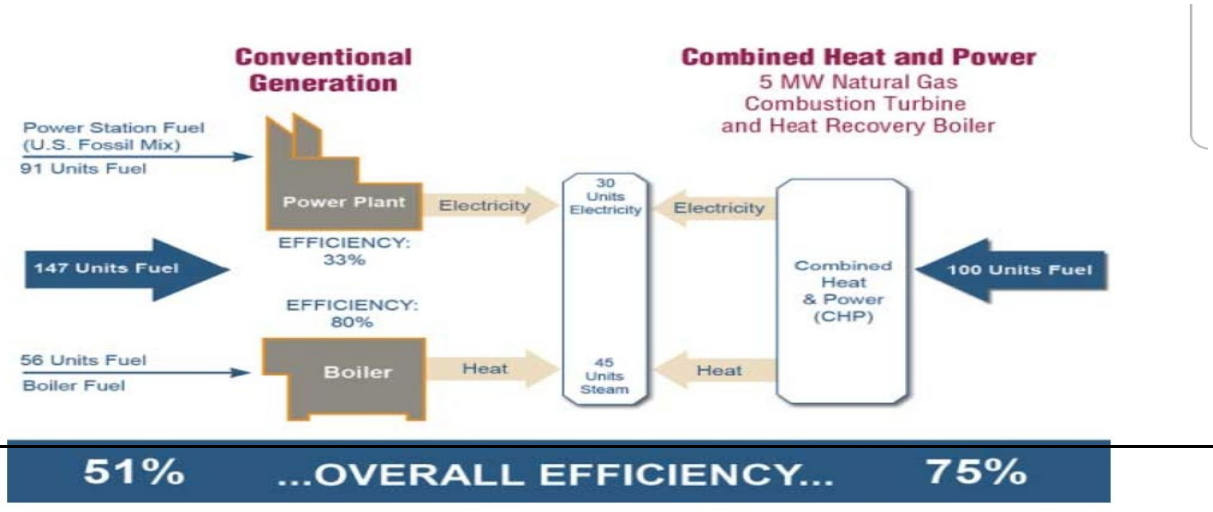
2-افزودن موارد استفاده از انرژی حرارتی/برودتی نسبت به انرژی الکتریکی

3-الگوهای بار پایدار و ثابت انرژی حرارتی و الکتریکی

4-طولانی بودن ساعات بهره برداری فرآیند.



از جمله مزایای بکارگیری سیستم CCHP/CHP می توان به افزایش راندمان تولید برق اشاره نمود؛ سیستم CCHP/CHP به علت نزدیکی محل تولید برق به محل مصرف، تلفات ناشی از انتقال جریان الکتریسیته بسیار ناچیز خواهد بود؛ درحالیکه میزان اتلاف در مسیرهای انتقال شبکه های سراسری حدود 20٪ و در بعضی شهرهای کشور تا 30 ٪ نیز می باشد.



فناوری های سیستم تولید همزمان برق و حرارت (CHP)

فناوری های CHP باعث کاهش انتشارات زیست محیطی در بخش ساختمان شده و هم اکنون کاربردهای گسترده ای پیدا کرده اند. CHP می تواند به صورت بالقوه باعث بهبود امنیت عرضه انرژی شده و قابلیت اطمینان سیستم عرضه را ارتقاء دهد. از طرف دیگر، CHP یک فناوری چند منظوره بوده، و قادر به تأمین برق، حرارت، سرمایش (از طریق چیلرهای جذبی) و رطوبت زدایی است.

فناوری های جدیدتر CHP همانند پیل سوختی و موتورهای استرلینگ در مراحل اولیه کاربرد بوده و هنوز به تکامل نرسیده اند. سیستم های CHP در مقیاس ساختمانی، قادر به تأمین گرمایش فضا در کنار سرمایش فضا و آب گرم مصرفی می باشند. در سال های اخیر، بهره گیری از CHP در مجتمع های مسکونی به سرعت رشد کرده است. دلیل این رشد، بهبود قابل توجه فنی و کاهش هزینه های سیستم های مقیاس کوچک می باشد. انتخاب فناوری CHP در یک کاربرد ویژه به عوامل زیر بستگی دارد:

- پروفیل بارالکتریکی سالانه
- پروفیل بار حرارتی سالانه
- زمانبندی نسبی بارهای حرارتی و الکتریکی
- انتخاب گزینه ارجح (بار حرارتی و یا الکتریکی)
- محدودیت های فضا
- مقررات انتشار آلایندگی
- دسترسی به سوخت
- قیمت های برق و سایر سوخت ها
- مقررات اتصال به شبکه
- هزینه های سرمایه گذاری و هزینه تأمین مالی طرح

- پیچیدگی نصب و بهره برداری

پیچیدگی طراحی و بهره برداری از سیستم های CHP یک چالش فراروی تحقق پتانسیل کاهش هزینه ها و مصرف انرژی می باشد. بکارگیری فناوری CHP مقیاس کوچک با ابزارهای کاهش هزینه (مالی) و بهبود عملکرد و قابلیت اطمینان موجب رشد این فناوری در کاربردهای ساختمانی خواهد شد. بنابراین چالش اصلی، تسهیل بهره گیری از سیستم های CHP در بخش خانگی می باشد.

تغییرات فصلی در تقاضای انرژی نیز یکی از موانع توسعه سیستم های CHP در بخش ساختمان خواهد بود. برای نمونه ثابت ماندن تقاضای آبگرم مصرفی در کنار حذف گرمایش ساختمان در برخی فصول، مدیریت کاربرد این فناوری را بسیار چالش زا نموده است.

تحلیل فناوری های CHP

پیشرفت برخی از فناوری های CHP، کلید توسعه آن در بخش ساختمان و مسکن است. این فناوری ها شامل بهره گیری از موتورهای رفت و برگشتی (موتورهای استرلینگ)، توربین های گازی، پیل های سوختی، میکروتوربین ها و سیستم های هیبریدی پیل سوختی است.

تقاضای بخش خدمات معمولاً در ظرفیت های بین 50 کیلووات تا 500 کیلووات برق می باشد، در صورتیکه در بخش خانگی تقاضا معمولاً پایین بوده و بین 1 تا 30 کیلووات برق است. توربین های گازی تا اندازه 30 مگاووات در دسترس هستند. پیل های سوختی نیز با ظرفیت 10 مگاوات در بازار موجود بوده، و موتورهای رفت و برگشتی و میکروتوربین ها نیز از حدود 25 تا 50 کیلووات به صورت تجاری در دسترس هستند. اگرچه در ابتدای ترویج و بکارگیری این فناوری ها هستیم. در ادامه بحث هرکدام از این فناوری ها به صورت تفصیلی بررسی خواهند شد.

1-موتورهای رفت و برگشتی

موتورهای رفت و برگشتی نوعی از موتورهای احتراقی بوده و متداول ترین نوع CHP محسوب می شوند. این سیستم ها از نظر فنی به تکامل رسیده اند و به صرفه ترین فناوری مقیاس کوچک CHP می باشند. این فناوری به دلیل هزینه پایین، اشغال فضای کم و تولید حرارت مفید در کاربردهای گسترده ای بهره برداری می شوند.

از طرف دیگر، در ظرفیت های مختلف از 5 کیلووات تا 7 مگاووات در بازار موجود هستند. راندمان تولید برق بین 25 تا 45 درصد می باشد که البته در نوع پیشرفته و گاز سوز، راندمان تا 48 درصد نیز رسیده است. راندمان کل موتورهای رفت و برگشتی بین 70 تا 80 درصد است. موتورهای رفت و برگشتی قابلیت راه اندازی سریع را داشته و تلورانس بهره برداری بالایی در وضعیت خاموش/روشن را دارند و همانند موتورهای خودرو، بر حسب نوع سوخت مصرفی دامنه گسترده ای از آلاینده ها را منتشر می کنند.

موتورهای استرلینگ (Stirling Engine)، موتورهای احتراق خارجی هستند و از چرخه استرلینگ استفاده می کنند که مشابه چرخه های استفاده شده در موتورهای احتراق داخلی نیست. گاز استفاده شده در داخل این موتورها هیچ وقت موتور را ترک نمی کند و مانند موتورهای دیزل و بنزینی سوپاپ دود برای تخلیه گازهای پرفشار و همچنین محفظه احتراق ندارند.

این موتورها هنوز در سطحی گسترده قابل بهره برداری نبوده و نیاز به توسعه دارند و از سوخت های متنوعی نظیر گاز طبیعی، زیست توده و انرژی خورشیدی استفاده می کنند. این موتورها از سیستم بسته استفاده کرده و از مبدل های حرارتی برای انتقال حرارت به سیال عامل بهره می گیرند. بازدهی کلی موتورهای استرلینگ بسیار بالا بوده، هزینه های تعمیرات پایین و کم صداتر از موتورهای رفت و برگشتی مرسوم می باشند. از طرف دیگر راندمان تولید برق موتورهای استرلینگ پایین است.

2-توربین های گازی

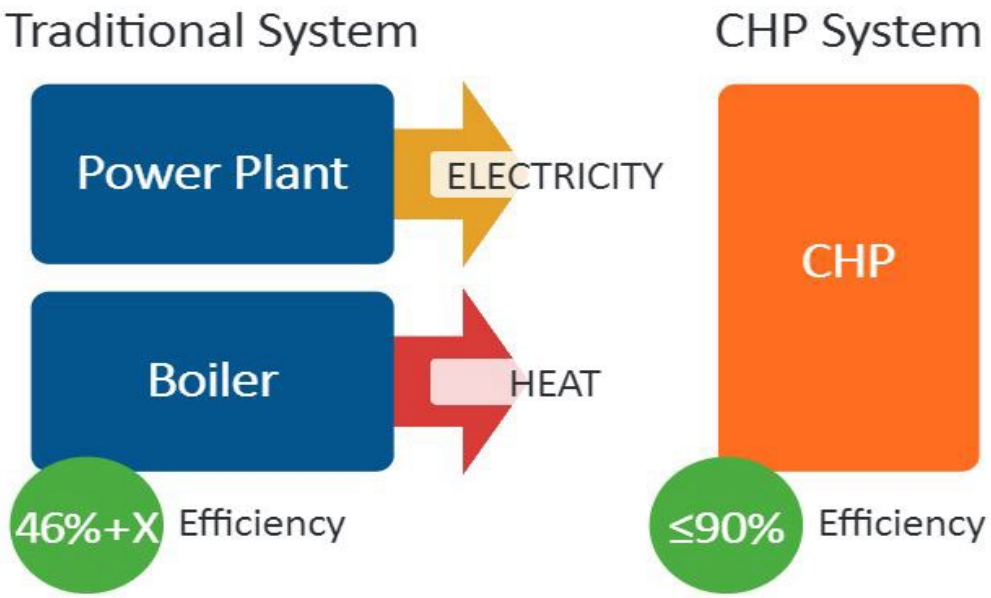
توربین های گازی از گاز داغ دما بالا- فشار بالا برای تولید برق و حرارت بهره می گیرند. احتراق گاز طبیعی یا سوخت های مایع موجب افزایش فشار و دمای گاز شده و موجب چرخش مجموعه ای از تیغه های توربین شده و در نهایت ژنراتور را راه می اندازد. این سیستم حرارت / بخار آب و برق تولید می کند. راندمان تولید برق از حدود 20 تا 45 درصد بوده و راندمان کلی نیز بین 70 تا 80 درصد می باشد.

در بار بالای 80 درصد، توربین گاز در همان راندمان نامی کار می کند. توربین های گازی پاک ترین تجهیزات موجود برای تولید انرژی از سوخت های فسیلی هستند و همچنین این سیستم های سریع کار، فشرده (نسبت به میزان تولیدشان)، کم وزن، ساده برای بهره برداری، قابل اطمینان و دسترسی بالایی دارند. با افزایش ارتفاع از سطح دریا و افزایش دمای محیط، راندمان آنها نیز افت می کند.

3-میکرو توربین ها

میکروتوربین ها از دهه 90 وارد بازار شدند، لیکن تاکنون به صورت گسترده مورد استفاده قرار نگرفته اند و یک فناوری تکامل یافته نمی باشند. مشابه توربین های گازی بوده، لیکن در مقیاس کوچک بهره برداری می شود و از یک رکوپراتور برای پیش گرم کن هوای احتراق بهره می گیرند. معمولاً در اندازه های 25 تا 500 کیلووات موجود بوده و دامنه کاربرد متداول آنها نیز بین 30 تا 100 کیلووات می باشد.

میکروتوربین ها سبک و فشرده بوده، برای مصرف گازطبیعی طراحی شده اند لیکن از سوخت های دیگر نظیر گازمایع(LPG) و گازهای صنعتی (در صورت خلوص بالا) استفاده می کنند. میکرو توربین های رکوپراتوردار در اندازه های 30 تا 100 کیلووات موجود بوده و راندمان تولید برق آنها بین 23 تا 27 درصد و راندمان کلی نیز بین 64 تا 74 درصد می باشند. میکروتوربین ها با سیکل ساده راندمان تولید برق بین 12 تا 13 درصد داشته و راندمان کلی آنها نیز اندکی پایین می باشد.



4-پیل های سوختی

پیل سوختی یک فرآیند الکتروشیمیایی است که در آن با رها شدن انرژی ذخیره شده در گازطبیعی یا سوخت هیدروژن، برق تولید می شود. حرارت محصول فرعی فرایند است. پیل سوختی از یک بستر رفرمر تشکیل شده است که از هیدروژن و یا سایر سوخت های هیدروکربوری نظیر گازطبیعی، متانول و بنزین استفاده می کند.

انتشارات زیست محیطی این نوع سیستم ها، بسیار پایین تر از پاک ترین فرآیندهای احتراق سوخت می باشند. اگرچه پیل سوختی از نظر تجاری در دسترس هستند، لیکن هنوز در ابتدای مراحل توسعه و بکارگیری قرار دارند. هنوز چالش های جدی آن نظیر هزینه بالا و عملکرد این سیستم ها بطور کامل رفع نشده است. بنابراین هنوز به عنوان گزینه های جذاب CHP در ساختمان به شمار نمی روند.

چهار نوع پیل سوختی وجود دارد که عبارتند از:

- پیل سوختی کربن مذاب (MCFC)
- پیل سوختی اکسید جامد (SOFC)
- پیل سوختی اسید فسفریک (PAFC)
- پیل سوختی الکترولیت پلیمر(PEMFC)

از بین پیل های مذکور، نوع SOFC برای کاربردهای CHP مناسب می باشند. این سیستم ها در دمای بالا بهره برداری شده، و در پیکره بندی های سیستم هیبریدی با توربین گازی و یا میکروتوربین ها کوپل می شوند و قابلیت رسیدن به راندمان تولید برق بین 58 تا 70 درصد و راندمان کلی بین 80 تا 85 درصد را دارند.

نوع PEMFC در دمای نسبتاً پایینی(80 c0) کار می کند. چگالی تولید برق بالایی داشته و برای کاربردهای نیاز به استارت سریع، مناسب می باشند. در صورتیکه هزینه های پیل سوختی مطابق انتظارات کاهش یابد، فناوری بسیار جذابی خواهد شد که نسبت برق به حرارت بالایی داشته و برای تأمین بارهای حرارت مبنا مناسب خواهد بود. در صورتیکه هزینه های تولید هیدروژن کاهش یافته و تأسیسات توزیع هیدروژن ایجاد گردند، پیل سوختی نقش بسیار بارزی در کربن زدایی از عرضه حرارت و بهبود راندمان کلی تبدیل انرژی خواهد داشت.

توجیه فنی و اقتصادی بکارگیری CHP

اقتصاد کلی سیستم های CHP به عواملی نظیر

1-پیکره بندی سیستم،

2- نوع فناوری،

3-مشخصات ویژه پروژه

و تعرفه های نسبی برق و گاز طبیعی بستگی دارد.

در نیروگاه های CHP با توجه به تولید الکتریسیته به صورت محلی و مستقل (غیر متمرکز) و استفاده همزمان از گرمای تلف شده، کارایی مولدهای تولید برق به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. چنانکه راندمان تولید برق در نیروگاه های گازی، حدود 30 درصد می باشد که با افزایش هزینه های سرمایه گذاری و مجهز شدن به تجهیزات سیکل ترکیبی، راندمان آن نهایتاً تا 55 درصد قابل افزایش است. این در حالی است که با بهره گیری از فناوری تولید همزمان برق و حرارت، آن هم بصورت مستقل، بازدهی انرژی این مولدها به حدود 75 تا 95 درصد نیز خواهد رسید که این راندمان بالا در مقایسه با توربین های گازی و سیکل ترکیبی، شانس زیادی در بهینه سازی مصرف سوخت ایجاد می کند.

ضمن آنکه در سیستم های CHP میزان تولید CO2 به ازای واحد تولید برق (kW) بسیار پایین تر از روش های مرسوم دیگر بوده که از منظر کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و مالیات بر CO2 بسیار جالب توجه خواهد بود. تا آنجا که بسیاری از دولت های اروپائی، آمریکا و حتی در بعضی از کشورهای آسیایی نظیر ژاپن، سیاست ها و قوانینی را برای ترغیب به استفاده از نیروگاه های CHP وضع نموده اند و این نشان از اهمیت CHP در کاهش مصرف انرژی می باشد.

سیستم های تولید همزمان فقط از یک فرآیند برای تولید الکتریسیته، گرما و یا سرما استفاده می کنند؛ بنابراین ظرفیت های گرمایش/ سرمایش و برق مورد نیاز، باید به خوبی تخمین زده شوند و بر اساس آن تجهیزات سیستم به نحو مناسبی انتخاب گردند. می بایست این انتخاب با دقت فراوان همراه باشد. بطوری که ممکن است در یک منطقه و محدوده مشخص، تنها بتوان بخشی از توان حرارتی و یا توان الکتریکی مورد نیاز را از طریق نیروگاه CHP احداث شده تأمین نمود؛ در شرایطی که این امکان وجود دارد که در منطقه ای دیگر، گرما و برق بیشتر از نیاز، تولید شده باشند.

به هر ترتیب یک سیستم تولید همزمان دارای چهار عنصر و مؤلفه اساسی خواهد بود:

1-مولد نیروی محرکه: مکانیزم تولید کننده نیروی مکانیکی

2-ژنراتور الکتریکی: مکانیزم تولید کننده الکتریسیته

3-سیستم بازیافت حرارت: مکانیزم بازیابی گرمای تلف شده

4-سیستم کنترلی مناسب: مکانیزم مدیریت و کنترل کلیه سنسورها و عملگرها

جمع بندی مباحث

در مجموع با توجه به همزمانی تولید و مصرف برق در سیستم‌های تولید همزمان، نیاز است تا چنین سیستم هایی در محل هایی با خصوصیات ویژه زیر راه اندازی شوند:

1-تقاضای مصرف انرژی (برق و گرما) دائمی باشد.

2-تقاضای مصرف انرژی گرمایی، بالا باشد.

3-حتی الامکان، نسبت تقاضای برق و گرمایش متعادل باشد. به عبارت دیگر شرایط برای بهره برداری از سیستم در طی شبانه روز و در طول سال، به گونه ای باشد که بتوان بهره برداری پیوسته ای (دائم کار) را از سیستم محقق ساخت.

طرح پیشنهادي "نصب و راه اندازي سیستم تولید همزمان برق و حرارت (CHP) در جایگاه هاي سوختگیري گازطبیعي (CNG)

با توجه به موارد مطروحه فوق طرح پیشنهادی "نصب و راه اندازی سیستم تولید همزمان برق و حرارت (CHP) در جایگاه های سوختگیری گازطبیعی (CNG)" و همچنین با درنظر گرفتن شرایط و امکانات جایگاه های سوختگیری CNG شامل:

1-زیرساختها و امکانات موجود در جایگاههای مذکور از قبیل وجود انشعاب گازطبیعی، امکان اتصال به شبکه برق و وجود فضاهای خدماتی

2-بهره گیری از نصب تجهیزات نیروگاههای پراکنده (CHP) در سراسر کشور در زمانهای بحران و به عنوان یک پدافند غیرعامل با ایمنی بالا، با توجه به گستره جایگاههای سوختگیری CNG در کشور

3-با توسعه خودروهای برقی در آینده می توان از برق تولیدی با نصب ایستگاه شارژ برق در جایگاه به عنوان ایستگاه شارژ خودرو برقی نیز بهره برداری نمود.

این طرح می تواند به عنوان یک طرح ملی و اقتصادی با اولویت جایگاه های سوختگیری CNG در محدوده مرکزی شهری در کلانشهرها با توجه به طرح های ملی کمک به تولید اتوبوس درون شهری برقی، تاکسی درون شهری برقی و موتورسیکلت برقی که در دست اقدام می باشند؛ در دستور کار قرار گیرد.