کاربرد سیستمهای تولید همزمان برق و حرارت

حمید چیت چیان

وزارت نیرو

Archive of SID

چکیده

تدوین برنامه بلندمدت بهینه‌سازی بخش عرضه انرژی، تاثیر مثبتی بر اقتصاد کشور و ارتقای نقش ایران در بازارهای جهانی انرژی دارد. از جمله نتایج حاصل از برنامه بهینه‌سازی بخش عرضه انرژی، بهبود راندمان و کاهش تولید آلاینده‌های زیست محیطی ناشی از تولید انرژی است. راهکارهای بهینه سازی متعددی در بخش عرضه انرژی مطرح است که از جمله آنها میتوان به تولید همزمان برق و حرارت، سرمایش هوای ورودی به توربینهای گازی، استفاده از توربینهای انبساطی و تعیین ترکیب بهینه در عرضه حاملهای انرژی اشاره نمود. در مطالعه حاضر، برنامه بلندمدت استفاده از واحدهای تولید همزمان برق و حرارت در کشور،که بر اساس حداقل سازی مجموع هزینه‌های اقتصادی سیستم عرضه انرژی کشور تهیه‌شده است، از نظر میگذرد. در محاسبه هزینه‌های اقتصادی سیستم عرضه انرژی، مولفه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های بهره برداری و هزینه های سوخت لحاظ شده است.

کلمات کلیدی: تولید همزمان، ارتقای کارآیی انرژی، سیکل ترکیبی، توربین گاز،
CHP, Back-Pressure, Extraction Condensing, Reciprocating Engine

مقدمه

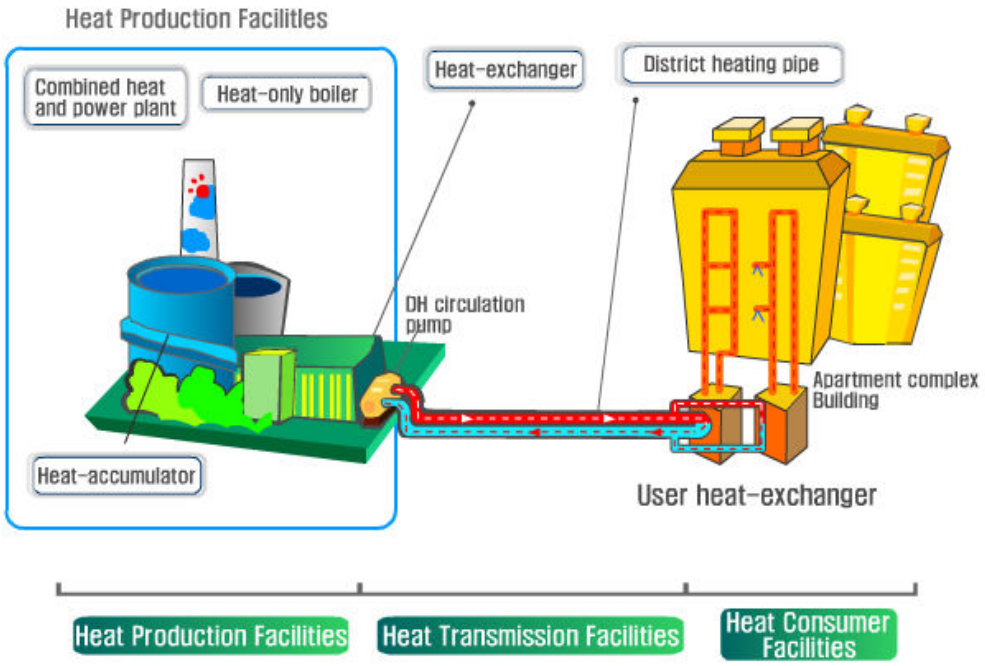
تولید همزمان برق و حرارت یک روش صرفه جویی انرژی است که در آن برق و حرارت بطور همزمان تولید می‌شوند. حرارت حاصل از تولید همزمان می‌تواند بمنظور گرمایش ناحیه‌ای (District heating) یا در صنایع فرآیندی مورد استفاده قرار گیرد.

www.SID.ir

فرآیند تولید همزمان می‌تواند بر اساس استفاده از توربینهای گاز، توربینهای بخار یا موتورهای احتراقی بنا نهاده شود و منبع تولید انرژی اولیه نیز شامل دامنه وسیعی است که می‌تواند سوختهای فسیلی، زیست توده، زمین گرمایی یا انرژی خورشیدی باشد.

گرمایش ناحیه‌ای شامل سیستمی است که در آن حرارت بصورت متمرکز تولید و به تعدادی مشتری فروخته میشود. این کار با استفاده از یک شبکهٔ توزیع که از آب داغ یا بخار بعنوان حامل انرژی حرارتی بهره می‌برد، انجام می‌پذیرد. شکل (۱) شمای یک سیستم بازیافت و انتقال حرارت را نشان می دهد.

شکل ۱- تجهیزات بازیافت و انتقال حرارت



سابقهٔ تاریخی

اولین سابقه تاریخی استفاده از گرمایش مرکزی به قرنهای سوم و چهارم پیش از میلاد باز می‌گردد. در آن زمان امپراتوریهای یونان و روم که از نظر فن آوری پیشرفته بودند، برای اولین بار آب گرم خروجی از لایه‌های آهکی را با حفره کانال به حمام‌های عمومی، ورزشگاه، قصرها و قلعه‌های نظامی منتقل نمودند. در سال ۱۸۸۸ اولین تولید کننده همزمان برق و حرارت در آلمان شروع بکار نمود. در این سال در شهر هامبورگ از حرارت حاصل از تولید برق بمنظور تأمین حرارت تالار شهر

www.SID.ir

(City Hall) استفاده شد. هم اکنون در بسیاری از نقاط جهان از سیستم‌های تولید همزمان استفاده میشود. جدول (۱) لیست ۱۰ کشور جهان و درصد تأمین حرارت بوسیلهٔ سیستم‌های تولید همزمان به نسبت کل حرارت مصرفی در این کشورها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- اطلاعات مربوط به ۱۰ کشور استفاده کننده عمده سیستمهای تولید همزمان

نام کشور	درصد حرارت تأمین شده به روش متمرکز به کل تقاضای حرارت	سهم CHP	طول خطوط انتقال آب گرم (km)
ایسلند	٪۸۵	---	---
روسیه	٪۷۰	---	---
لهستان	٪۵۲	---	۱۶۳۹۲
فنلاند	٪۵۰	٪۳۶	۲۳۹۰۰
دانمارک	٪۵۰	٪۶۲	۲۳۹۰۰
سوئد	٪۴۲	٪۶	۱۱۱۸۰
جمهوری چک	٪۲۲	---	۲۵۰۱
اطریش	٪۱۴	٪۲۵	۲۶۴۶
آلمان	٪۱۲	٪۸	۱۷۴۹۶۹
کره	٪۴	٪۲۵	۲۶۴۶

خصوصیات گرمایش ناحیه‌ای

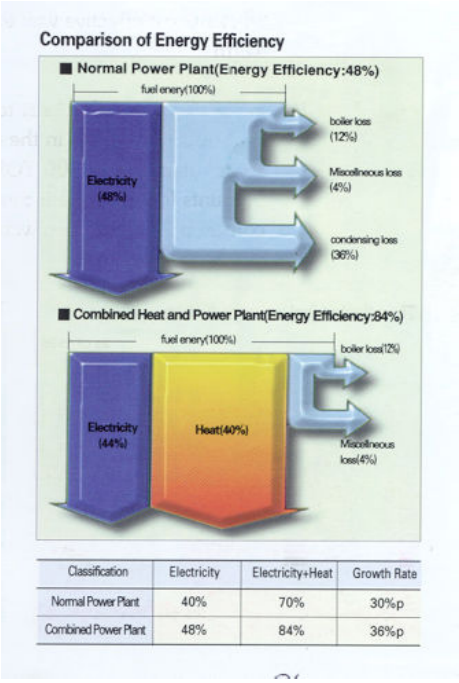
به طور کلی میتوان خصوصیات یک سیستم گرمایش ناحیه‌ای را در ۶ گروه اصلی دسته بندی نمود.

Archive of SID

www.SID.ir

۱-۳- ارتقاء کارآیی انرژی

در واحدهای تولید همزمان برق و حرارت، تلفات به حداقل می‌رسد. بازده کلی این واحدها بین ۸۰ تا ۹۰ درصد خواهد بود، این در حالی است که در یک نیروگاه متداول بازده حرارتی بین ۴۰ تا ۵۰ درصد است. شکل (۲) مقایسه یک نمونه نیروگاه حرارتی معمول و یک واحد CHP و تلفات آنها را نشان می‌دهد.



Classification	Electricity	Electricity+Heat	Growth Rate
Normal Power Plant	40%	70%	30%p
Combined Power Plant	48%	84%	36%p

شکل ۲- مقایسه بازده انرژی در نیروگاههای معمول و نیروگاههای تولید همزمان

۲- ۳- تأمین حرارت مطمئن و انعطاف پذیری

با توجه به اینکه واحدهای تولید همزمان از حرارت تولیدی نیروگاهها استفاده می‌کنند، تولید انرژی حرارتی در آنها بدون وقفه انجام میشود. همچنین میزان تولید برق و حرارت، با توجه به تقاضای آنها قابل تغییر است.

۳-۳- محیط زیست

راندمان بالای واحدهای تولید همزمان، این واحدها را بعنوان راه حلی قابل قبول برای تبدیل انرژی مطرح نموده است. همچنین بازدهی بالای این واحدها، باعث میشود تولید دی اکسید کربن و سایر آلاینده‌ها نظیر ترکیبات گوگردی و اکسیدهای نیتروژن کاهش یابد. از سوی دیگر در کشورهایی که قوانین سخت گیرانه زیست محیطی در آنها اعمال میشود با کاهش تعداد واحدهای تبدیل سوخت به حرارت مفید، کنترل واحدهای تولید آلاینده راحت‌تر انجام خواهد پذیرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

۴- ۳- هزینه‌های کمتر

در توجیه پذیری واحدهای CHP باید محدودیتهای مالی را بدقت لحاظ نمود. لازمست در هر ناحیه انرژیهای رقیب با واحدهای تولید همزمان مقایسه و تصمیم گیری بدقت انجام پذیرد. معمولاً واحدهای تولید همزمان به سرمایه گذاری بیشتری نسبت به سیستم‌های معمول تبدیل انرژی نیاز دارند. ولی باید دقت داشت که میزان مصرف انرژی در آنها بسیار پایین‌تر است: بعبارت دیگر، هزینه‌های متوسط تبدیل یک واحد انرژی در واحدهای CHP پایین‌تر از سایر روشهاست.

۵-۳- استفاده هرچه بیشتر از فضای ساختمانها

با استفاده از واحدهای تولید همزمان، تجهیزات نصب شده در تأسیسات گرمایشی ساختمانها کاهش می‌یابد، به همین دلیل فضای بیشتری در ساختمانها قابل استفاده خواهد بود.

۶- ۳- هزینه‌های پایین‌تر تعمیرات و نگهداری

با توجه به اینکه برای استفاده از حرارت تولیدی در یک واحد تولید همزمان، تجهیزات کمتری در هر ساختمان مورد نیاز است، هزینه‌های تعمیرات و نگهداری تجهیزات نیز کمتر خواهد شد.

روشهای تولید همزمان

نیروگاههای تولید همزمان را می‌توان به پنج دستهٔ کلی تقسیم نمود.

- بازیافت از توربینهای زیرکش دار (Extraction condensing)
- بازیافت از توربینهای پس فشاری (Back – Pressure)
- بازیافت حرارت از توربین های گازی (Gas turbine heat recovery)
- بازیافت از سیکل ترکیبی (Combined Cycle)
- بازیافت از موتورهای رفت و برگشتی (Reciprocating Engines)

ساده‌ترین نیروگاه تولید همزمان، نیروگاههایی هستند که از توربینهای Back - pressure استفاده می‌کنند. در این نیروگاهها، برق و حرارت در یک توربین بخار تولید میشود. یکی دیگر از اجزای اصلی نیروگاههای Back - pressure بویلر است که می‌تواند برای سوزاندن سوختهای جامد، مایع یا گازی شکل طراحی شود.

Archive of SID

www.SID.ir

۱-۴- نیروگاههای Extraction Condensing (زیر کشدار)

تولید حرارت به روش تولید همزمان می‌تواند در نیروگاههای مجهز به توربین بخار زیر کشدار (Extraction Condensing) انجام شود. به این طریق که مقداری از بخار قبل از رسیدن به آخرین مرحله توربین از آن خارج شود. گرمایش متمرکز می‌تواند با استفاده از بخار استخراج شده از توربین یا برای مصارف صنعتی مورد استفاده قرار داد.

شکل (۳) چرخه یک نیروگاه بخار که در آن یک ایستگاه کاهش فشار نیز تعبیه شده است را نشان می دهد. از ایستگاه کاهش فشار بخار در مواقعی که از توربین بخار استفاده نشود، استفاده می شود. در این حالت بخار مطمئن برای تأمین حرارت فرآیندها تأمین خواهد شد. باید دقت داشت که در صورتیکه از توربین بخار استفاده نشود به این سیستم تولید همزمان اطلاق نمی‌شود. در یک نیروگاه معمولی فقط برق تولید می‌شود ولی دریک نیروگاه Extraction Condensing جزئی از بخار برای تولید حرارت از توربین خارج میشود.

۲-۴- نیروگاههای Back - pressure

در نیروگاههای بخار معمولی، بخار فشار بالا در بویلر تولید میشود که اصطلاحاً به آن بخار زنده اطلاق میشود. این بخار از میان توربین عبور می‌کند و پس از انبساط کامل، با فشار پایین وارد یک کندانسور میشود. در این بخش حرارت باقیمانده در این بخار با هوا یا آب منتقل میشود.

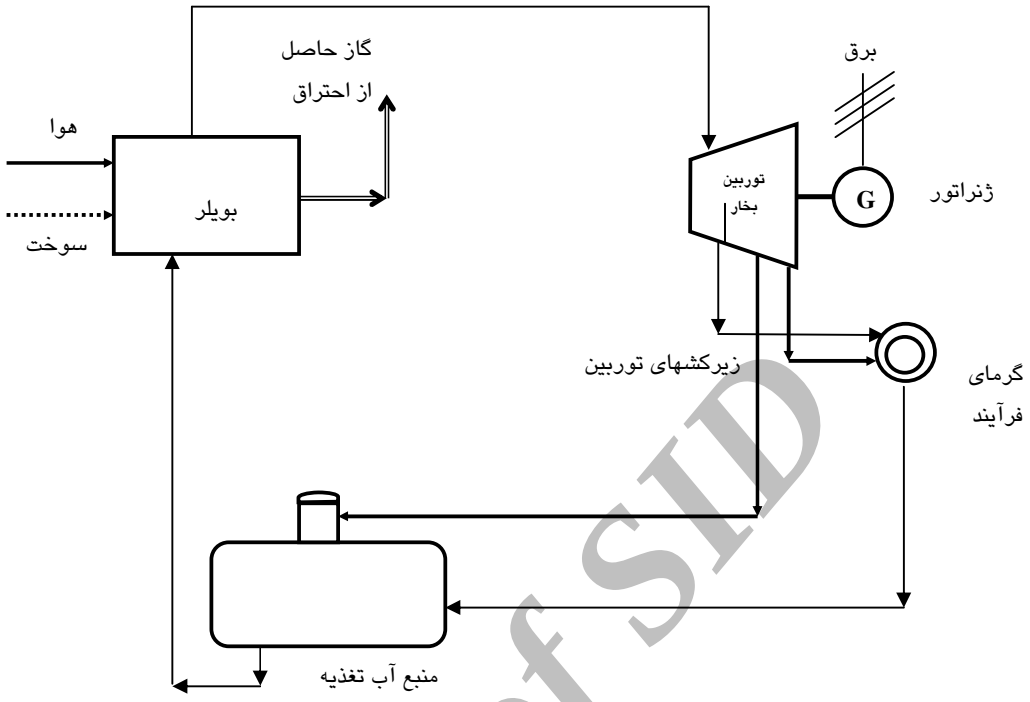
در یک توربین Back - pressure بخار از قسمتهای میانی توربین و با فشار بالاتر خارج میشود و از این بخار به منظور استفاده در مصارف گرمایشی استفاده میشود. این بخار می‌تواند مستقیماً به عنوان بخار فرآیند (مثلاً در ماشینهای کاغذسازی) یا بعنوان سیال گرم در یک مبدل حرارتی برای گرم کردن آب مورد استفاده در سیستمهای گرمایشی ناحیه‌ای مورد استفاد قرار گیرد.

۱-۲-۴- نیروگاههای Back - pressure صنعتی

در نیروگاههای صنعتی Back - pressure معمولاً فشار پشت توربین در بارهای کامل و جزئی و با در نظر گرفتن شرایط فرآیند ثابت نگه داشته میشود. همچنین میتوان از قسمتهای میانی توربین نیز مقداری از بخار را با کیفیت بالاتر را استخراج نمود. این بخار می‌تواند در فرآیندهای صنعتی استفاده شود یا به مصرف داخلی نیروگاه برسد. در صورتیکه این بخار به مصرف داخلی نیروگاه برسد به آن CHP اطلاق نمی‌شود. هرچه بخار با فشار بالاتر از توربین استخراج شود میزان برق تولیدی کمتر خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۳- نیروگاههای پس فشاری صنعتی

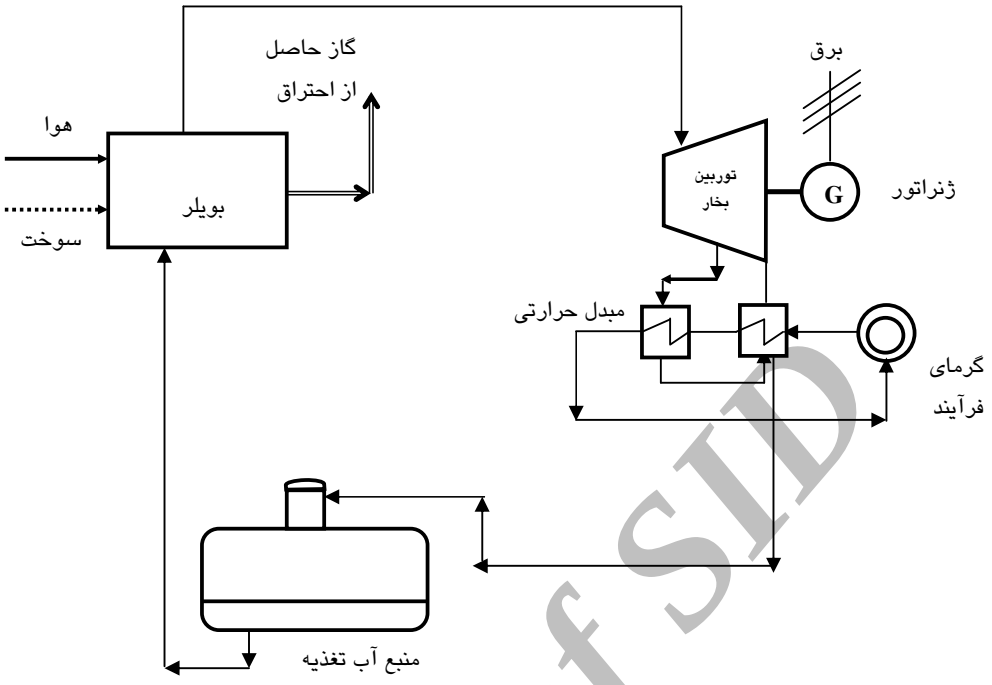
۲-۲-۴- نیروگاههای Back - pressure برای استفاده در گرمایش ناحیه‌ای

در سیستمهای متداول گرمایش ناحیه‌ای آب گرم که حامل انرژی است با عبور از مبدلهای حرارتی عمل انتقال حرارت را انجام می‌دهد. دمای این آب با توجه به تغییرات دمای محیط متغیر خواهد بود. بسته به طراحی شبکه دمای آب خروجی از نیروگاه حداکثر بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی گراد در نظر گرفته میشود. بعنوان مثال اگر میانگین دمای آب خروجی از نیروگاه بین ۸۰ تا ۸۵ درجه باشد، دمای آب برگشتی حدود ۵۰ تا ۵۵ درجه سانتی گراد خواهد بود.

در بعضی از مواقع برای افزایش دمای آب خروجی ازنیروگاه بویلرهایی بصورت سری با مبدلهای حرارتی در نظر گرفته میشود. لازم بذکر است افزایش حرارت در اثر عبور از این بویلرها نباید در محاسبات راندمان کل سیستم CHP منظور شود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۴): نیروگاههای پس فشاری مورد استفاده در گرمای‌ش منطقه ای

هر چه دمای آب خروجی از سیستم گرمایش ناحیه‌ای بیشتر باشد. میزان تولید برق کاهش خواهد یافت ارتباط بین میزان برق حرارت تولیدی را با فاکتوری بنام نسبت حرارت به برق (Heat to power Ratio) می‌سنجد.

۳-۴- توربین گاز و بویلر بازیافت حرارت

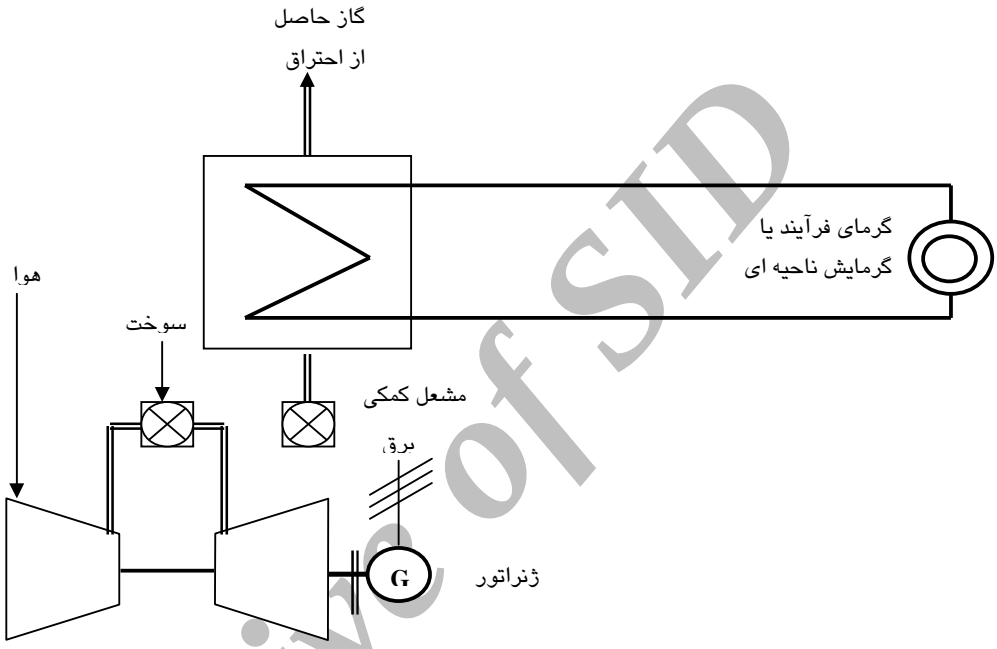
یک سیستم ساده و کم هزینه تولید همزمان برق و حرارت میتواند با ترکیب یک توربین گاز و یک بویلر بازیافت حرارت ایجاد شود. گازهای داغ خروجی از توربین گاز از یک بویلر بازیافت حرارت عبور می‌کنند و بخار مورد نیاز فرآیند یا گرمایش مورد نیاز را تأمین می‌کند. در این نوع نیروگاهها، هوای داغ خروجی از توربین گاز از بویلر بازیافت حرارت عبور کرده و حرارت خود را به سیال حامل (آب) منتقل می‌کند. در بسیاری از مواقع از گاز طبیعی بعنوان سوخت مصرفی استفاده میشود. اما گازوئیل یا ترکیبی از گاز و گازوئیل نیز به عنوان سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

میزان حرارت بازیافت شده به نوع سوخت مصرفی و دمای حرارت بازیافت شده بستگی دارد. اگر از گاز طبیعی بعنوان سوخت توربین گاز استفاده شود، میتوان دمای گازهای خروجی از بویلر بازیافت را به حدود ۶۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد کاهش داد ولی در صورتیکه از سوختهای مایع استفاده شود

Archive of SID

www.SID.ir

بمنظور کاهش ریسک خوردگی گوگرد باید دما بین ۱۲۰ تا ۱۷۰ درجه کنترل شود. در بعضی مواقع نیروگاه به یک مشعل کمکی مجهز میشود که از گازهای خروجی از توربین گاز بجای هوای احتراق استفاده می‌کند. طبیعتاً حرارت تولیدی از مشعلهای کمکی را نباید در محاسبهٔ حرارت تولیدی از CHP منظور نمود.



شکل ۵- توربین گاز مجهز به بویلر بازیافت

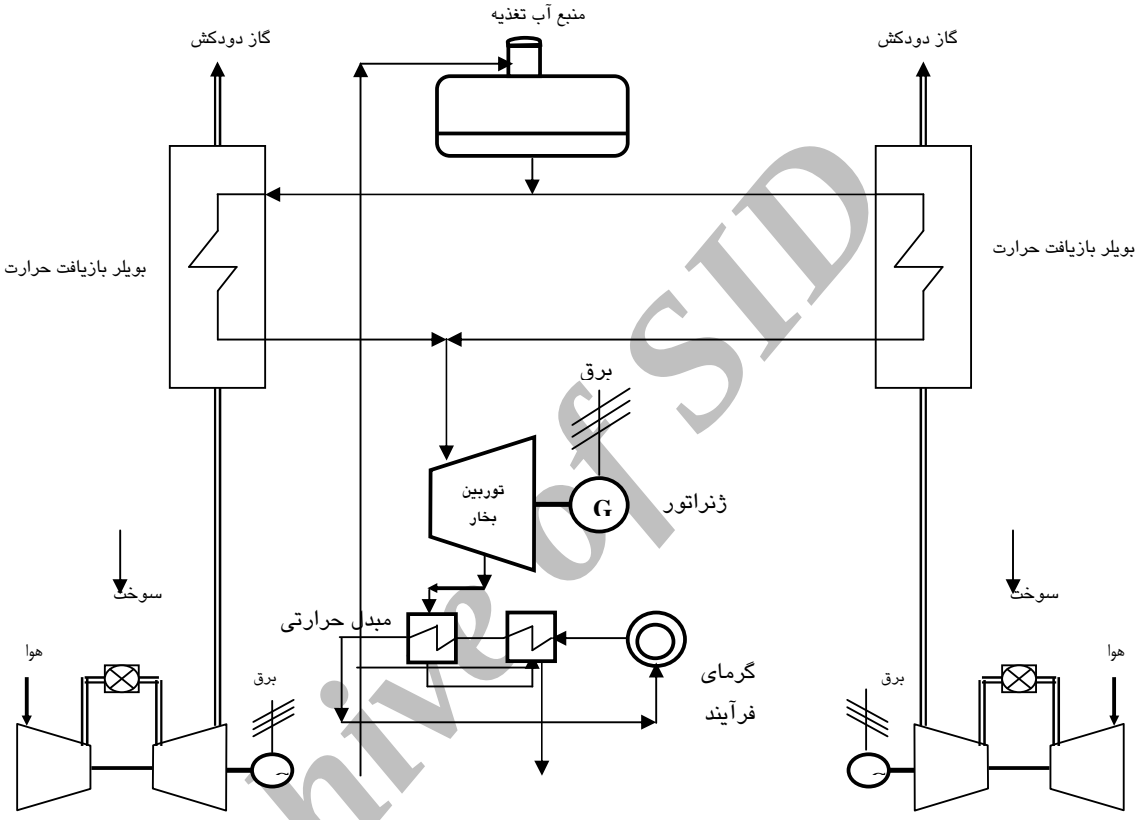
در بعضی از مواقع نیز اگزوز خروجی از توربینهای گاز مجهز به یک کنار گذر (By- Pass) خواهد بود که در اینصورت میتوان فقط در مواقع لازم از بویلر بازیافت استفاده کرد و در مواقع غیر ضروری آنرا از سیستم حذف نمود.

۴-۴- نیروگاههای سیکل ترکیبی

اخیراً، استفاده از نیروگاههای سیکل ترکیبی که شامل یکی یا چند توربین گاز به انضمام بویلرهای بازیافت حرارت و توربین بخار هستند نیز متداول شده‌اند. یک نیروگاه سیکل ترکیبی شامل یک یا چند توربین گازی و توربین بخار است. بسته به نوع توربین بخار، نیروگاه می‌تواند معمولی یا تولید

Archive of SID
www.SID.ir

همزمان باشد. شکل (۶) یک نیروگاه سیکل ترکیبی تولید همزمان که شامل ۲ توربین گاز، ۲ بویلر بازیافت و یک توربین بخار است را نشان می‌دهد.



شکل ۶- تولید همزمان در نیروگاه سیکل ترکیبی

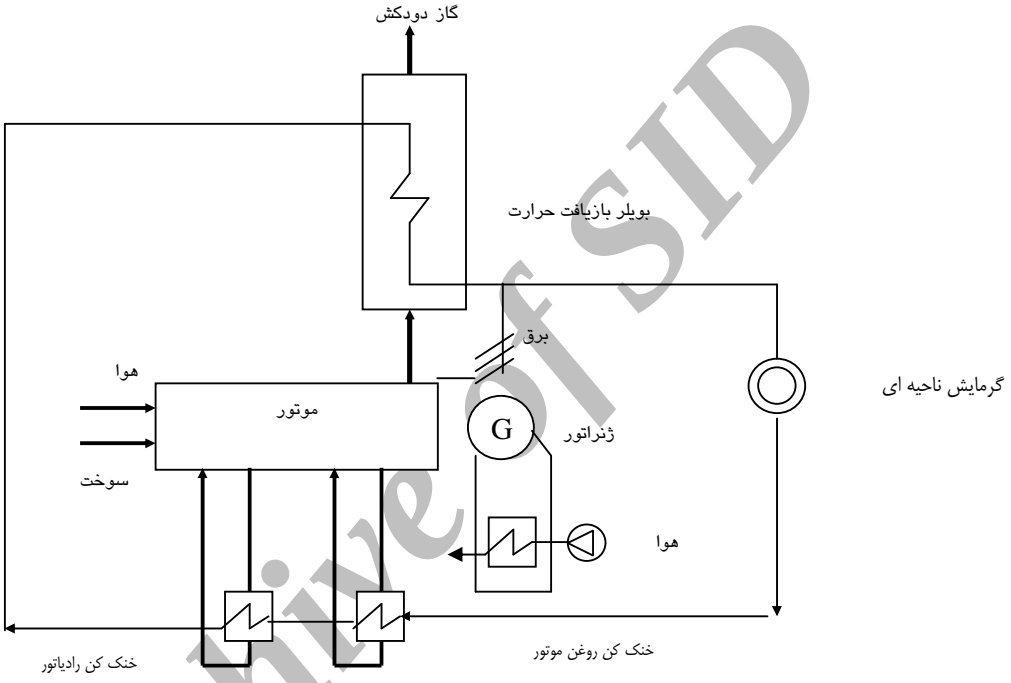
اگر از خنک کن‌های کمکی برای خنک کردن مایعات خروجی از توربین بخار استفاده نشود میتوان این واحدها را بعنوان واحدهای CHP مورد استفاده قرار دارد. مشخصهٔ تمامی نیروگاههای سیکل ترکیبی، بازیافت حرارت از گاز خروجی توربینهای گاز است. این حرارت توسط بویلرهای بازیافت و به منظور تولید بخار مورد نیاز توربینهای بخار استفاده میشود. معمولاً برای افزایش کیفیت بخار از مشعلهای کمکی که از گاز خروجی توربین گاز بعنوان هوای ورودی استفاده می‌کنند برای حرارت دادن بویلر کمکی استفاده میشود. سیستمهای سیکل ترکیبی که در آنها از مایع خروجی از کندانسور برای تأمین حرارت استفاده میشود اساس سیستمهای تولید همزمان با سیکل ترکیبی را تشکیل می‌دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

۵-۴- نیروگاههای مجهز به موتورهای رفت و برگشتی

این روش نیز مشابه به روش تولید همزمان در نیروگاههای گازی است با این تفاوت که بجای توربین گاز از موتورهای درونسوز رفت و برگشتی استفاده میشود. در نیروگاههایی که از موتورهای رفت و برگشتی استفاده می‌کنند، حرارت می‌تواند از روغن موتور یا آب خنک کن موتورها از حرارت گازهای خروجی از اگزوز بازیافت شود.



شکل ۷ - بازیافت حرارت از موتورهای رفت و برگشتی

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.

Archive of SID

www.SID.ir

انتقال آب گرم

برای انتقال آب گرم از خطوط لوله خاصی استفاده می شود. این خطوط برای حداکثر فشار عملیاتی ۱۶ bar طراحی شده اند و به سنسورهای نشت یاب مجهز هستند. این خطوط بطور کلی با خطوط انتقال آب یا گاز طبیعی تفاوت دارند و به گونه ای طراحی شده اند که حداکثر مقاومت حرارتی و ایمنی را داشته باشند. معمولاً برای جلوگیری از نشتی و کنترل دقیق از یک سیستم مانیتورینگ کامپیوتری استفاده می شود. با استفاده از سیستم مانیتورینگ امکان یافتن سریع محل خرابی و تسریع در برطرف نمودن آن فراهم می شود.

مطالعه تولید همزمان برق و حرارت در ایران

در این مطالعه، برنامه بلندمدت استفاده از واحدهای تولید همزمان برق و حرارت در کشور، براساس حداقل سازی مجموع هزینه‌های اقتصادی سیستم عرضه انرژی کشور تهیه شده است. در محاسبه هزینه‌های سیستم عرضه انرژی، مولفه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های بهره برداری و هزینه های سوخت لحاظ شده است .

در مدلسازی سیستم تولید همزمان برق و حرارت، فرض شده است که میتوان تلفات ناشی از گازهای داغ خروجی از توربین های گازی را به صورت بازیافت حرارت وارد شبکه تولید همزمان برق و حرارت نمود. انتخابهای مطرح برای استفاده ازبازیافت حرارت، استفاده از نیروگاه سیکل ترکیبی معمولی برای تولید برق، استفاده از بویلر بازیافت حرارت برای تولید آبگرم و استفاده از توربین بخار پس فشاری (Back pressure) برای تولید برق و آبگرم است. براساس اطلاعات فنی، راندمان توربین

Archive of SID

www.SID.ir

گازی بعد از نصب سیستم بازیافت حرارت ازحدود ۳۴ درصد به بیش از ۷۰ درصد افزایش می‌یابد، در نتیجه تلفات توربین‌های گازی ازحدود ۶۶ درصد به کمتر از ۳۰ درصد میرسد که پتانسیل بهینه‌سازی مهمی محسوب میشود و در این مطالعه، بررسی اقتصادی آن ارائه شده است.

بررسی وتحلیل استفاده از تولید همزمان برق وحرارت بر اساس سه روش زیر قابل انجام است:

۱ ـ برنامه ریزی با محوریت تأمین حرارت مورد نیاز (Heat – oriented)

۲ ـ برنامه ریزی با محوریت تأمین برق مورد نیاز (Power – oriented)

۳ ـ برنامه ریزی با محوریت حداقل سازی هزینه کل سیستم عرضه انرژی (Cost-oriented)

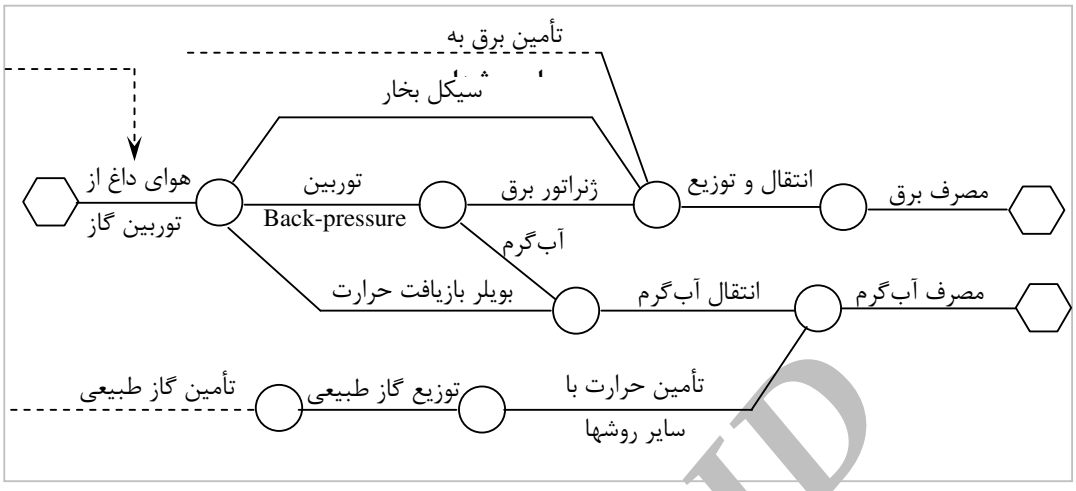
در این مطالعه، برنامه‌ریزی برای استفاده از واحدهای تولید همزمان برق و حرارت بر اساس حداقل کردن هزینه‌های سیستم عرضه انرژی کشور صورت گرفته است. منظوراز هزینه های سیستم عرضه انرژی، مجموع هزینه‌های سرمایه گذاری، بهره برداری و هزینه های سوخت است.

مدلسازی شبکه تولید همزمان برق و حرارت

تعیین اطلاعات مورد نیاز و انتخاب روش برنامه ریزی، مهمترین قسمت بررسی انجام مطالعات بهینه سازی است. بدین منظور لازم است ساختار منطقی از کلیه تجهیزات قابل استفاده در شبکه تولید همزمان برق و حرارت تدوین گردد. مدل مورد استفاده برای این مطالعه مدل نرم افزاری EFOM-ENV بوده است. این مدل یک مدل بهینه سازی جریان انرژی است که با رسم شبکه جریان انرژی و وارد کردن اطلاعات فنی و اقتصادی و محدودیتهای موجود، برنامه بلند مدت سیستم انرژی را ارائه مینماید. شکل (۸) شبکه انرژی که بدین منظور مدلسازی شده است را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۸- مدل شبکه انرژی تولید همزمان برق و حرارت

همانگونه که در شکل (۸) ملاحظه می شود، تلفات ناشی از گازهای داغ خروجی از توربین های گازی به صورت بازیافت حرارت وارد شبکه تولید همزمان برق و حرارت می‌شود. انتخابهای مطرح برای استفاده از بازیافت حرارت، استفاده از نیروگاه سیکل ترکیبی معمولی برای تولید برق، استفاده از بویلر بازیافت حرارت برای تولید آبگرم و استفاده از توربین بخار پس‌فشاری (Back pressure) برای تولید برق و آبگرم است.

هزینه سوختهای ورودی به مدل شبکه تولید انرژی

در شبکه تولید انرژی از فرآورده های نفتی، گاز طبیعی، زغال سنگ و سوخت هسته‌ای به عنوان سوخت ورودی در بخشهای مرتبط استفاده شده است. همچنین گزینه‌های مختلف تولید برق بوسیله انرژی‌های نو در این شبکه در نظر گرفته شده‌است.

جدول (۲) هزینه سوختهای مصرفی ورودی به بخش برق، که از بعضی بخشهای مرتبط تأمین می‌شود را نشان می‌دهد. این قیمتها بر اساس قیمتهای متوسط ۳۰ سال گذشته و بر اساس محتمل‌ترین سناریوی ممکن پیش‌بینی شده‌است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- هزینه‌های سوخت ورودی به مدل بر اساس سناریوی مبنا

سال مطالعه	گاز طبیعی (سنت برمتر مکعب)	گازوئیل (دلار بر بشکه)	نفت کوره (دلار بربشکه)	زغالسنگ (دلار بر تن)
۱۳۸۳	۳/۶	۲۱/۳	۱۶/۵	۳۳
۱۳۸۸	۳/۶	۲۱/۳	۱۶/۵	۳۳
۱۳۹۳	۳/۸	۲۲/۴	۱۷/۳	۳۵
۱۳۹۸	۳/۸	۲۲/۴	۱۷/۳	۳۵
۱۴۰۸	۴	۲۳/۴	۱۸/۲	۳۷

داده‌های فنی و اقتصادی تجهیزات موجود در شبکه تولید انرژی

تجهیزات مورد استفاده در شبکه برق شامل نیروگاه گازی، سیکل ترکیبی، توربین بخار، توربین بخار پس‌فشاری (Back pressure)، بویلر بازیافت حرارت، ژنراتور تولید برق و تولید حرارت توسط روشهای معمول همچون بخاری گازی می باشد. داده های فنی- اقتصادی مورد استفاده در مدل در ضمیمه ۱ ارائه شده اند.

نتایج

با استفاده از داده های موجود و اجرای مدل نتایج زیر بدست آمد:

۱- بازیافت حرارت از توربینهای گازی دارای اولویت اقتصادی بالایی در برنامه بلندمدت کشور است که بایستی بدان توجه شود. تولید حرارت از بازیافت انرژی در بویلر بازیافت حرارت برای مصارف گرمایشی بهترین انتخاب است و تولید همزمان برق و حرارت در توربین بخار پس‌فشاری (Back ـ pressure) در اولویت دوم قرار دارد.

۲- در شبکه تولید همزمان برق و حرارت، نیروگاه سیکل ترکیبی معمولی در مقایسه با نیروگاه سیکل ترکیبی با توربین بخار پس‌فشاری و بویلر بازیافت حرارت دارای هیچگونه اولویت اقتصادی نیست. علت این امر، بالا بودن هزینه تولید انرژی نیروگاه سیکل ترکیبی معمولی نسبت به هزینه تولید انرژی نیروگاه سیکل ترکیبی با توربین بخار پس‌فشاری و بویلر بازیافت حرارت است.

Archive of SID
www.SID.ir

۳- بعنوان یک تصمیم کلی برای تولید آبگرم، استفاده از بویلر بازیافت حرارت و توربین بخار پس‌فشاری (Back- Pressure) در سیستم قدرت کشور توصیه می‌شود.

سیاستهای کلی و پیشنهادات

با نگاه کلی، بازیافت حرارت از گازهای داغ خروجی از توربینهای گازی حتی در مناطقی که در آنها شبکه گاز وجود دارد دارای توجیه اقتصادی است. با در نظر گرفتن هزینه گاز ورودی با نیروگاهها، استفاده از بویلر بازیافت برای تأمین حرارت در اولویت اول قرار دارد. بعد از بویلر بازیافت، توربین بخار پس‌فشاری (Back ـ pressure) اولویت دوم را به خود اختصاص داده است.

با توجه به تأثیرپذیری انتخاب روشهای مختلف تولید همزمان برق و حرارت از شرایط محیطی، پیشنهاد میشود مطالعات میدانی هر پروژه اجرایی بصورت موردی انجام شود. لازمست در این مطالعات، ساز و کارهای فروش حرارت نیز بدقت مورد بررسی قرار گیرد زیرا بازار مطئن فروش حرارت تأثیر مهمی بر انتخاب آلترناتیوهای موجود در تولید همزمان دارد ولی آنچه که بدیهی بنظر می‌رسد، استفاده از تولید همزمان برق و حرارت بمنظور بالا بردن بازده بخش عرضه انرژی است.

مراجع

1- http://www.kdhc.co.kr/english/index_e.htm.

2- http://www.cogen.org/

۳- سیاستها و برنامه های بهینه سازی انرژی در جانب عرضه – قسمت اول: تولید همزمان برق و حرارت- گروه عرضه- معاونت امور انرژی- وزارت نیرو- ۱۳۸۲،

۴- برنامه ۲۵ ساله عرضه انرژی در کشور- گروه عرضه- دفتر برنامه ریزی انرژی- معاونت امور انرژی- وزارت نیرو- ۱۳۸۰.

Archive of SID

www.SID.ir

ضمیمه ۱: اطلاعات فنی- اقتصادی ورودی مدل

داده‌های فنی ـ اقتصادی ورودی نیروگاه گازی

شرح پارامتر	سال	مقدار عددی	واحد
هزینه سرمایه گذاری اولیه	همه سالها	۳۰۳/۸	$/ Kw
هزینه ثابت تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۱/۱۳	$/ Kw
هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۰/۰۰۱۲	$/ Kw
طول عمر	همه سالها	۱۵	سال
مدت زمان ساخت	همه سالها	۲	سال
ضریب دسترسی	همه سالها	۶۱/۴	درصد
راندمان	همه سالها	۳۳/۴	درصد
ظرفیت باقیمانده	۱۳۸۳	۷۲۸۷	MW
ظرفیت باقیمانده	۱۳۸۸	۷۴۲۶	MW
ظرفیت باقیمانده	۱۳۹۳	۶۲۴۶/۶	MW
ظرفیت باقیمانده	۱۳۹۸	۶۲۱۷/۶	MW

داده‌های فنی ـ اقتصادی ورودی نیروگاه سیکل ترکیبی

شرح پارامتر	سال	مقدار عددی	واحد
هزینه سرمایه گذاری اولیه	همه سالها	۴۶۱	$ / Kw
هزینه ثابت تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۱/۲۱۴	$ / Kw
هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۰/۰۰۰۹	$ / Kw
طول عمر	همه سالها	۳۰	سال
مدت زمان ساخت	همه سالها	۵	سال
ضریب دسترسی	همه سالها	۶۲/۲	درصد
راندمان	همه سالها	۵۰	درصد
ظرفیت باقیمانده	۱۳۸۳	۸۴۶۸/۸	MW
ظرفیت باقیمانده	۱۳۸۸	۷۳۶۳/۴	MW
ظرفیت باقیمانده	۱۳۹۳	۷۳۶۳/۴	MW
ظرفیت باقیمانده	۱۳۹۸	۵۲۹۲/۶	MW

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌های فنی ـ اقتصادی ورودی توربین بخار

شرح پارامتر	سال	مقدار عددی	واحد
هزینه سرمایه گذاری اولیه	همه سالها	۶۳۰	$ / KW
هزینه ثابت تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۳/۷۵	$ / KW
هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۰/۰۰۰۴	$ /KWh
طول عمر	همه سالها	۲۰	سال
مدت زمان ساخت	همه سالها	۲	سال
ضریب دسترسی	همه سالها	۹۵	دصد
راندمان	همه سالها	۵۰	درصد

داده‌های فنی ـ اقتصادی ورودی توربین Back pressure

شرح پارامتر	سال	مقدار عددی	واحد
هزینه سرمایه گذاری اولیه	همه سالها	۸۰	$/KW
هزینه ثابت تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۰/۹۶	$/KW
هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۰	$/KWh
طول عمر	همه سالها	۲۰	سال
مدت زمان ساخت	همه سالها	۲	سال
راندمان تولید برق	همه سالها	۲۰	درصد
راندمان تولید آبگرم	همه سالها	۶۵	درصد
ضریب دسترسی	همه سالها	۹۵	درصد

داده‌های فنی ـ اقتصادی ورودی بویلر بازیافت حرارت

شرح پارامتر	سال	مقدار عددی	واحد
هزینه سرمایه گذاری اولیه	همه سالها	۸۰	$ /KW
هزینه ثابت تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۱/۶	$ /KW
هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۰	$/KWh
طول عمر	همه سالها	۳۰	سال
مدت زمان ساخت	همه سالها	۲	سال
ضریب دسترسی	همه سالها	۵۵	درصد
بازده	همه سالها	۷۲	درصد

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌های فنی ـ اقتصادی ورودی انتقال آبگرم

شرح پارامتر	سال	مقدار عددی	واحد
هزینه سرمایه گذاری اولیه	همه سالها	۴۲/۵	$ /KW
هزینه ثابت تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۰/۸۵	$ /KW
هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۰	$/KWh
طول عمر	همه سالها	۳۰	سال
مدت زمان ساخت	همه سالها	۱	سال
ضریب دسترسی	همه سالها	۹۵	درصد
راندمان	همه سالها	۹۵	درصد

داده‌های فنی ـ اقتصادی ورودی ژنراتور تولید برق

شرح پارامتر	سال	مقدار عددی	واحد
هزینه سرمایه گذاری اولیه	همه سالها	۲۳۰	$ /KW
هزینه ثابت تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۲/۳	$ /KW
هزینه متغیر تعمیرات و نگهداری	همه سالها	۰	$/KWh
طول عمر	همه سالها	۲۰	سال
مدت زمان ساخت	همه سالها	۲	سال
ضریب دسترسی	همه سالها	۹۵	درصد

Archive of SID

www.SID.ir