دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

مقایسهٔ کارآیی سوختهایCNG و گاز طبیعی برای تولید سه گانه (سرما، گرما و توان)

استاد راهنما:
دکتر بهروز میرزایی ضیاپور

توسط:
عمار حسن پور

دانشگاه محقق اردبیلی
تابستان ۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

سپاسگزاری:

خداوندا در برابر ستایشِ عظمت و بزرگی‌ات زبان‌ها قاصر و قلم‌ها ناتوانند. معبود من! ای پناه من در سختی‌ها و رنجها! ای که تمامی نجواهای اندرون را می‌شنوی! از تو به خاطر قدرت تفکری که به من عطا فرمودی و اراده ای که در وجودم نهادی بینهایت سپاسگزارم، چرا که تلفیق تفکر و اراده سرآمد هر نعمتی است.

حال که به عنایت خداوند متعال این پژوهش به انجام رسیده‌است، بر خود واجب می‌دانم از تمامی اساتید و بزرگوارانی که مرا در فراگیری علم و دانش یاری نموده‌اند تشکر نمایم، به ویژه استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر بهروز میرزایی، مراتب تقدیر و تشکر خود را ابراز می‌نمایم.

در نهایت، از تمامی اعضای خانواده‌ام که در طی تدوین این پروژه همواره پشتیبانم بودند، بی‌نهایت سپاسگزار و ممنونم.

تقدیم

نام خانوادگی: حسن‌پور کورنده	**نام: عمار**
عنوان پایان‌نامه: مقایسه کارایی سوخت‌های CNG و گاز طبیعی برای تولید سه‌گانه(سرما، گرما و توان)	
استاد راهنما: جناب آقای دکتر بهروز میرزایی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی‌ارشد **رشته: مهندسی مکانیک** **گرایش: تبدیل انرژی**	
دانشکده: فنی و مهندسی دانشگاه : محقق اردبیلی **تاریخ فارغ‌التحصیلی:۹۱/٤/۳۱** **تعداد صفحه: ۱۱۲**	
کلید واژه: تولید همزمان انرژی سه گانه، میکروتوربین‌های گازی، موتورهای گازی، بازده انرژی ،PER	

چکیده:

محدودیت منابع فسیلی، تجدیدپذیر نبودن این منابع و پیش‌بینی افزایش قیمت‌ها موجب گردیده است تا سیاستگذاران و برنامه‌ریزان بخش انرژی به فکر بهینه سازی مصرف سوخت و همچنین انرژی‌های جایگزین باشند. در این بین روش‌های تبدیل انرژی همزمان سه گانه راهگشای معضلات فوق‌الذکر خواهد بود. تولید انرژی همزمان سه‌گانه (برق، گرمایش و سرمایش) به‌صورت تأمین هر سه شکل نیرو در یک مکان مشترک توسط یک منبع انرژی تعریف می‌شود. در این پژوهش هدف، مقایسه کارایی سوخت‌های CNG و گازطبیعی(NG) در تولید همزمان انرژی بر پایه مطالعه کارآیی محرک‌های اولیه میکروتوربین گازی(با مصرف سوخت NG) و موتور ژنراتورگازی(با مصرف سوخت CNG) است. در ابتدا دو مدل کلی که یکی با محرک اولیه موتورهای گازی و دیگری با میکروتوربین گازی تغذیه می‌شوند ، تحلیل و بررسی گردید و آنگاه با نتایج معتبر دیگران درست آزمایی شد. در ادامه، روش تحلیل «نرخ انرژی اولیه» که صرفاً برای موتورهای گازی ارائه شده است تشریح شد. نهایتاً مدل ارائه شده در این پژوهش که با محرک اولیه میکروتوربین طراحی شده است با روش «نرخ انرژی اولیه» تحلیل و ارزیابی گردید. نتایج حاصل از تحلیل سیستم‌های تولید انرژی این بود که سیستم‌های تولید انرژی سه‌گانه به طور کلی نسبت به نوع متداول تولید انرژی به طور مجزا بیش از ۳۷٪ انرژی اولیه مورد نیاز خود را ذخیره می‌کنند. پس از استخراج نتایج حاصل از تحلیل PER برای میکروتوربین‌ها و موتورهای گازی نتیجه شد که مقدار PER برای مدل‌های رانده شده توسط میکروتوربین‌های گازی به مقدار ۰/۹۰۰۲ و برای مدل رانده شده توسط موتور گازی ۰/۸۴۵۰ بوده که نشان دهنده کارایی بهتر میکروتوربین‌های گازی نسبت به موتورهای گازی می‌باشد.

فهرست

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- معرفی فناوری تولید هم‌زمان انرژی ٤

۱-۳- کاربرد سیستم‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت ٦

۱-۳-۱- بخش صنعتی ۹

۱-۳-۲- بخش اداری ۹

۱-۳-۳- بخش تجاری ۱۰

۱-٤- تجهیزات و اجزاء سیستم تولید مشترک (برق ، گرمایش و سرمایش) ۱۰

۱-۴-۱- محرک‌های اولیه ۱۰

۱-۴-۱-۱- توربین‌های بخار ۱۱

۱-۴-۱-۲- توربین گاز ۱۲

۱-۴-۱-۳- موتورهای پیستونی (رفت و برگشتی) ۱۳

۱-۴-۲- تجهیزات الکتریکی ۱۴

۱-۴-۳- تجهیزات بازیاب حرارت ۱۵

۱-۴-۴- چیلرهای جذبی ۱۷

۱-۴-۵- سیستم‌های کنترل و مانیتورینگ ۱۸

۱-۴-۶- محفظه‌ی اکوستیک(عایق صدا) ۱۹

۱-۵- بررسی تولید انرژی هم‌زمان توسط موتورهای رفت و برگشت(پیستونی) ۲۰

۱-۵-۱- مقدمه ۲۰

۱-۵-۲- موارد کاربرد موتورهای رفت و برگشتی(پیستونی) ۲۱

۱-۵-۳- شرح فناوری موتورهای رفت و برگشتی(پیستونی) ۲۲

۱-۵-۴- هزینه سرمایه‌گذاری، تعمیر و نگهداری موتورهای رفت و برگشتی(پیستونی) ۲۲

۱-۵-۵- تولید انرژی حرارتی در موتورهای رفت و برگشتی (پیستونی) ۲۳

۱-۵-۶- تأثیر شرایط محیطی، سوخت و میزان بار بر عملکرد موتورهای رفت و برگشتی(پیستونی) ۲۴

۱-٦- بررسی تولید انرژی همزمان توسط میکروتوربین‌های گازی ۲۵

۱-۶-۱- مقدمه ۲۵

۱-۶-۲- موارد کاربرد میکرو توربین‌های گازی ۲۷

۱-۶-۳- شرح فناوری میکروتوربین‌ها ۲۹

۱-۷- مروری بر تحقیقات گذشته ۳۰

عنوان	صفحه

۱-۸- بیان مسأله ۳۳

فصل دوم: مواد و روش تحقیق ۳٤

۲-۱- فرضیات و معادلات کلی حاکم بر سیستم‌های تولید انرژی هم‌زمان ۳۵

۲-۲- معادلات سیستم‌های انرژی ۳۵

۲-۲-۱- معادله پیوستگی (موازنه جرم) ۳۵

۲-۲-۲- موازنه انرژی(قانون اول ترمودینامیک) ۳۶

۲-۲-۳- موازنه اگزرژی (قانون دوم ترمودینامیک) ۳۶

۲-۳- معادلات ترمودینامیکی حاکم بر اجزای سیکل ۳۷

۲-۳-۱- توربین ۳۷

۲-۳-۲- کمپرسور ۳۸

۲-۳-۳- پمپ ۳۹

۲-۳-۴- مبدل حرارتی ۴۰

۲-٤- تشریح و بررسی سیکل‌های توان- قدرت ٤۱

۲-۴-۱- بررسی کلی در تحلیل سیکل‌های قدرت ۴۲

۲-۴-۲- مرور مختصری بر موتورهای رفت و برگشتی ۴۴

۲-۴-۳- سیکل ایده‌آل برای موتورهای توربین گازی ۴۶

۲-۴-۴- سیکل برایتون با بازیاب ۵۰

۲-۵- سیکل‌های تبرید ۵۲

۲-۵-۱- یخچال‌ها و پمپ‌های گرمایی ۵۳

۲-۵-۲- انتخاب مبرد مناسب ۵۵

۲-۵-۳- سیستم‌های تبرید جذبی ۵۵

۲-۵-۴- سیستم تبرید جذبی آب – لیتیم برماید ۵۹

۲-٦- آنالیز ترمودینامیکی سیستم‌های تولید انرژی همزمان ۵۹

۲-۶-۱- قدرت (توان) خروجی ۶۰

۲-۶-۲- انرژی ورودی ۶۱

۲-۶-۳- تولیدات چرخه(فرایند) گرمایی ۶۲

۲-۶-۴- انجماد یا تولید سرما(سرمایش) ۶۲

۲-۶-۵- بازده سوخت مصرفی(قانون اول یا بازده انرژی) ۶۳

۲-۶-۶- نسبت انرژی الکتریکی به گرمایی(قانون اول بازده انرژی) ۶۳

۲-۶-۷- قانون دوم بازده(بازده اگزرژتیک) ۶۴

۲-۶-۸- نسبت انبساط توربین ۶۴

عنوان	صفحه

۲-۷- روش تحلیلی «نرخ انرژی اولیه» (PER) ٦٥

فصل سوم: بحث و بررسی نتایج ٦٨

۳-۱- بررسی و ارزیابی مدل‌ترمودینامیکی سیستم تولیدانرژی هم‌زمان Khaliq ٦٩

۳-۱-۱- توضیح سیستم انرژی ۶۹

۳-۱-۲- ارزیابی سیستم انرژی هم‌زمان khaliq ۷۰

۳-۱-۲-۱- میزان تأثیر دمای ورودی به توربین در میکروتوربین‌های گازی بر بازده سیستم انرژی khaliq ۷۲

۳-۱-۲-۲- میزان تأثیر تغییرات دمای اواپراتور بر بازده سیستم انرژی khaliq ۷۳

۳-۱-۲-۳- میزان تأثیر افت فشار در HRSG و CC بر روی بازده سیستم انرژی همزمان khaliq ۷۵

۳-۲- بررسی و ارزیابی مدل ترمودینامیکی سیستم تولید انرژی هم‌زمان Z. G. Sun ۷٦

۳-۲-۱- اصول و طرح سیستم تولید هم‌زمان Z. G. Sun ۷۶

۳-۲-۲- ارزیابی بازده انرژی سیستم تولید انرژی همزمان Z. G. Sun ۷۸

۳-۳- بررسی و ارزیابی سیستم انرژی تولید همزمان طراحی شده در این پژوهش ۸۰

۳-۳-۱- توضیح سیستم انرژی همزمان ۸۰

۳-۳-۲- ارزیابی سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده ۸۲

۳-۴- تأثیر دبی جرمی سوخت بر میزان کار خالص خروجی سیستم در سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده ۸۷

۳-۵- ارزیابی و تحلیل «نرخ انرژی اولیه» سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده ۸۸

۳-۵-۱- میزان تأثیر نسبت فشار بر «نرخ انرژی اولیه» (PER) در سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده ۸۹

۳-۵-۲- میزان تأثیر دمای ورودی به توربین بر «نرخ انرژی اولیه» (PER) در سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده .. ۸۹

۳-۵-۳- تأثیر دمای اواپراتور بر «نرخ انرژی اولیه» (PER) در سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده ۹۰

۳-٦- ارزیابی مقادیر «نرخ انرژی اولیه» (PER) سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده ۹۱

۳-۶-۱- مقایسه‌ی نتایج(PER) مدلسازی انجام شده با سایر مراجع ۹۲

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۳

٤-۱- خلاصه‌ای از گزارش پژوهش ۹٤

٤-۲- نتیجه‌گیری ۹٤

٤-۳- پیشنهادات ۹٦

پیوست الف ۹۷

مراجع و منابع ۱۰۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) تولید همزمان برق، حرارت، و برودت با استفاده از موتور گازسوز[۴] ۵
شکل (۱-۲) یک محرک اولیه برای سیستم‌های تولید انرژی همزمان با مشخص بودن اجزای آن[۱۴] ۱۱
شکل (۱-۳) نمایی از یک توربین گاز[۱۲] ۱۲
شکل (۱-۴) نمونه‌ای از چیلر جذبی تک اثره[۱۹] ۱۸
شکل(۱-۵) سیستم موتور رفت و برگشتی (پیستونی)[۶] ۲۰
شکل (۱-۶) بازیافت حرارت در موتورهای رفت و برگشتی پیستونی[۳۶] ۲۳
شکل (۱-۷) تصویر یک میکروتوربین و اجزای آن[۳۰] ۲۶
شکل (۱-۸) سیستم CHP با میکروتوربین[۲] ۲۷
شکل (۱-۹) میکروتوربین ساخته شده در شرکت Capston[۲۸] ۲۹
شکل (۱-۱۰) شماتیکی از یک میکرو توربین گازی به همراه اجزاء تشکیل دهنده آن[۲۸] ۳۰
شکل (۲-۱) شکل شماتیک توربین ۳۸
شکل (۲-۲) شکل شماتیک کمپرسور ۳۹
شکل (۲-۳) شکل شماتیک پمپ ۳۹
شکل (۲-۴) شکل شماتیک مبدل حرارتی ۴۰
شکل (۲-۵) نمادگذاری برای موتورهای رفت و برگشتی[۶] ۴۵
شکل (۲-۶) حجم جابجا شده و حجم مینیمم[۶] ۴۵
شکل (۲-۷) کار خالص خروجی سیکل برابر حاصلضرب فشار مؤثر متوسط در حجم جابجا شده [۶] ۴۶
شکل (۲-۸) یک موتور توربین گاز با سیکل باز[۶] ۴۷
شکل (۲-۹)سیکل بسته توربین گاز[۶] ۴۸
شکل (۲-۱۰) راندمان گرمایی سیکل برایتون ایده‌آل به صورت تابعی از نسبت فشار[۶] ۴۹
شکل (۲-۱۱) یک موتور توربین گاز با بازیاب[۶] ۵۱
شکل (۲-۱۲) نمای شماتیک یک یخچال [۶] ۵۴
شکل (۲-۱۳) سیستم تبرید جذبی آب ـ آمونیاک[۶] ۵۷
شکل (۲-۱۴) نمودار شماتیک سیستم تولید انرژی همزمان سه‌گانهKhaliq ۶۰
شکل (۳-۱) نمودار شماتیک سیستم تولید انرژی همزمان سه‌گانهKhaliq ۷۰
شکل (۳-۲) تغییرات بازده قانون اول (η_I) و بازده قانون دوم (η_{II}) و نسبت انرژی الکتریکی به حرارتی را نسبت به تغییر در TIT توسط شبیه سازی کامپیوتری ۷۲
شکل (۳-۳) تغییرات بازده قانون اول (η_I) و بازده قانون دوم (η_{II}) و نسبت انرژی الکتریکی به حرارتی را نسبت به تغییر در TIT ارائه شده توسط مرجع ۷۳
شکل (۳-۴) میزان تأثیر تغییرات دمای اواپراتور بر بازده سیستم انرژی khaliq توسط شبیه سازی کامپیوتری ۷۴
شکل (۳-۵) میزان تأثیر تغییرات دمای اواپراتور بر بازده سیستم انرژی khaliq ارائه شده توسط مرجع ۷۴

عنوان	صفحه

شکل (۳-۶) میزان تأثیر افت فشار در HRSG و CC نیروی بازده سیستم انرژی همزمان khaliq توسط شبیه سازی کامپیوتری ۷۵
شکل (۳-۷) میزان تأثیر افت فشار در HRSG و CC نیروی بازده سیستم انرژی همزمان khaliq ارائه شده توسط مرجع ۷۶
شکل (۳-۸) نمودار شماتیک سیستم تولید انرژی همزمان Z. G. Sun ۷۷
شکل (۳-۹) دیاگرام شماتیکی تبرید جذبی سیستم تولید انرژی همزمان ارائه شده توسط آقای Z.G.Sun..... ۷۸
شکل (۳-۱۰) سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده در این پژوهش ۸۱
شکل (۳-۱۱) تأثیر دبی جرمی سوخت بر میزان کار خالص خروجی سیستم در سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده ۸۸
شکل (۳-۱۲) میزان تأثیر نسبت فشار بر نرخ انرژی اولیه سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده..... ۸۹
شکل (۳-۱۳) میزان تأثیر دمای ورودی به توربین بر «نرخ انرژی اولیه» (PER) ۹۰
شکل (۳-۱۴) تأثیر دمای اواپراتور بر «نرخ انرژی اولیه» (PER) در سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده ۹۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۱-۱) پارامترهای فنی و مقایسه بین محرک‌های اولیه CCHP ٦
جدول (۱-۲) مشخصات توربین گاز opera در مقایسه با سایر محرک‌های اولیه ۸
جدول (۱-۳) انواع احتراق با در نظر گرفتن λ(نسبت سوخت به هوا) ۲٤
جدول (۳-۱) پارامترهای استفاده شده در سیکل تولید انرژی همزمان khaliq ۷۱
جدول (۳-۲) پارامترهای استفاده شده در سیستم انرژی تولید هم‌زمان Z. G. Sun ۷۹
جدول (۳-۳) محاسبه و مقایسه مقدار PER و ΔQ سیستم تولید انرژی همزمان Z. G. Sun ۷۹
جدول (۳-۴) پارامترهای استفاده شده در سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده ۸۲
جدول (۳-۵) مقایسه نتایج شبیه سازی کامپیوتری سیکل تولید انرژی همزمان و مقایسه آن با مرجع [۱۸] برای حالت ۱ ..... ۸۳
جدول (۳-۶)مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری سیکل تولید انرژی همزمان و مقایسه‌ی آن با مرجع [۱۸] برای حالت ۲ ..... ۸۳
جدول (۳-۷) مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری سیکل تولید انرژی همزمان و مقایسه‌ی آن با مرجع [۱۸] برای حالت ۳ ..... ۸٤
جدول (۳-۸) مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری سیکل تولید انرژی همزمان و مقایسه‌ی آن با مرجع [۱۸] برای حالت ۴ ..... ۸٤
جدول (۳-۹) مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری سیکل‌تولید انرژی همزمان و مقایسه‌ی آن با مرجع[۱۸] برای حالت ۵ ..... ۸۵
جدول (۳-۱۰) مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری سیکل تولید انرژی همزمان و مقایسه‌ی آن با مرجع [۱۸] برای حالت ۶ .... ۸۵
جدول (۳-۱۱) مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری سیکل تولید انرژی همزمان و مقایسه‌ی آن با مرجع [۱۸] برای حالت ۷ .... ۸٦
جدول (۳-۱۲) مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری سیکل تولید انرژی همزمان و مقایسه‌ی آن با مرجع [۱۸] برای حالت ۸ .... ۸٦
جدول (۳-۱۳) مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری سیکل تولید انرژی همزمان و مقایسه‌ی آن با مرجع [۱۸] برای حالت ۹ .... ۸۷
جدول (۳-۱۴) مقادیر «نرخ انرژی اولیه» (PER) برای سیستم تولید انرژی همزمان طراحی شده ۹۱
جدول (۳-۱۵) مقایسه نتایج PER سیکل مدسازی شده با نتیجه کار آقای Hovelski ۹۲
جدول (۳-۱۶) مقایسه نتایج PES سیکل مدلسازی شده با نتیجه کار آقای Chicoo ۹۲

فهرست علائم

علائم اصلی	
AS	جاذب
C_P	گرمای ویژه در فشار ثابت $\left(^{kj}/_{kgk}\right)$
C_V	گرمای ویژه در حجم ثابت $\left(^{kj}/_{kgk}\right)$
CD	کندانسور
COP	ضریب عملکرد
EP	اواپراتور
$\dot{E}$	نرخ انرژی $\left(^{kj}/_{S}\right)$
GN	ژنراتور
h	آنتالپی $\left(^{kj}/_{kg}\right)$
$\dot{H}_f$	گرمای تغذیه شده توسط سوخت $\left(^{kg}/_{S}\right)$
$\dot{m}$	دبی جرمی $\left(^{kg}/_{S}\right)$
P	توان الکتریکی (kW)
P	فشار (bar)
PER	نرخ انرژی اولیه
PER_C	نرخ انرژی اولیه سیستم‌های مجزا
PER_S	نرخ انرژی اولیه سیستم مرسوم
PP	نقطه حساس دمایی $\left(^{\bullet}C\right)$
Q	جریان گرمایی
Q_C	سرمایش خروجی
Q_{CP}	انرژی اولیه لازم برای سیکل ترکیبی دوگانه
Q_h	ظرفیت گرمایی
Q_{ng}	مصرف گاز سالیانه
Q_{SP}	انرژی اولیه لازم برای سیکل ترکیبی دوگانه

فهرست علائم

علائم اصلی	
ΔQ	انرژی اولیه ذخیره شده
$\bar{Q}$	نرخ جریان گرمایی (kW)
$\bar{Q}_C$	نرخ جریان سرمایشی (kW)
R	ثابت گازها $\left(^{kj}/_{kgk}\right)$
S	انتروپی ویژه $\left(^{kj}/_{kgk}\right)$
T	دما $\left(^{\bullet}C-K\right)$
W	نرخ قدرت خروجی سیکل
علائم یونانی	
β	فاکتور افت فشار
γ	نرخ ویژه گرمایی
δ	اگزرژی ویژه
π_T	نسبت فشار توربین
π_C	نسبت فشار کمپرسور
η	بازده
η_I	بازده قانون اول
η_{II}	بازده قانون دوم
η_b	بازده بویلر
η_e	بازده الکتریکی
θ	نسبت دمای ماکزیمم به دمای مینیمم

زیرنویس‌ها

علائم اصلی	
A	جاذب
C	کمپرسور
CC	محفظه احتراق
con	کندانسور
E	اواپراتور
G	ژنراتور
GT	توربین گاز
Q	گرما
T	توربین
a	هوا
w	آب
cog	همزمان
el	الکتریکال
f	سوخت
max	ماکسیمم(بیشینه)
r	تبرید
S	محلول
tri	سیکل تولید همزمان سه گانه
i	ورودی
o	خروجی

فصل اول

مقدمه و مروری بر

تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه

تداوم رشد مصرف انرژی در کشور به همراه بهره‌وری پایین تولید ، انتقال و توزیع انرژی سبب گردیده است تا آینده‌ی نامطلوبی برای این بخش در حال وقوع باشد.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 ارتقاء بهره‌وری در عرضه و ایضاً تقاضای انرژی با هدف جلوگیری از اتلاف انرژی در بخش‌های مختلف و عرضه و تقاضا و بازیافت آن به منظور ارتقاء کارایی در بخش‌های یاد شده و مدیریت بهینه‌ی منابع سوخت و انرژی کشور و صیانت از محیط زیست می‌توان انتظار داشت اقدامی عملی و اجرایی برای مقابله با بحران پیش‌رو در کشور محقق گردد[۱۴].

کاهش در مصرف سوخت، هزینه‌ی سوخت مصرفی را در سبد اقتصادی واحد کاهش می‌دهد. هم‌چنین از دید ملی، این صرفه‌جویی در مصرف سوخت می‌تواند چه از طریق صادرات و چه از طریق فراهم آمدن شرایطی برای استفاده‌های سودمندتر از سوخت فسیلی مزیت محسوب شود. به علاوه استفاده هرچه کمتر از سوخت‌های فسیلی باعث کاهش آلاینده‌های محیط زیست می‌شود.[۱۴]

مدیریت کارایی انرژی به تنهایی و تحت تأثیر تعادل میان عرضه و تقاضای انرژی به وجود نخواهد آمد و لازم است دولت‌ها و مراجع سیاست‌گذار و تصمیم‌گیر از راه‌کارهای مناسب برای نیل به آن استفاده کنند. از جمله راه‌کارهای در حال استفاده در کشورهایی که پیشرفت‌های بسیاری را در این زمینه برای آن جوامع به همراه آورده است، تولید هم‌زمان (برق ،گرمایش و سرمایش) در محل مصرف است. در راستای سیاست‌های اجرایی برنامه‌های توسعه کشور و ضرورت تامین انرژی جهت تقویت شبکه سراسری لازم است تکنیک‌ها، روش‌ها و تکنولوژی‌های روز دنیا شناخته شده و جهت توسعه تولید انرژی اقدامات اجرایی صورت پذیرد.

سیستم‌های تولید پراکنده با هدف بهینه سازی در مصرف انرژی، کاهش اتلاف ناشی از انتقال و توزیع انرژی الکتریکی در شبکه و نیز کاهش آلودگی‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌های بزرگ، به کار گرفته می‌شوند. در این راستا توسعه سیستم‌های تولید پراکنده راهی است جهت رفع مشکلات شبکه تولید، توزیع و انتقال برق که با مشارکت بخش خصوصی به راحتی قابل اجرا می‌باشد.

از طرف دیگر نیروگاه‌های بزرگ تولید برق به دلیل ظرفیت و حجم تولید زیاد علاوه بر داشتن هزینه‌های زیاد در سرمایه گذاری، نصب و راه اندازی و نیز تعمیر و نگهداری، غالباً از راندمان الکتریکی پایینی برخوردار بوده و علاوه بر افزایش مصرف سوخت موجب افزایش آلاینده‌های زیست محیطی می‌گردند. مجموعه این عوامل و عواملی مانند قابلیت اطمینان بیشتر، تجدید ساختار در صنعت برق و ... ، کشورهای جهان را به سمت استفاده از تولیدات پراکنده سوق داده است[۱۴].

توسعه تکنولوژی ساخت نیروگاه‌های کوچک و توجه به مسائل زیست محیطی در دنیا باعث شده که مصرف کننده‌های انرژی و تولید کننده‌های آن به سمت تجهیزات کارایی بالا رفته، لذا با توجه به افزایش ۱۰٪ تقاضای برق در سال‌های آتی و نیز سیاست وزارت نیرو جهت تامین این بخش از انرژی، لازم است ضمن شناخت تکنولوژی‌های نوین تولید برق، بخش خصوصی را نیز به مشارکت در تولید نیرو دعوت نموده و با ایجاد بسترهای مناسب زمینه را برای تولید برق بیشتر با کارایی بالاتر ایجاد نماییم.

امروزه استفاده ازسیستم‌های تولید انرژی همزمان[۱] (CHP) در اکثر کشورهای دنیا مرسوم بوده و جهت بالا بردن راندمان و بهره‌وری انرژی استفاده می‌گردد، در ایران متاسفانه به علت پایین بودن قیمت انرژی و در دسترس بودن آن و نیز نیاز به سرمایه گذاری بالا برای این نوع سیستم‌ها اقدام اساسی صورت نگرفته است. البته در سال‌های اخیر وزارت نیرو اقدام به اجرایی نمودن یک چرخه‌ی سیستم CHP در خود ساختمان وزارت‌خانه نموده است تا بتواند به نوعی سیستم‌های تولید انرژی هم‌زمان را معرفی نماید.[۱۳]

حال در تکنولوژی‌های جدید سعی شده است دو هدف اساسی در سیستم‌های تولید برق رعایت گردد: اول دستیابی به روش‌های افزایش کارایی تبدیل انرژی حرارتی به الکتریکی و دوم صرف هزینه کمتر سرمایه گذاری جهت بازیافت انرژی.

---

[۱] . Combined Heat and Power

۱-۲- معرفی فناوری تولید هم‌زمان انرژی

در سه دهه‌ی اخیر پس از افزایش عمده‌ی بهای سوخت، اهمیت بحث سوخت جایگزین، افزایش کارایی انرژی و کاهش آلودگی زیست محیطی، تمایل به استفاده از فناوری‌های جدید از جمله تولید هم‌زمان (برق، گرمایش و سرمایش) افزایش یافته است. در روش‌های معمول برای تأمین نیازهای الکتریکی و حرارتی، الکتریسیته از شبکه‌ی توزیع سراسری و حرارت به وسیله‌ی سوزاندن سوخت در بویلرها و تجهیزات گرمازا به روش تولید جداگانه تأمین می‌گردد. در این روش انرژی قابل توجهی به گونه‌ای متفاوت از طریق گازهای داغ خروجی دودکش، برج‌های خنک‌کن، کندانسورها، خنک‌کننده‌ها در موتورهای احتراق داخلی و هم‌چنین تلفات توزیع و انتقال الکتریسیته در شبکه‌ی سراسری به هدر می‌رود، که بیشتر این حرارت قابل بازیافت است و می‌تواند در تأمین 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[۱۴].

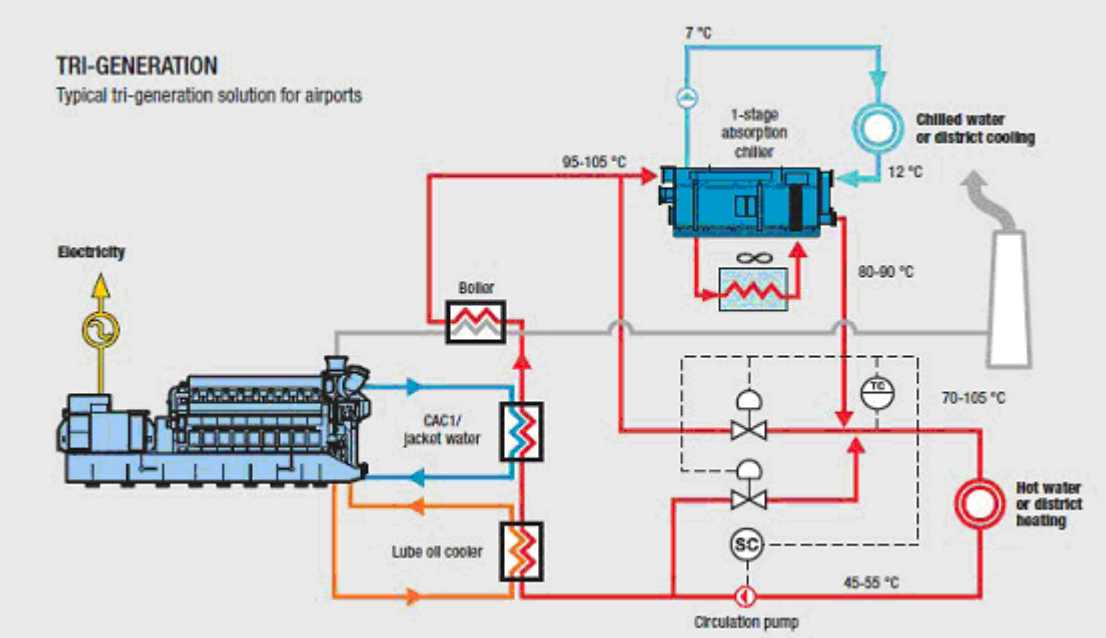
در مقابل این سیستم‌های متمرکز، روش‌های تولید غیرمتمرکز و مستقل با استفاده از فناوری CHP با ترکیبی از تولید هم‌زمان برق و حرارت قرار دارد. از لحاظ ترمودینامیکی این روش به معنی تولید هم‌زمان دو شکل معمول انرژی یعنی الکتریکی و حرارتی، با استفاده از یک منبع انرژی اولیه می‌باشد. انرژی گرمایی از بازیافت تلفات حرارتی این مولدهای مستقل به دست می‌آید و این حرارت در بخش‌های مختلف صنعتی، تجاری و مسکونی به کار گرفته می‌شود. از طرفی الکتریسیته تولیدی برق را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. کارایی سیستم‌های معمول به روش متمرکز در حدود ۲۷ تا ۵۵ درصد می‌باشد که بیشترین کارایی مربوط به نیروگاه‌های سیکل ترکیبی می‌باشد(که در ایران حدود ۲۶ تا ۴۳ درصد می‌باشد[۱۵]) در حالی که با بهره‌گیری از فناوری تولید هم‌زمان برق و حرارت به صورت مستقل، کارایی انرژی این مولدها به حدود ۹۰ درصد نیز خواهد رسید، تا آنجا که دولت‌های اروپایی، آمریکا و حتی در کشورهای آسیایی نظیر ژاپن سیاست‌ها و قوانینی را برای ترغیب به استفاده از سیستم‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت وضع نموده‌اند. از مزایای سیستم‌های تولید هم‌زمان می‌توان به حرکت به سوی خصوصی‌سازی و تولید غیرمتمرکز و مستقل برق و حرارت، جلوگیری از تلفات توزیع و انتقال در شبکه سراسری، افزایش کارایی تبدیل انرژی و استفاده از آن، کاهش مصرف سوخت و افزایش رقابت در تولید

برق و توان نیروگاهی و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی به خصوص دی‌اکسید کربن و گازهای گلخانه‌ای اشاره نمود[۱۴].

بدین ترتیب توجه به سیستم‌های بهینه و با قابلیت کار با انواع سوختها افزایش یافت. در مناطقی همچون ایالات متحده، اروپا و ژاپن هم بدلیل بهینه‌سازی مصرف انرژی و هم به خاطر کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، تولید همزمان بار دیگر مورد توجه قرار گرفت. از آن زمان تاکنون، پیشرفت‌های قابل توجهی در این زمینه بوجود آمده و بهره‌گیری از انواع سیستمهای تولید همزمان روز به روز در حال افزایش است. انتظار می‌رود در قرن بیست و یکم تولید همزمان با صرفه جویی انرژی و مالی، رشد فزاینده‌ای را تجربه کند.

در تولید همزمان موتور حرارتی به عنوان وسیلهٔ مصرف سوخت و تولید برق و گرما مطرح است. گرمای اتلافی از موتور حرارتی علاوه بر تامین گرما میتواند در ژنراتور یک دستگاه مبرد جذبی مصرف شده و سرما نیز تولید کند.

از مهم‌ترین این سیستم‌ها می‌توان به توربین‌های گاز، موتورهای پیستونی و میکروتوربین‌ها و موتور استرلینگ که همگی مجهز به سیستم بازیافت حرارت هستند اشاره نمود و از مولدهای جدید می‌توان به پیل‌های سوختی و سلول‌های خورشیدی اشاره کرد.



شکل (۱-۱) تولید همزمان برق، حرارت، و برودت با استفاده از موتور گازسوز[۴]

پارامترهای فنی و اقتصادی تمییز دهنده جهت مقایسه محرک‌های اولیه سیستم‌های تولید انرژی همزمان که در مقالات و مراجع مختلف ارائه شده در جدول(۱-۱) ارائه می‌گردد.

جدول (۱-۱) پارامترهای فنی و مقایسه بین محرک‌های اولیه CCHP

پارامتر	واحد	موتور احتراقی	میکروتوربین	موتور استرلینگ
ظرفیت	k/w	۲۵-۵۰۰۰	۲۵-۵۰۰	۲۵-۱۰۰
بازده الکتریکی	γ_0	۲۵-۴۵	۲۵-۳۰	۲۹-۴۰
نویز	dBA	۶۱۰۰	۵۷-۸۲	۵۰-۷۵
انتشار آلایندگی (NO_x)	Ibs/MWh	۲/۲-۲۸	۰/۴-۲/۲	۰/۴-۲/۰
عملیات و نگهداری	$\$/kwh$	۰/۰۰۷-۰/۰۱۵	۰/۰۰۲-۰/۰۱	۰/۰۰۴-۰/۰۱۵

۱-۳- کاربرد سیستم‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت[۱]

در واحدهایی که به طور 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 هزینه‌ی انرژی به دست آمده و سیستم تولید مشترک جذاب‌تر و مقرون به صرفه‌تر خواهد بود.

مشخصات یک سیستم ایده‌آل 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.

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

۱. Application of Cogeneration System