



دانشگاه تبریز

پایان نامه کارشناسی

گرایش قدرت

مطالعه و بررسی عملکرد سیستم همزمان برق و حرارت

استاد راهنما

دکتر ابوالفضل جلیلووند

نام دانشجو

سمانه عبدی پوراصل

خرداد ۹۳

چکیده

تداوم رشد مصرف انرژی در کشور به همراه بهره‌وری 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 انرژی تبدیل خواهد گردید. این امر قطعاً اثرات اقتصادی و

اجتماعی بسیار نامطلوبی را به همراه خواهد داشت. این در حالی است که با مدیریت بهینه 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. از جمله راهکارهای در حال استفاده در کشورهای که پیشرفت‌های بسیاری

را در این زمینه برای آن‌ها به همراه آورده است، تولید همزمان برق و حرارت **Combined Heat and Power**

(CHP) در محل مصرف است.

در این پروژه فناوری‌های مختلف CHP و کاربردهای آن در بخش‌های مختلف مصرف مورد بحث قرار

گرفته است. در پایان وضعیت بکارگیری CHP در ایران و نیز به پتانسیل سنجی استفاده از CHP ها با اندازه

مینی در بخش ساختمان‌های خانگی پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: تولید همزمان برق و حرارت، مدیریت منابع

۱-۲-۱-۵ بازدهی سامانه های SHP ۴۶

۲-۲-۱-۵ بازدهی سامانه های CHP ۴۷

۲-۵ ارزیابی عملکرد الکتریکی ۵۰

۱-۲-۵ محاسبه بازدهی الکتریکی ۵۲

۲-۲-۵ محاسبه بازدهی گرمایی ۵۴

فصل ششم کاربرد های CHP

۱-۶ کاربرد CHP در بخش های مختلف انرژی ۵۹

۱-۱-۶ کاربرد CHP در صنعت ۶۰

۲-۱-۶ کاربرد CHP در بخش های تجاری و عمومی ۶۶

۳-۱-۶ کاربرد CHP در بخش مسکونی ۷۰

۲-۶ وضعیت استفاده از CHP در ایران ۷۵

۱-۲-۶ سیستم تولید همزمان برق و حرارت در وزارت نیرو ۷۵

۲-۲-۶ سیستم تولید برق و حرارت برای حرم امام رضا (ع) ۷۶

۳-۲-۶ پروژه انجام شده در کشور ۷۶

فصل هفتم پتانسیل سنجی تولید همزمان برق و حرارت در بخش خانگی ایران

۱-۷ روش تحلیل فنی و اقتصادی ۸۱

۱-۱-۷ دسته بندی اقلیمی ۸۲

۲-۱-۷ تقاضای برق و حرارت ۸۴

۳-۱-۷ روش تحلیل فنی ۹۲

دانشگاه زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق	دانشگاه زنجان و اسکنده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق
۹۵	۴-۱-۷ روش تحلیل اقتصادی	۹۵	۲-۷-۲ نتایج تحلیل های فنی و اقتصادی
۹۵	۹۶	۹۶	۱-۲-۷ اقلیم سرد
۹۷	۹۷	۹۷	۲-۲-۷ اقلیم گرم و خشک
۹۸	۹۸	۹۸	۳-۲-۷ اقلیم گرم و مرطوب
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۴-۲-۷ اقلیم معتدل و مرطوب
۱۰۱	۱۰۱	۱۰۱	۳-۷ جمع بندی
۱۰۴	۱۰۴	۱۰۴	فصل هشتم نتیجه گیری و جمع بندی
۱۰۶	۱۰۶	۱۰۶	فصل نهم مراجع
۴۰	۴۰	۴۰	جدول ۱-۴: مزایا و معایب فناوری های مختلف CHP
۴۲	۴۲	۴۲	جدول ۲-۴: مقایسه ویژگی های فناوری های مختلف CHP
۶۲	۶۲	۶۲	جدول ۱-۶: خلاصه ای از ویژگی های سامانه های CHP مورد استفاده در صنعت
۷۸	۷۸	۷۸	جدول ۲-۶: خلاصه پروژه انجام شده در کشور
۸۱	۸۱	۸۱	جدول ۱-۷: مشخصات فنی و اقتصادی CHP های مرسوم و مناسب جهت استفاده در ساختمان های مسکونی
۸۲	۸۲	۸۲	جدول ۲-۷: دسته بندی اقلیمی استان های کشور

جدول ۷-۳: میزان تقاضای سالیانه حرارت جهت آب گرم مصرفی به ازای یک متر مربع واحد مسکونی ۸۹

جدول ۷-۴: تخمین میزان تقاضای حرارت جهت گرمایش اقلیم های سرد، گرم و خشک، معتدل و دانشگاه زنجان

مربوط ۹۰

جدول ۷-۵: میزان نسبت حرارت به برق برای فصل زمستان و تابستان ۹۱

جدول ۷-۶: میزان پتانسیل بالقوه استفاده از تولید پراکنده در بخش خانگی ۱۰۲

فهرست اشکال

شکل ۱-۲: موازنه انرژی یک نیروگاه سنتی ۶

شکل ۲-۲: موازنه انرژی در یک سامانه حرارتی ۷

شکل ۲-۳: موازنه انرژی در سیستم ترکیبی ۸

شکل ۲-۴: موازنه ساده انرژی برای یک سامانه CHP ۹

شکل ۲-۵: مقایسه عملکرد یک نمونه CHP با سیستم انرژی سنتی ۱۰

شکل ۲-۶: مقایسه میزان انتشار (CO2) و سیستم انرژی سنتی ۱۱

شکل ۱-۳: چند نمونه محرکه اولیه CHP ۱۶

شکل ۲-۳: نمونه یک مبدل حرارتی سامانه CHP ۱۷

شکل ۳-۳: جریان انرژی در چرخه بالادستی ۱۸

شکل ۳-۴: جریان انرژی در چرخه پایین دستی ۱۹

شکل ۳-۵: سامانه CHP توربین گاز با ظرفیت ۲۳۰۰ کیلووات ۲۵

شکل ۳-۶: اجزاء اصلی سامانه CHP میکروتوربین ۲۷

شکل ۳-۷: چیدمان شماتیک یک سامانه CHP توربین بخار ۳۰

شکل ۳-۸: پیل سوختی با ظرفیت ۱,۴ مگاوات..... ۳۳

شکل ۳-۹: اجزاء یک سامانه CHP موتور استرلینگ..... ۳۵

شکل ۵-۱: مشخصه بازدهی کلی CHP به صورت تابعی از نسبت برق به گرما..... ۵۰

شکل ۶-۱: CHP توربین بخار در کارخانه ساخت کفپوش چوبی..... ۶۴

شکل ۶-۲: کاربرد CHP در مجتمع های مسکونی..... ۷۱

شکل ۶-۳: نمونه ای از یک میکرو CHP خانگی موتور گازسوز..... ۷۲

شکل ۶-۴: پیکره بندی میکرو CHP خانگی با موتور گازسوز..... ۷۲

شکل ۶-۵: نمونه ای از CHP موتور گازسوز با ظرفیت ۵/۵ کیلووات..... ۷۳

شکل ۶-۶: میکرو CHP خانگی موتور استرلینگ با ظرفیت ۱ کیلووات..... ۷۴

شکل ۷-۱: منحنی بار الکتریکی بخش خانگی در اقلیم سرد..... ۸۵

شکل ۷-۲: منحنی بار الکتریکی بخش خانگی در اقلیم گرم و خشک..... ۸۵

شکل ۷-۳: منحنی بار الکتریکی بخش خانگی در اقلیم گرم و مرطوب..... ۸۶

شکل ۷-۴: منحنی بار الکتریکی بخش خانگی در اقلیم معتدل و مرطوب..... ۸۶

شکل ۷-۵: شماتیک استفاده از CHP در یک واحد مسکونی..... ۹۴

شکل ۷-۶: مقایسه ما بین نتایج CHP های بررسی شده در اقلیم سرد..... ۹۷

شکل ۷-۷: مقایسه ما بین CHP های بررسی شده در اقلیم گرم و خشک..... ۹۸

شکل ۷-۸: مقایسه ما بین CHP های بررسی شده در اقلیم گرم و مرطوب..... ۹۹

شکل ۷-۹: مقایسه ما بین CHP های بررسی شده در اقلیم معتدل و مرطوب..... ۱۰۰

کتابخانه نام کارشناسی

فصل اول

مقدمه

فصل اول مقدمه

۱-۱ مقدمه

از گذشته های نسبتا دور برق مورد نیاز بخش های مختلف مصرف به صورت متمرکز توسط نیروگاه های برق تولید، و از مکان های دوردست توسط شبکه های انتقال و توزیع نیرو به محل مصرف منتقل می گردید. در کنار تامین نیازهای الکتریکی مصرف کنندگان به روش متمرکز، نیازهای گرمایشی آنها نیز عمدتا توسط تاسیسات گرمایشی مستقل و مستقر در محل حضور مصرف کنندگان اعم از صنعتی، تجاری، مسکونی و غیره صورت می گرفته و هم اکنون نیز این شرایط حاکم می باشد. محدودیت های منابع سوخت و ملاحظات زیست محیطی از یک سو، و تحولات ساختاری بخش انرژی، و مهیا شدن بسترهای مناسب برای ایجاد محیط رقابتی در عرضه حامل های انرژی، از سوی دیگر فرصتی مناسب برای تسریع و توسعه فناوری های جدید تولید پراکنده و نیز تولید همزمان برق و گرما (CHP)^۱ را فراهم نموده است.

ازسال ۱۹۷۳ میلادی، مصادف با وقوع اولین شوک نفتی درجهان مسئله کارایی انرژی در کشور مطرح، اما هیچگاه در برنامه ریزی ها به صورت جدی مورد توجه قرار نگرفته است متأسفانه ایران در حال حاضر در استفاده از روش تولید همزمان برق و حرارت برای تولید انرژی هیچ سهمی ندارد. کشورهای نظیر فنلاند، استرالیا و سوئد تمام ظرفیت تولید نیروگاه های حرارتی خود را با روش تولید همزمان برق و حرارت استفاده می نمایند. همچنین کشورهای دانمارک، هلند، آلمان، روسیه، اتریش، ژاپن، انگلستان و آمریکا حداکثر ظرفیت تولید برق حرارتی خود را به استفاده از روش مذکور اختصاص داده اند و کشورهای کانادا،

1. Combined Heat and Power

فصل اول مقدمه

هندوستان، آفریقای جنوبی، ایرلند، کره جنوبی، مکزیک و یونان نیز به میزان قابل توجهی به این روش

مبانی نامرکاتر سنامی

فصل دوم

مبانی تولید همزمان برق و گرما

فصل دوم مبانی تولید همزمان برق و گرما

۱-۲ آشنایی با مفهوم CHP

تولید همزمان برق و گرما (CHP) که گاهی اوقات تحت عنوان تولید مشترک^۱ نیز نامیده می شود در حقیقت تولید متوالی دو صورت مفید انرژی، یعنی برق و گرما، از یک منبع تولید انرژی می باشد. در اغلب کاربردهای CHP، انرژی شیمیایی سوخت به انرژی مکانیکی و گرمایی تبدیل می گردد. معمولاً انرژی مکانیکی برای تولید برق و انرژی گرمایی برای تولید بخار، آب گرم و یا هوای گرم مورد استفاده قرار می گیرد. براساس کاربرد گاهی این سیستم ها را به اختصار BCHP^۲، CHPB^۳ و یا CCHP^۴ می نامند. این سامانه ها تحت عناوینی چون منابع انرژی پراکنده (DER)^۵ و یا سیستم های یکپارچه انرژی (IES) نیز مورد اشاره قرار گرفته اند.

سامانه های CHP دارای این مزیت فنی هستند که قابلیت استحصال انرژی مفید بیشتری از سوخت ورودی را دارا می باشند. استفاده از سوخت برای تولید همزمان برق و گرما، بازدهی انرژی را افزایش داده و امکان تولید برق با هزینه هایی قابل رقابت با قیمت برق شبکه سراسری را فراهم می آورد. یکی دیگر از مزایای مهم بکارگیری سامانه های CHP، کاهش و یا قطع وابستگی به برق مورد نیاز از شبکه می باشد.

بهینه ترین شرایط استفاده از سیستم های تولید همزمان برق و گرما وقتی است که قیمت برق قابل تامین از شبکه زیاد و قیمت سوخت کم باشد. توجیه اقتصادی CHP به طور قابل توجهی به

1. Cogeneration
2. Building Cooling , Heating and Power
3. Cooling , Heating and Power for Buildings
4. Combined Cooling , Heating and Power
5. Distributed Energy Resources
6. Integrated Energy Resources

فصل دوم مبانی تولید همزمان برق و گرما

قیمت های حدی تولید برق توسط نیروگاه های معمول بستگی دارد. اصولا این قیمت ها تابعی از میزان

سرمایه گذاری، هزینه های بهره برداری و هزینه های تعمیر و نگهداری می باشد [1].

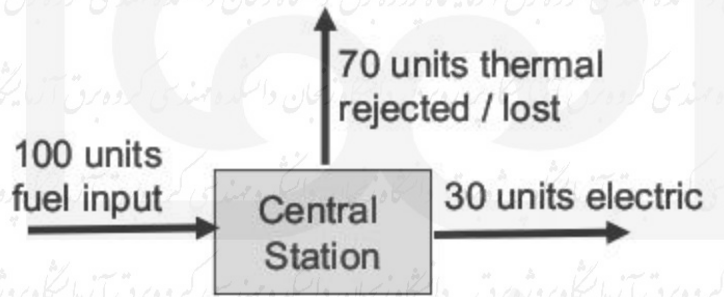
۲-۲ مقایسه CHP با سامانه های سنتی تولید انرژی

در روش های سنتی مثل نیروگاه های متداول برق که فقط انرژی الکتریکی تولید می کنند، معمولا بخش

اعظمی از انرژی گرمایی بدست آمده از سوخت به محیط تخلیه شده و تلف می گردد. در شکل ۲-۱ موازنه

ساده و تخمینی انرژی ورودی و خروجی یک نیروگاه مرکزی مشاهده می گردد. در چنین سیستمی مشترکان،

برق مورد نیاز خود را فقط از طریق شبکه دریافت می کنند.



شکل ۲-۱: موازنه انرژی یک نیروگاه سنتی

1. Marginal cost

فصل دوم مبانی تولید همزمان برق و گرما

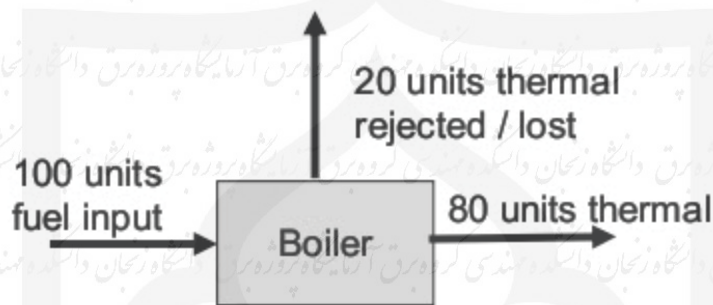
امروزه اغلب مشترکان بطورخاص و مشترکان بخش های مسکونی، تجاری و عمومی بطورعام نیازهای

حرارتی در فرآیند های مختلف و نیز بارهای گرمایشی از جمله آب، بخار و هوای گرم مورد نیاز خود را با

استفاده از بویلرها و یا پکیج های حرارتی تامین می نمایند. معمولا در این سامانه های حرارتی نیز قسمتی از

انرژی گرمایی بدست آمده از سوخت به هدر می رود. شکل ۲-۲ موازنه ساده انرژی در این سیستم ها را نشان

دهد. **مقی** دهد. **انگه مهندسی** گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان **انگه مهندسی** گروه برق آزمایشگاه پروژه برق



شکل ۲-۲: موازنه انرژی در یک سامانه حرارتی

حال چنانچه در یک سیستم ترکیبی، تامین برق از طریق شبکه و تامین نیازهای گرمایی توسط بویلر صورت

گیرد، بازدهی کلی این سیستم انرژی به نسبت میزان انرژی گرمایی مورد نیاز به انرژی الکتریکی بستگی دارد

همانگونه که در شکل ۲-۳ ملاحظه می شود بازدهی ترکیبی در محدوده ی ۴۰ تا ۵۵٪ می باشد.

پروژه برق دانشگاه زنجان **انگه مهندسی** گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان **انگه مهندسی** گروه برق آزمایشگاه پروژه برق

برق دانشگاه زنجان **انگه مهندسی** گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان **انگه مهندسی** گروه برق آزمایشگاه پروژه برق

دانشگاه زنجان **انگه مهندسی** گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان **انگه مهندسی** گروه برق آزمایشگاه پروژه برق

زنجان **انگه مهندسی** گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان **انگه مهندسی** گروه برق آزمایشگاه پروژه برق

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

پایان نامه کارشناسی

فصل هشتم

نتیجه گیری و جمع بندی

فصل هشتم نتیجه گیری و جمع بندی

در سه دهه اخیر پس از افزایش عمده بهای سوخت، اهمیت بحث سوخت جایگزین، افزایش کارایی

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. استفاده از این فناوری ها به دلیل وجود مقدار زیادی تلفات در

هنگام تبدیل انرژی حرارتی به انرژی مکانیکی یا الکتریکی شکل گرفته است. با بازیافت مقداری از حرارت

در مبدل های حرارتی، بازدهی کل سیستم به مقدار قابل ملاحظه ای افزایش می یابد و در عین حال که برق

تولید می شود، حرارت مورد نیاز مراکز تجاری، صنعتی و عمومی نیز تامین می گردد.

از مزایای سیستم های تولید همزمان میتوان به حرکت به سوی خصوصی سازی و تولید غیر متمرکز 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 آلاینده

های زیست محیطی بخصوص دی اکسید کربن و گازهای گلخانه ای اشاره نمود. پروژه تولید برق و حرارت

از طرحهای نوین تولید انرژی در ایران می باشد بنابراین با تکیه بر مزایای سیستم CHP می توان این طرح

را به عنوان یک طرح ملی نزد سیاستگذاران مطرح نمود.

1. "Catalog of CHP Technologies", U.S. Environmental Protection Agency (EPA), December 2008.
2. "Combined Heat and Power, Effective Energy Solutions for a Sustainable Future", Oak Ridge National Laboratory, December 2008.
3. N. Petchers, "Combined Heating, Cooling & Power Handbook": Technologies and Applications", The Fairmont Press, INC., 2003.
4. "Gas-Fired Distributed Energy Resource Technology Characterization", U.S. National Renewable Energy Laboratory (NREL), November 2003.
5. R.H. Staunton, B. Ozpineci, "Microturbine Power Conversion Technology Review", Oak Ridge National Laboratory, April 2003.
6. N. Petchers, "Combined Heating, Cooling & Power Handbook": Technologies & Applications", The Fairmont Press, 2003.
7. "Fuel Cell Handbook", Sixth Edition EG & G Technical Services Inc., November 2002.
8. A. Thumann, D. Paul Mehta, "Handbook of Energy Engineering", Fifth Edition, The Fairmont Press, Inc., 2001.
9. U.S. Environmental Protection Agency, Combined Heat and Power Partnership "CHP Project Development Handbook", 2008.
10. U.S. Environmental Protection Agency, Combined Heat and Power Partnership "Catalog of CHP Technologies", 2008.
11. "Distributed Generation and Combined Heat and Power Laboratory Testing Protocol", Association of State Energy Research and Technology Transfer Institutions, November 2008.
12. "Best Practice Manual, Cogeneration", Indian Renewable Energy Development Agency, 2006.
13. "Combined Heat and Power, Evaluating the Benefits of Greater Global Investment", International Energy Agency.
14. P. LeMar, "Integrated Energy Systems (IES) for Buildings: A Market Assessment", Oak Ridge National Laboratory, September 2002.
15. "The Micro-CHP Technologies Roadmap", U.S. Department of Energy, December 2003.
17. Anonymous, available at: www.alef.ir

19. A. A. Aliabadi, M. J. Thomson and J. S. Wallace "Efficiency Analysis of Natural Gas Residential Micro-Cogeneration Systems", Energy Fuels (24) 2010.

۱۶. وزارت نیرو، ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۵.

۱۸. مستندات پروژههای بهره ور CHP "سیستم های تولید همزمان برق و گرما" معاونت برنامه ریزی و

نظارت راهبردی رییس جمهور. نشریه شماره ۶۲۷.

۲۰. پژوهشگاه نیرو، گروه انرژی و مدیریت مصرف، "مدل تقاضای بار الکتریکی به تفکیک نیک و غیرنیک

و به تفکیک بخش های اقتصادی و اجتماعی": مردادماه (۵) ۱۳۸۸.

۲۱. طباطبائی، محاسبات تاسیسات ساختمان، انتشارات روزبهان، ۱۳۷۳.