مروری بر کاربردهای سامانه تولید همزمان قدرت و حرارت (CHP) در ایران و جهان

سجاد نوروزی[۱]، احمد بناکار[۲*]، برات قبادیان[۳]،

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس

۳- عضو هیئت علمی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس

* ایمیل نویسنده مسئول: ah_banakar@modares.ac.ir

چکیده

افزایش روزافزون مصرف انرژی و محدودیت منابع انرژی از یکسو و مصرف بی‌رویه آن از سویی دیگر علاوه بر آلودگی محیط‌زیست و هدر دادن سرمایه‌های ملی زندگی بشر را با مخاطره مواجه ساخته است. اگرچه ایران از غنی‌ترین منابع انرژی برخوردار است اما تلف کردن و استفاده نادرست از آن خسارات جبران‌ناپذیری را بر بودجه سالانه کشور تحمیل می‌کند. ازاین‌رو استفاده منطقی از انرژی و برنامه‌ریزی در این زمینه از اولویت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از روش‌های جدید تولید انرژی که معایب روش‌های کلاسیک را نداشته باشند، امری متداول در سراسر جهان شده است. یکی از این فناوری‌های جدید استفاده از تولید همزمان برق و حرارت است. تولید ترکیبی قدرت و حرارت یک روش صرفه‌جویی در انرژی است که در آن قدرت و حرارت به‌طور همزمان تولید می‌شوند. حرارت حاصل از تولید همزمان می‌تواند به‌منظور گرمایش در زمینه‌های مختلف صنعتی و کشاورزی (دامداری‌ها و گلخانه‌ها) مورداستفاده قرار گیرد. این تحقیق به بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه در ایران و سایر نقاط جهان می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، بهره‌وری، تولید همزمان قدرت و حرارت (CHP)، گرمایش.

مقدمه

سیستم CHP[۱] عبارت است از تولید همزمان برق و حرارت با استفاده از یک سامانه ترکیبی. در این سامانه علاوه بر تولید برق که به شکل رایج صورت می‌گیرد، از حرارت حاصل از احتراق در درون محرک ژنراتور و در صورت آب‌خنک بودن موتور از آب گرم حاصل از سیستم خنک‌کننده برای تولید گرما استفاده می‌شود. این حرارت اغلب از گازهای خروجی از محرک، حاصل می‌شود، زیرا دوسوم از انرژی ورودی به موتور از طریق گازهای خروجی و آب‌خنک کننده به هدر می‌رود (قبادیان،۱۳۸۰). این گازها وارد یک بویلر بازیاب یا مبدل حرارتی شده و بخارآب گرم تولید می‌کنند. می‌توان با کمک مبدل حرارتی این گرمای تلف‌شده را بازیافت

[1] Combined Heat and Power

نمود. اغلب گرمای حاصل از CHP برای تولید بخارآب، آب گرم برای خشک‌کردن و یا آب سرد برای سرمایش با استفاده از چیلر جذبی به کار می‌رود (پارسا مقدم، ۱۳۹۱).

امروزه با استفاده از سامانه‌های تولید همزمان قدرت و حرارت در ابعاد کوچک به‌خصوص در حالت‌های دور از شبکه هزینه انتقال و تولید برق بسیار کاهش‌یافته است. با استفاده از موتور–ژنراتور درون‌سوز می‌توان برق تولید کرد و با استفاده از حرارت گازهای خروجی از اگزوز و همچنین حرارت مایع خنک‌کننده، تولید گرما و سرما کرد. سامانه تولید همزمان می‌تواند برپایه‌ی موتور گازسوز، دیزلی، بیومس سوز، بنزینی و یا ترکیبی از موارد یادشده با عدسی‌های فرنل[2] و یا سلول‌های خورشیدی کار کند. این سامانه نیازی به زیرساخت‌های انتقال حرارت و برودت در سطح شهر ندارد و تنها با اندکی تغییر در موتورخانه ساختمان قابل‌نصب و راه‌اندازی است. از طرف دیگر می‌توان با استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر به‌عنوان سوخت در موتور درون‌سوز، منبع سوخت موتور به یک منبع تجدید پذیر تبدیل‌شده که ازنظر زیست‌محیطی بسیار مطلوب است (پارسایی مقدم، ۱۳۹۱).

سامانه‌های تولید همزمان قدرت و حرارت (CHP) دارای مزایای عمده اقتصادی و زیست‌محیطی هستند. به دلیل دارا بودن این مزایای عمده، استفاده از این سامانه‌ها در کاربردهای صنعتی و تأمین الکتریسیته و گرمایش ساختمان‌های تجاری، اداری، مسکونی و کشاورزی روزافزون است. به‌طورمعمول انتخاب این سامانه‌ها به کمک منحنی وابسته به زمان بارهای الکتریکی و حرارتی مصرفی موردنیاز در طول سال صورت می‌گیرد (صمدی ریکنده، ۱۳۹۲). در انتخاب سامانه CHP موضوع کارکرد این سامانه در خارج از نقطه طراحی باید موردمطالعه و بررسی قرار گیرد. ازاین‌رو تعبیه‌ی سامانه‌ای برای ذخیره‌سازی انرژی گرمایی و استفاده از آن در زمان کارکرد موتور در خارج از نقطه طراحی امری ضروری هست (فعال، ۱۳۹۲). تولید همزمان با استفاده از موتور درون‌سوز مزایایی مانند عدم تأثیر بر برق تولیدی، تعقیب بار و جواب مناسب به تغییر بار و ... دارد (صمدی ریکنده، ۱۳۹۲). در ادامه به بررسی اصول کار، اجزای سازنده، کاربردها و کشورهای پیشرو در استفاده از این فناوری پرداخته می‌شود.

اجزای سامانه تولید همزمان قدرت و حرارت

در این قسمت به معرفی اجزای اصلی و سپس اصول کار(شکل ۱) یک سامانه رایج تولید همزمان برق و حرارت پرداخته می‌شود.

موتور

هسته اصلی یک سیستم تولید همزمان، محرک اولیه آن است. استفاده از موتورهای آب‌خنک این امکان را فراهم می‌کند که از آب بازگشتی از موتور جهت گرمایش استفاده گردد. همچنین استفاده از موتورهای بیودیزل و بیواتانول سوز نیز مخاطرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد. مهم‌ترین ملاک‌های انتخاب محرک اولیه قابل‌دسترس بودن، هزینه ساخت اولیه، محدوده دمای خروجی از

[2] Fresnel lens

اگزوز، هزینه تعمیر و نگهداری و قابلیت اطمینان آن است. سایر محاسبات طراحی دستگاه بر مبنای این موتور انجام می‌گیرد (صمدی ریکنده ۱۳۹۲).

ژنراتور

ژنراتور به موتور کوپل شده و ازآنجایی‌که در سیستم تولید همزمان توان برق تولیدی در محدوده‌های مختلفی می‌تواند تولید شود؛ بنابراین باید با توجه به بازده موردنیاز ژنراتور را انتخاب نمود. برق تولیدی توسط ژنراتور به مصرف خارجی می‌رسد. مقداری از برق نیز مصرف داخلی سیستم پمپ مبدل حرارتی و پمپ سیستم گرمایشی می‌رسد؛ بنابراین برای تأمین نیاز مصرف‌کننده داخلی برد الکتریکی ژنراتور تغییر و نیاز مصرف‌کننده‌ها برطرف می‌شود (فعال، ۱۳۹۲).

اتصالات

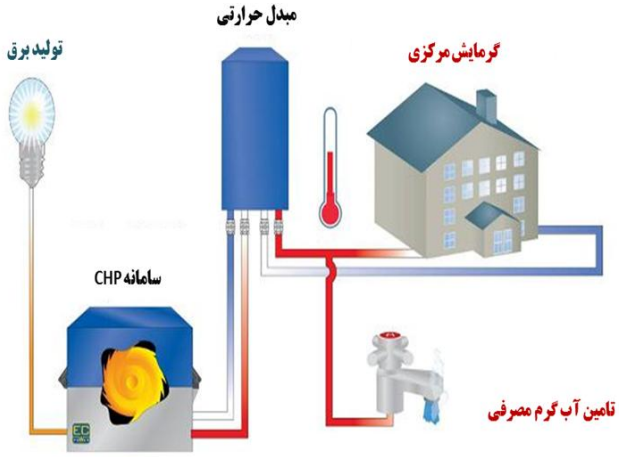
برای هدایت انرژی تلف‌شده از اگزوز موتور به سمت مبدل حرارتی و استفاده از انرژی آن برای تبادل گرمایی با سیال موردنظر که معمولاً آب است از لوله‌ها و اتصالات، شیرهای کنترل (برقی یا دستی) شیرهای کنارگذر با پیکربندی مخصوص استفاده می‌شود (فعال، ۱۳۹۲).

مبدل و پمپ مبدل حرارتی

برای استفاده از گرمای حاصل از خروجی اگزوز و استفاده از آن برای گرم کردن آب، از مبدل حرارتی استفاده می‌گردد. بهترین نوع مبدل مبدلی است که بیشینه بازیافت گرما را داشته باشد. مبدل‌های پوسته‌ای و لوله‌ای بهترین نوع مبدل حرارتی می‌باشند و همچنین برای دماهای بالا قابل توصیه هستند (خوش‌گفتار، ۱۳۷۴). برای به گردش درآوردن آب در داخل لوله‌های مبدل حرارتی از یک پمپ استفاده می‌گردد.

اصول کار

با روشن شدن موتور گاز خروجی از اگزوز بعد از عبور از مبدل حرارتی به جو وارد می‌شود. آب داخل مخزن پس از گرم شدن، به‌وسیله پمپ مبدل در داخل مبدل به گردش درمی‌آید. این آب می‌تواند در سامانه‌های شوفاژ مورداستفاده قرار گیرد. برق تولیدشده توسط ژنراتور نیز صرف راه انداختن وسیله‌های برقی می‌شود (صمدی ریکنده، ۱۳۹۲).



شکل ۱- شماتیکی از سامانه تولید همزمان قدرت و حرارت (فعال، ۱۳۹۲)

مزایای سامانه تولید همزمان قدرت و حرارت

افزایش بازده یکی از مزایای مهم سامانه تولید همزمان است. در این سیستم بازده به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تا ۷۰ درصد افزایش می‌یابد. (Beyene, 2002; Bianchi *et al*., 2012). از دیگر مزایای این سامانه صرفه‌جویی در مصرف انرژی است که به علت همزمان بودن تولید و بی‌نیاز کردن مصرف‌کننده از خرید برق بسیار باصرفه است (Blackemore *et al*., 1995). کاهش هزینه‌های انرژی اولیه برای مصرف‌کنندگان از دیگر مزایای این سامانه است. در سامانه‌های معمولی مصرف‌کننده مجبور است برق را از شبکه‌های تولید و توزیع برق خریداری کند. برای مصارف گرمایشی نیز باید گاز طبیعی یا سوخت فسیلی خریداری شود. در سیستمCHP ، مصرف‌کننده از شبکه برق مستقل شده و چون از گاز و یا سوخت فسیلی در بالاترین حد بهره‌وری استفاده می‌کند، هزینه‌هایش به‌شدت پایین می‌آیند شاید مهم‌ترین مزیت این سامانه کاهش گازهای گلخانه‌ای باشد که انسان امروزه بیش از هر زمان دیگر ضرورت آن را احساس می‌کند. سامانه‌های تولید مشترک یک فرآیند با بازده بالاست که در مقایسه با نوع معمول مقدار زیادی از دود خروجی را کاهش می‌دهد (Hao and Zhang, 2009).

سامانه تولید همزمان قدرت و حرارت در گلخانه‌ها

در بیشتر گلخانه‌ها معمولاً برق موردنیاز از شبکه تأمین‌شده و برای گرمایش نیز از سامانه‌های گرمایشی شامل کوره‌های هوای گرم، گرمایش از کف و یونیت هیتر استفاده می‌شود؛ اما در سامانه تولید همزمان می‌توان با یک ژنراتور گازسوز باراندمان بالا برق تولید کرد و به کمک مبدل حرارتی، گرمای تلف‌شده از این سامانه را به‌منظور تأمین نیاز حرارتی گلخانه به کاربرد. انرژی الکتریکی حاصل از این سیستم قابل‌استفاده در محل تولید و یا فروش به شبکه سراسری است. همچنین گاز دی‌اکسید کربن تولیدی توسط سامانه محیط را برای پرورش گیاهان بهبود می‌بخشد.

معایب سامانه تولید همزمان قدرت و حرارت

تولید همزمان به‌عنوان یک منبع واقعی انرژی محسوب نمی‌شود، بلکه یک وسیله توسعه انرژی به‌حساب می‌آید. این سامانه در نقاطی بیشتر مورداستفاده قرار می‌گیرد که هم به برق و هم به آب گرم و گرما نیاز باشد. تنها در صورتی مفید است که تقاضای برق و گرما تقریباً ثابت باشد و در صورت اعمال بار اضافی، سامانه در تأمین انرژی ناتوان است. اگر بر پایه انرژی‌های فسیلی باشد نمی‌توان آن را یک منبع پایدار محسوب کرد. همچنین هزینه اولیه بالا باعث می‌شود در مورد صرفه اقتصادی آن سؤالات جدی مطرح گردد (Siegel, 2012).

مطالعات انجام‌گرفته در دنیا

برای آن‌که روند روبه‌پیشرفت استفاده از سامانه‌های تولید همزمان آشکار و اهمیت استفاده از آن بیشتر مشخص شود، لازم است به بررسی سامانه‌های مورداستفاده در کشورهای مختلف جهان پرداخته شود. در جدول ۱ به بررسی اجمالی استفاده از سامانه‌های تولید همزمان قدرت و حرارت در جهان پرداخته‌شده است. در ادامه با بررسی کشورهای دارای این فنّاوری و سپس کشور ایران، به بررسی چشم‌اندازهای آینده این فنّاوری پرداخته می‌شود.

در ایالات‌متحده آمریکا، زیرساخت‌ها و شرایط اقتصادی مناسب کمتری برای تولید همزمان قدرت و حرارت در مقیاس میکرو در مقایسه با اروپا وجود دارد. سامانه‌های گرمایشی آن‌ها به‌طور عمده بر اساس جریان اجباری هوای گرم که از کوره‌ها استفاده می‌کنند، می‌باشد. افزایش قیمت و پیچیدگی در سامانه‌های تولید همزمان که اغلب تولید گرما به شکل آب گرم می‌کنند، انکارناپذیر است. به‌هرحال هزینه اولیه سرمایه‌گذاری کوره‌ها بسیار کمتر از بویلرها بوده که باعث افزایش اختلاف در هزینه‌های سرمایه‌گذاری بین سامانه‌های تولید همزمان و سامانه‌های معمول شده است. شرایط برای استفاده از تولید همزمان درمقیاس میکرو در بخش‌های شرقی ایالات‌متحده آمریکا که در آن قیمت برق و تقاضای گرمایش فضای خانه بالا می‌باشد، مطلوب است (Pehnt *et al.*, 2006). در تحقیقی ماگو و همکاران با بررسی مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی به‌کارگیری سامانه در ساختمان‌های کوچک تجاری در آمریکای شمالی اعلام کردند که استفاده از سامانه در ساعات اداری به مدت هشت ساعت در روز به‌صرفه‌تر از استفاده‌ی ۲۴ ساعته از سامانه است (Mago *et al.*, 2009). در بریتانیا، با توجه به آب‌وهوای معتدل، جمعیت قابل‌توجه و تعداد خانوارهایی که به زیرساخت‌های گاز طبیعی متصل هستند استفاده از فناوری تولید همزمان به نظر مناسب می‌آید. در سال ۱۹۹۴حدود ۹۰۰ واحد تجاری با داشتن سامانه‌های تولید همزمان در مقیاس کوچک حدود ۱۲۰ مگاوات برق تولید می‌کردند و این میزان تا سال ۲۰۰۰ میلادی بیش از ۳۰ برابر شده است. در حال حاضر توجه کشور بریتانیا به این سامانه‌ها در مقیاس میکرو معطوف شده است و تبلیغات وسیعی در این زمینه آغازشده است. استفاده از سامانه‌های تولید همزمان به‌منظور جایگزینی با تجهیزات کم بازده جداگانه تولید قدرت و حرارت یکی از بخش‌های مهم استراتژی انگلیس جهت کاهش گازهای گلخانه‌ای است (Hinojosa *et al.*,2007).

جدول ۱-تولید همزمان قدرت و حرارت در جهان

محل پژوهش	هدف	نتایج	منابع
آمریکا	پتانسیل سنجی سامانه تولید همزمان	امکان استفاده از سامانه در شمال شرقی آمریکا	(Pehnt *et al*., 2006)
	مزایای زیست‌محیطی و کاهش گازهای گلخانه‌ای	کاهش گازهای گلخانه‌ای در اثر استفاده از این سامانه در منازل و ساختمان‌ها	(Colella *et al*.,2007; Mago *et al*., 2009)
هلند	پتانسیل سنجی سامانه تولید همزمان	امکان جایگزینی تولید همزمان با وسایل گرمایشی مرسوم	(Pehnt *et al*., 2006)
	اثر استفاده از تولید همزمان در کاهش CO_2	کاهش گاز CO_2 در کاشت گلخانه‌ای، با استفاده از این سامانه	(Vermeulen, 2014; Compernolle *et al*., 2011)
بریتانیا	کاهش گازهای گلخانه‌ای	مطلوب بودن این سامانه در مقایسه با تولید جداگانه برق و حرارت	(Hinojosa *et al*., 2007)
ژاپن	خنک کاری به‌وسیله حرارت	افزایش استفاده از سامانه‌های با توان الکتریکی کمتر از ۱۰ کیلووات	(Pehnt *et al*., 2006)
آلمان	افزایش ظرفیت تولید همزمان	فعال بودن ۸ واحد با توان بیش از ۵ کیلووات	(Anonymous, 2003)

به‌طورکلی توسعه تولید همزمان میکرو در ژاپن، مربوط به وضعیت انرژی در ژاپن است. جغرافیای ژاپن متشکل از چهار جزیره بزرگ نزدیک به هم می‌باشد. مساحت ژاپن شبیه به آلمان است و جمعیت آن حدود ۱۲۸ میلیون نفر است. هفتاد درصد از زمین‌های آن توسط جنگل انبوه پوشیده شده، جایی که مردم زندگی سختی دارند، تشکیل‌شده است. درنتیجه این واقعیت که بسیاری از شهرهای بزرگ در نزدیکی خط ساحلی است، آب‌وهوای به نسبت ملایمی دارند. عمده شهرهایی مانند توکیو، اوزاکا و ناگویا معتدل است. درنتیجه تقاضا برای حرارت زیاد نیست. درحالی‌که تقاضا برای خنک کردن به نسبت بالا است؛ بنابراین حرارت به‌طور عمده برای فرایند خنک کاری استفاده می‌شود (صمدی ریکنده، ۱۳۹۲).

بازار سامانه‌های تولید همزمان در مقیاس میکرو در مصارف مسکونی و تجاری رو به افزایش است. بعد از امضای پیمان کیوتو در سال ۲۰۰۷ میلادی دولت ژاپن حمایت و تبلیغات خود را از این سامانه اعلام کرد. امروزه سامانه‌های تولید همزمان درمقیاس میکرو سهم بالایی را در بازار ژاپن اشغال کرده‌اند. تعدادی از واحدهای تولید همزمان با ظرفیت کمتر از ۱۰ kw الکتریسیته افزایش قابل‌توجهی داشته است. به‌ویژه سامانه‌های با توان الکتریکی ۱ کیلووات که در اوایل سال ۲۰۰۳ میلادی به بازار ژاپن معرفی‌شده است رو به افزایش است(Pehnt *et al*., 2006).

هلند در حال آماده‌سازی خود برای معرفی بازار انبوه تولید همزمان در مقیاس میکرو است. برنامه‌های حمایتی دولت، تولید همزمان قدرت و حرارت از منابع تجدیدپذیر است. قبل از پایان سال ۲۰۰۵ میلادی بازار تولید همزمان میکرو در هلند درروند روبه‌جلوی خود بخشی از خدمات نصب و گرمایش در صنعت را شامل شده بود. در اوایل سال ۲۰۰۸ میلادی بازار تولید همزمان در مقیاس

میکرو به صورتی پایدار و محکم به‌عنوان رقیبی برای دیگ‌های بخار با بهره‌وری بالا مطرح شد. در حال حاضر این محصولات می‌توانند به‌طور مستقیم جایگزین وسایل گرمایش مرکزی فعلی شوند (Pehnt *et al*., 2006).

در سال ۲۰۰۳ میلادی بیش از ۸ واحد سامانه تولید همزمان با ظرفیت بیش از ۵ کیلووات در بخش تجاری آلمان و خانه‌های بزرگ توسط تولیدکنندگان نصب‌شده بود. در آلمان قوانینی توسط دولت برای تشویق استفاده از سامانه‌های همزمان میکرو وضع‌شده است. این قوانین شامل تعرفه گاز و پرداخت پاداش بوده و شرکت‌های مختلفی درزمینه تولید همزمان در مقیاس میکرو در حال فعالیت می‌باشند (Anonymous, 2003).

مطالعات انجام‌گرفته در ایران

در ایران نیز مطالعاتی پایه‌ای انجام‌گرفته است. شروع استفاده از تولید همزمان از یک منبع قدرت در مطالعات طبسی زاده مشاهده می‌شود. در این تحقیق از یک تراکتور برای خشک‌کردن شلتوک استفاده شد. از گرمای آزادشده از سیستم خنک‌کننده، گرمای پوسته اگزوز و بدنه موتور برای خشک‌کردن محصول و از توان تراکتور برای راه‌اندازی دمنده خشک‌کن استفاده شد (طبسی زاده، ۱۳۸۰).

جدول ۲-تولید همزمان قدرت و حرارت در ایران

هدف	نتایج	منابع
استفاده از گرمای سامانه جهت خشک‌کردن	افزایش بازده خشک‌کن	(طبسی زاده، ۱۳۸۰)
بررسی اقتصادی سامانه	مطلوب بودن استفاده از سامانه در بخش خانگی	(چیت چیان، ۱۳۸۳)
ارزیابی استفاده از سامانه در واحدهای مسکونی	مطلوب بودن استفاده از سامانه در بخش خانگی	(زارعی، ۱۳۸۴)
مطالعه فنی و اقتصادی سامانه با استفاده از بیوفیول	کاهش مونواکسید با افزایش میزان بیواتانول	(براتیان، ۱۳۸۶)
بررسی مدل اقتصادی سامانه با استفاده از بیواتانول	غیراقتصادی بودن استفاده از E5 و E10 درروش قیمت‌گذاری مستقیم	(Ghobadian *et al*., 2007)
مقایسه فنی سیستم با استفاده بیواتانول	افزایش بازده سامانه با افزایش بیواتانول	(Ameri *et al*., 2008)
بررسی ترمودینامیکی سامانه بر پایه توربین گازی	تحلیل ترمودینامیکی سامانه بر پایه توربین گازی	(قلی زاده، ۱۳۸۸)
امکان‌سنجی فنی سامانه	بررسی اقتصادی سامانه	تیموری، ۱۳۸۹)
مدل‌سازی و کنترل منابع اولیه سامانه	افزایش بازده سامانه با استفاده از توربین گازی	(مرادی، ۱۳۸۹)
مدل‌سازی دینامیکی سامانه	کاهش مصرف سوخت ویژه	(صمدی ریکنده، ۱۳۹۲)

	سامانه در مقایسه با تولید جداگانه	
ساخت مخزن ذخیره گرمای سامانه	افزایش مدت‌زمان گرم شدن مخزن با افزایش بار الکتریکی	(فعال، ۱۳۹۲)
بررسی اثر استفاده از سامانه در کارخانه کاغذسازی بر کاهش CO_2	کاهش قابل‌ملاحظه گاز CO_2	(Hosseinian *et al.*, 2009)

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد دیگر مطالعات در زمینه بررسی اقتصادی و پتانسیل آن در مناطق مختلف کشور بوده است. امکان‌سنجی تولید همزمان قدرت و حرارت در بخش‌های آموزشی، خانگی، تجاری و عمومی بر اساس قیمت یارانه‌ای حامل‌های انرژی توسط وزارت نیرو موردبحث و بررسی قرارگرفته است (چیت چیتان، ۱۳۸۳). زارعی نیز به ارزیابی استفاده از سامانه‌های تولید همزمان برای واحدهای مسکونی بزرگ پرداخت (زارعی، ۱۳۸۴). براتیان به مطالعات فنی و اقتصادی تولید همزمان قدرت و حرارت با استفاده از سوخت زیستی در یک موتور درون‌سوز پرداخت. وی دریافت که با افزایش میزان بیواتانول موجود در ترکیب، دما و فشار سیلندر و میزان اکسرژی دود افزایش‌یافته و میزان مونواکسید کربن کاهش می‌یابد (براتیان، ۱۳۸۶). همچنین قبادیان و همکاران به بررسی مدل اقتصادی سیستم تولید همزمان با استفاده از سوخت بیواتانول در یک موتور درون‌سوز در ایران پرداختند. آن‌های دریافتند که استفاده از اتانول E10 و E5 از دید تولیدکننده درروش قیمت‌گذاری مستقیم برق، اقتصادی و در دیگر حالات غیراقتصادی می‌باشند که می‌توان با پرداخت یارانه‌ی بیواتانول به مصرف‌کننده، استفاده از سامانه را اقتصادی کرد (Ghobadian *et al.*, 2007). عامری و همکاران به مقایسه فنی سیستم تولید همزمان قدرت و حرارت با مخلوط سوخت بیواتانول اضافه‌شده به بنزین، در یک موتور درون‌سوز پرداختند. آن‌ها مشاهده کردند در میان همه مخلوط‌ها، E20 بیشترین بازیافت گرما را دارد. همچنین آن‌ها دریافتند با افزایش بیواتانول به سوخت بازده سامانه تولید همزمان افزایش می‌یابد (Ameri *et al.*, 2008).

مطالعه‌ای در مورد اثر استفاده از سامانه تولید همزمان بر کاهش تولید CO_2 در یک کارخانه کاغذسازی در ایران انجام شد. نتایج نشان داد استفاده از سامانه تولید همزمان می‌تواند به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش CO_2 شود (Hosseinian *et al.*, 2009).

مطالعاتی نیز در مورد سامانه تولید همزمان قدرت و حرارت در مقیاس میکرو انجام‌شده است. قلی زاده به بررسی ترمودینامیکی، بررسی اقتصادی و محیط زیستی چرخه همزمان قدرت و حرارت در مقیاس میکرو بر پایه میکرو توربین گازی پرداخت (قلی زاده، ۱۳۸۸). تیموری به امکان‌سنجی فنی اقتصادی استفاده از تولید همزمان قدرت و حرارت در مقیاس میکرو در ایران پرداخته است. وی به مطالعه امکان استفاده اقتصادی از این سامانه با استفاده از محرک موتور استرلینگ در مناطق مختلف آب و هوایی مانند تهران، یزد، بندرعباس، رشت و اردبیل پرداخته است (تیموری، ۱۳۸۹). مرادی نیز به مدل‌سازی و کنترل منابع تولید همزمان قدرت و حرارت خانگی با استفاده از محرک اولیه توربین گازی پرداخته است (مرادی، ۱۳۸۹).

نتیجه‌گیری

با بررسی تحقیقات جاری و نتایج صورت گرفته و همچنین تلاش برای تحقیقات بیشتر در راستای استفاده از تولید همزمان قدرت و حرارت در ایران وجهان، دورنمای استفاده آسان، دقیق و قابل‌اعتماد تولید همزمان بسیار روشن است. افزایش بازده و بهره وری انرژی و مزایایی همچون کاهش سوخت مصرفی و قابلیت نصب در نقاط دورافتاده از مهمترین دلایل استفاده از این تکنولوژی است. کاربردهای این منبع انرژی در بخش کشاورزی و خانگی چالشی است که بررسی دقیق‌تر آن می‌تواند زمینه استفاده از آن را در بعضی مناطق ایران فراهم آورد. پیش‌بینی نقاط عطف دیگری درزمینه گلخانه داری و کشاورزی و مصارف خانگی دور از ذهن نیست.

منابع

براتیان، ا. ۱۳۸۶. مطالعات فنی اقتصادی تولید همزمان برق و حرارت با استفاده از بیوفیول در یک موتور درون‌سوز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی انرژی دانشگاه صنعت آب و برق.

پارسایی مقدم، م. ۱۳۹۱. فناوری‌ها اصول طراحی و بهره‌برداری از سامانه های تولید همزمان برق و گرما، انتشارات سازمان بهره وری انرژی ایران.

تیموری حمزه کلایی، ف. ۱۳۸۹. امکان‌سنجی فنی اقتصادی استفاده از MICRO-CHP در ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی سامانه‌های انرژی دانشگاه صنعتی شریف.

خوش‌گفتار، م. ۱۳۷۴. مقدمه‌ای بر طراحی ترموهیدرولیکی مبدل‌های حرارتی. چاپ اول. انتشارات موسسه انتشاراتی جهاد دانشگاهی (ماجد).

چیت چیان، ح. ۱۳۸۳. کاربرد سامانه‌های تولید همزمان برق و حرارت، اولین همایش روش‌های پیشگیری از اتلاف منابع ملی.

زارعی، ن.۱۳۸۴. ارزیابی استفاده از سامانه‌های تولید همزمان قدرت و حرارت برای واحدهای مسکونی بزرگ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق و انرژی دانشگاه شریف.

صمدی ریکنده، ه. ۱۳۹۲. مدل‌سازی دینامیکی و صحه‌گذاری سیستم تولید همزمان قدرت و حرارت در مقیاس میکرو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

طبسی زاده، م. ۱۳۸۰. طراحی، ساخت و ارزیابی یک دستگاه خشک‌کن مخزنی با استفاده از گرما و توان تراکتور دوچرخ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

فعال، س. ۱۳۹۲طراحی، ساخت و ارزیابی مخزن ذخیره گرمای سامانه تولید همزمان قدرت و حرارت در مقیاس میکرو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

قبادیان، ب. ۱۳۸۰. موتورهای احتراق داخلی (مبانی نظری و عملی)، دانشگاه شهرکرد،

قلی زاده، ع. ۱۳۸۸. مدل‌سازی سیکل همزمان قدرت و حرارت در مقیاس میکرو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی سامانه‌های انرژی دانشگاه صنعتی شریف.

مرادی، ح.۱۳۸۹. مدل‌سازی و کنترل منابع تولید همزمان برق و حرارت خانگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس.

Anonymous. 2003. New energy and Industrial Technology Development Organization Move to a distributed generation in Germany. NEDO Oversea Report, Japan

Ameri, M, B Ghobadian, and I Baratian. "Technical Comparison of a CHP Using Various Blends of Gasohol in an IC Engine." Renewable Energy (2008): n. pag. Web. 21 July 2016.

Beyene, A. "Combined Heat and Power Sizing Methodology." ASME Turbo Expo 2002: Power for (2002): n. pag. Web. 21 July 2016.

Bianchi, M et al. "Feasibility Study of a Thermo-Photo-Voltaic System for CHP Application in Residential Buildings." Applied energy (2012): n. pag. Web. 21 July 2016.

Blakemore, FB, C Davies, and K Jones. "Combined Heat and Power, Economies of Scale and Option Appraisal." Utilities Policy (1995): n. pag. Web. 21 July 2016.

Colella, W. "Optimization of Novel Networks of Distributed Combined Heat and Power Fuel Cell systems to Reduce Greenhouse Gas Emissions and Energy Costs." (2007): n. pag. Web. 18 July 2016.

Compernolle, T *et al*. "Analyzing a Self-Managed CHP System for Greenhouse Cultivation as a Profitable Way to Reduce CO 2-Emissions." Energy (2011): n. pag. Web. 21 July 2016.

Ghobadian, B., Ameri, M. and Baratian, I. 2007. Economic Investigation of ICCHP Using Gasohol- A Case Study for Iran. Paper presented at the The 3rd International

Bioenergy Conference and Exhibition, Finland

Hao, X, and G Zhang. “Maximum Fuel Energy Saving of a Brayton Cogeneration Cycle.” 2009. ICEET’09. International Conference on (2009): n. pag. Web. 21 July 2016.

Hinojosa, LR et al. “A Comparison of Combined Heat and Power Feasibility Models.” Applied Thermal (2007): n. pag. Web. 21 July 2016.

Hosseinian, SH, Y HadjebnAli, and P Orouji. “The Effect of Using CHP Systems in Energy Utilization and Reduction of Greenhouse Gases in a Pulp and Paper Mill in Iran.” Power n. pag. Web. 18 July 2016.

Mago, P. J., A Hueffed, and L. M. Chamra. “A Review on Energy, Economical, and Environmental Benefits of the Use of CHP Systems for Small Commercial Buildings for the North American Climate.” International Journal of Energy Research 2009: 1252–1265.

Pehnt, M et al. Micro Cogeneration: Towards Decentralized Energy Systems. N.p., 2006. Web. 21 July 2016.

Siegel, Robert P. "Combined Heat and Power: Pros and Cons." Available at: http://www.triplepundit.com/special/energy-options-pros-and-cons/combined-heat-power-pros-cons Apr. 2012.

Vermeulen, PCM, and CJM van der Lans. “Combined Heat and Power (CHP) as a Possible Method for Reduction of the CO2 Footprint of Organic Greenhouse Horticulture.” Organic Greenhouse Horticulture … (2010): n. pag.