نشریه مهندسی مکانیک
نشریه علمی انجمن مهندسان مکانیک ایران
ISME

دوره ۳۱، شماره ۵، شماره پیاپی ۱۴۶، آذر و دی ۱۴۰۱، صفحه ۶۴-۵۰
ISSN: 1605-9719

DOI: 10.30506/MMEP.2023.562160.2049
DOR: 10.30506/MMEP.2023.562160.2049

مروری بر روند توسعه سیستم های تولید همزمان برق، حرارت و برودت در ایران و جهان

مرتضی حسین‌پور
استادیار، گروه پژوهشی انرژی های تجدید پذیر، پژوهشگاه نیرو، تهران

جاماسب پیرکندی*
دانشیار، مجتمع دانشگاهی هوافضا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران

شبنم منصوری
پژوهشگر ارشد، پژوهشگاه نیرو، تهران

مصطفی نوری
پژوهشگر ارشد، شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع برق (توانیر)، تهران

مقاله مروری
دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۳
پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷

چکیده: افزایش روز افزون سطح رفاه زندگی در جوامع بشری به ویژه در شهرهای بزرگ سبب ازدیاد مصرف انرژی به خصوص انرژی الکتریکی شده است. یکی از مصارف عمده انرژی الکتریکی در داخل کشور در حوزه سرمایش بوده که در سالیان اخیر سهم قابل توجهی از بار پیک شبکه را به خود اختصاص داده است. یکی از راه کارهایی که امروزه سیاست گذاران انرژی در دنیا از آن به عنوان ابزاری مؤثر و کارآمد در مدیریت انرژی بهره می برند، تولید انرژی بر مبنای روش تولید همزمان برق، حرارت و برودت (یا به اختصار تولید همزمان) است. تولید همزمان تولید توأم دو یا چند شکل از انرژی (مانند انرژی الکتریکی، حرارتی و برودتی) از یک منبع ساده‌ی اولیه (مانند انرژی شیمیایی سوخت های مختلف) می‌باشد. هدف اصلی این مطالعه، بررسی سیستم های CCHP موجود در ایران و جهان است که مشتمل بر انواع محرک های اولیه استفاده شده و شرکت های خارجی و داخلی فعال در این زمینه می باشد.

واژه های راهنما: سیستم تولید همزمان، موتور گازسوز، چیلر جذبی، بومی‌سازی، توسعه فناوری

An overview of the development process of combined cooling, heating, and power (CCHP) systems in Iran and the world

Morteza Hosseinpour
Assisstant Professor, Renewable Energy Research Group, Niroo Research institute (NRI), Tehran

Jamasb Pirkandi*
Associate Professor, Faculty of Aerospace, Malek Ashtar University of Technology, Tehran

Shabnam Mansoori
Senior Researcher, Niroo Research institute (NRI), Tehran

Mostafa Noori
Senior Researcher, TAVANIR, Tehran

Abstract: Increasing welfare level in human societies, especially in big cities, has caused an increase in energy consumption, especially electric energy. One of the major uses of electrical energy in our country is in the field of cooling, which has taken a significant share of the network's peak load in recent years. One of the solutions that today's energy policymakers in the world use as an effective and efficient tool in energy management is energy production based on the method of simultaneous production of electricity, heat and cooling (or in short, simultaneous production). Simultaneous production is the combined production of two or more forms of energy (such as electrical, thermal and refrigeration energy) from a simple primary source (such as chemical energy of different fuels). The main purpose of this study is to examine the existing CCHP systems in Iran and the world, which includes the types of primary drivers used and foreign and domestic companies active in this field.

Keywords: CCHP, Gas Engine, Absorption Chiller, Localization, Technology Development

* نویسنده مسئول، jpirkandi@mut.ac.ir

۱- مقدمه

انرژی نقش ویژه‌ای در رشد اقتصادی، رفاه اجتماعی، بهبود کیفیت زندگی و امنیت یک جامعه ایفا می‌کند. پژوهش‌های جهانی نشان می‌دهند میان توسعه یک کشور و میزان انرژی مصرفی آن، رابطه مستقیمی برقرار است و از این رو دسترسی کشورهای در حال توسعه به انواع منابع جدید انرژی، به منظور پیشرفت و بهبود وضع اقتصادی آنها اهمیت ویژه‌ای دارد. در این میان انرژی الکتریکی از عوامل اصلی و زیربنایی رشد و شکوفایی بخش‌های صنعتی، اقتصادی و اجتماعی است به طوری که می‌توان گفت یکی از شاخص‌های ارزیابی و پیشرفت کشورها، شاخص افزایش ظرفیت تولید و توزیع انرژی الکتریکی است. در سال‌های اخیر نوعی آگاهی و توجه به افزایش بی‌رویه مصرف انرژی و نیز واقعیت فناپذیر بودن سوخت‌های فسیلی سبب شده است که مطالعات همه جانبه‌ای در سطح جهانی با هدف کاهش میزان مصرف انرژی و نیز کاهش هزینه‌های تولید انرژی، بدون ایجاد لطمه به روند توسعه‌ی کشورها، انجام پذیرد. این مطالعات باعث به وجود آمدن برنامه‌ها و استراتژی‌هایی موسوم به مدیریت انرژی گردیده است.

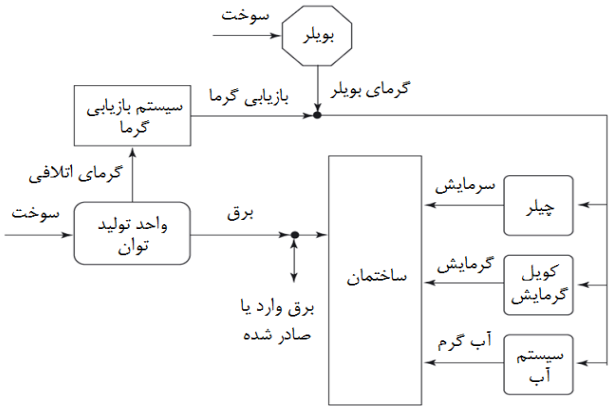
یکی از راه‌کارهایی که امروزه سیاست‌گذاران انرژی در دنیا از آن به عنوان ابزاری مؤثر و کارآمد در مدیریت انرژی بهره می‌برند، تولید انرژی بر مبنای روش تولید همزمان برق، حرارت و برودت است. تولید همزمان که نوعی خاص از روش تولید پراکنده است، عبارتست از تولید توأم دو یا چند شکل از انرژی (مانند انرژی الکتریکی، حرارتی و برودتی) از یک منبع ساده اولیه (مانند انرژی شیمیایی سوخت‌های مختلف). از آنجایی که در الگوی تولید همزمان، انرژی‌های اولیه مصرفی یعنی برق، حرارت و برودت از طریق یک سیستم با سوخت ورودی معین تأمین می‌گردند، در نتیجه هزینه‌های تأمین انرژی به طرز قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. در روش‌های رایج، مصرف‌کننده مجبور است برق مورد نیاز خود را از شبکه‌ی سراسری خریداری نموده و از سوی دیگر برای مصارف گرمایشی و سرمایشی خود نیز هزینه‌های جداگانه‌ای را متحمل شود. در حالی که در شیوه تولید همزمان که در قالب تولید پراکنده از آن استفاده می‌شود، مصرف‌کننده از شبکه سراسری برق، مستقل شده و از سوی دیگر چون از محتوای انرژی سوخت ورودی نهایت بهره را می‌برد (تا ۹۰٪)، میزان و هزینه‌ی انرژی‌های مصرفی به شدت کاهش می‌یابد [۱-۳].

سیستم‌های CHP[1] و CCHP[2] غالباً برای تولید همزمان چند نمونه مختلف از انرژی‌های الکتریکی، حرارتی و برودتی استفاده می‌شوند. این سیستم‌ها از چهار بخش اصلی محرک اولیه، مولد (ژنراتور)، مبدل حرارتی و سیستم کنترل تشکیل شده اند. کلیه این سیستم‌ها دارای یک محرک اولیه می‌باشند که انرژی شیمیایی سوخت را آزاد نموده و آن را به توان مکانیکی در محور خروجی تبدیل می‌کند. در این سیستم‌ها محور محرک با یک ژنراتور الکتریکی کوپل بوده و توان الکتریکی مشخصی در آن تولید می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که حداکثر راندمان موجود برای محرک‌های اولیه و مولد‌ها، کمتر از ۵۰ درصد بوده و این به این معنی است که بیش از نیمی از انرژی سوخت به صورت حرارت تلف می‌شود. در این سیستم‌ها انرژی حرارتی گازهای خروجی از محرک اولیه، سیال جاری در سیکل خنک‌کاری محرک و روغن روان‌کننده محرک اولیه، منابع اصلی اتلافات حرارتی بوده و می‌توان با قراردادن مبدل‌های حرارتی گرمای اتلافی را به شکل حرارت با دمای بالا و قابل استفاده بازیافت نمود. با فراهم شدن امکان استحصال حرارت اتلافی در سیستم‌های تولید همزمان، راندمان آنها بالا خواهد رفت و این یک خصوصیت بارز در این نوع سیستم‌ها می‌باشد. سیستم‌های تولید همزمان دارای راندمان بالایی (بیش از ۵۰ درصد) بوده و حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد سوخت کمتری نسبت به سایر سیستم‌های موجود و سنتی مصرف می‌کنند. 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. علاوه بر موارد فوق استفاده هرچه کمتر از سوخت‌های فسیلی باعث کاهش آلاینده‌های زیست محیطی نیز خواهد شد. از سوی دیگر این سیستم‌ها از اتلاف ۱۰ الی ۱۵ درصدی انرژی در شبکه انتقال برق جلوگیری می‌کند. توسعه ضریب پدافند غیر عامل (عدم وابستگی به انرژی الکتریکی شبکه) از دیگر مزایای سیستم‌های تولید همزمان می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۴۵ تا ۶۵ درصد انرژی کل ورودی به سیستم به صورت انرژی حرارتی قابل بازیافت بوده و می‌توان از آن جهت تولید حرارت و برودت استفاده کرد. استفاده از سیستم‌های تولید همزمان به‌دلیل کاهش تلفات حرارتی، به‌شدت تلفات اگزرژی و بازگشت ناپذیری‌های سیستم را کاهش می‌دهد. این مزیت مهم باعث شده است که در سال‌های اخیر استفاده از این نوع

[1] Combined Cooling, Heat and Power

[2] Combined Heat and Power

سیستم‌های انرژی مورد توجه اکثر کشورهای پیشرفته دنیا قرار گیرد. در این میان سیستم‌های CCHP در سال‌های اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته و استفاده از آن‌ها رو به افزایش است. استفاده از انرژی حرارتی خروجی از محرک‌های اولیه جهت تأمین برودت هدف عمده این نوع سیستم‌های انرژی می‌باشد. تولید برودت در این سیستم‌ها عمدتاً با استفاده از چیلرهای جذبی انجام گرفته و تولید حرارت نیز مشابه سیستم-های CHP با استفاده از بازیاب‌ها و مبدل‌های حرارتی صورت می‌گیرد. مزیت عمده سیستم‌های CCHP تولید سه‌گانه انرژی حرارتی، برودتی و الکتریکی به طور همزمان بوده و این قابلیت راندمان سیستم را به‌طرز قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد [۴-۷]. در شکل ۱ شماتیکی از نحوه عملکرد سیستم CCHP نشان داده شده است.



شکل ۱ شماتیکی از نحوه عملکرد سیستم CCHP

تفاوت مهم بین سیستم‌های CHP و CCHP این است که سیستم‌های CCHP فقط الکتریسیته و حرارت تولید نمی‌کنند، بلکه توانایی تولید بار برودتی را جهت کاربردهای مختلف دارند. در این میان نقش عمده در تولید برودت را چیلرها ایفا می‌کنند و می‌توانند آب سرد ۶ الی ۷ درجه سانتی‌گراد تولید کنند. آب سرد تولید شده توسط چیلرها می‌تواند در دستگاه‌های تهویه مطبوع مانند فن‌کویل و هواساز جهت سرمایش فضاها استفاده شود. از سوی دیگر می‌توان از این آب سرد در سایر بخش‌های صنعتی جهت خنک‌کاری تجهیزات، رطوبت‌گیری و... استفاده کرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در عمده سیستم‌های CCHP سرمایش فضاهای اشغال شده مد نظر بوده و هدف تأمین آسایش حرارتی افراد می‌باشد. سیستم‌های CCHP بر خلاف سیستم‌های CHP دارای دو نوع محرک اولیه و ثانویه می‌باشند. محرک‌های اولیه اغلب مشابه سیستم‌های CHP بوده و هدف عمده آن‌ها تولید برق و انرژی الکتریکی می‌باشد، این در حالیست که هدف محرک دوم تولید بار سرمایشی و برودتی می‌باشد[۸-۱۱].

۲- انواع سیستم‌های CCHP

سیستم‌های CCHP بر اساس ظرفیت کاری، نوع عملکرد، محرک‌های اولیه و محرک‌های ثانویه طبقه‌بندی می‌شوند.

- طبقه بندی بر اساس ظرفیت

اندازه سیستم CCHP برحسب توان الکتریکی تولیدی آن بیان می‌شود. دانستن نیاز واقعی واحد مصرف‌کننده به انرژی الکتریکی، میزان بار گرمایشی و میزان بار سرمایشی در انتخاب درست ظرفیت یک سیستم CCHP و نحوه استفاده از آن تأثیر فراوانی دارد. از نقطه نظر اندازه‌های اسمی، سیستم‌های CCHP به انواع با مقیاس میکرو، کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم‌بندی می‌شوند. محدوده ظرفیت میکروسیستم‌ها زیر ۲۰ کیلووات می‌باشد. هرچند میکروسیستم‌ها پتانسیل زیادی برای کاربردهای تجاری، اداری و مسکونی را دارند، اما نمونه‌های محدودی از آنها در حال حاضر و در بازار فعلی موجود است. محرک اولیه این نوع سیستم‌ها اغلب از نوع موتورهای رفت و برگشتی، پیل‌های سوختی و موتورهای استرلینگ می‌باشد. ظرفیت سیستم‌های مقیاس کوچک در محدوده ۲۰ کیلووات تا ۱ مگاوات بوده و در کاربردهای زیادی از قبیل فروشگاه‌ها، سوپرمارکت‌ها، بیمارستان‌ها، ادارات و صنایع کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع سیستم‌ها نسبت به سایر سیستم‌های CCHP کاربرد بیشتری داشته و میکروتوربین‌ها و موتورهای رفت و برگشتی محرک اصلی آن‌ها می‌باشند. سیستم های مقیاس متوسط با ظرفیتی در محدوده ۱ مگاوات تا ۱۰ مگاوات، در کارخانه‌ها، کارگاه‌های صنعتی، ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم‌های مقیاس بزرگ نیز با ظرفیت بالای ۱۰ مگاوات یک منبع ایده‌آل تأمین انرژی برای کارخانجات و کارگاه‌های بزرگ، شهرک‌ها و همچنین مجموعه‌های تجاری و مسکونی با مساحت بالا می‌باشند.

- طبقه بندی بر اساس عملکرد

به طور کلی سیستم‌های CCHP به دو روش مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌هایی که تحت بار الکتریکی (FEL[1]) عمل نموده و هدف عمده آن‌ها تأمین بار الکتریکی است و همچنین سیستم‌هایی که تحت بار حرارتی (FTL[2]) عمل نموده

[1] Following Electrical Load
[2] Following Thermal Load

و هدف آن‌ها تأمین بار حرارتی است. در روش عملکردی FEL هدف عمده سیستم تأمین بار الکتریکی است. محرک اولیه و ژنراتور وظیفه تأمین بار الکتریکی را بر عهده دارند. حرارت اتلافی از این نوع سیستم‌ها جهت تأمین بار حرارتی واحد بازیابی می‌شود. در صورتی که انرژی حرارتی بازیافتی برای تأمین بار حرارتی مورد نیاز (گرمایش و سرمایش) کافی نباشد، حرارت اضافی توسط دیگ بخار کمکی تأمین می‌شود. در روش عملکردی FTL هدف عمده سیستم تولید بار حرارتی برای تأمین نیاز بارهای گرمایشی و سرمایشی می‌باشد. اگر مقدار الکتریسیته تولیدی برای تأمین نیاز واحد کافی نباشد، الکتریسیته اضافی از شبکه وارد می‌شود.

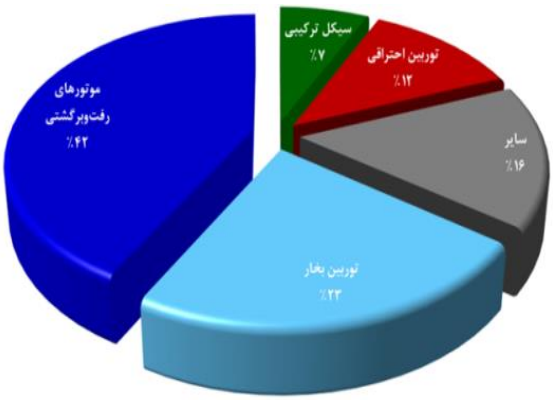
- طبقه بندی بر اساس ارتباط با شبکه

این سیستم‌ها بر اساس ارتباط به شبکه به دو دسته وابسته به شبکه و مستقل تقسیم بندی می‌شوند. در حالت اتصال به شبکه سیستم CCHP به شبکه متصل بوده و قادر است در صورت کم بودن توان الکتریکی تولیدی نیاز مورد نیاز خود را از شبکه خریداری کند. در عملکرد مستقل نیز سیستم CCHP به شبکه متصل نبوده و همه نیازهای انرژی آن توسط خود سیستم و به طور مستقل تأمین می‌شود.

- دسته‌بندی از نظر محرک‌های اولیه

محرک اولیه جزء اصلی سیستم‌های تولید همزمان بوده و یکی از دغدغه‌های عمده مهندسان و طراحان سیستم‌های انرژی انتخاب یک محرک اولیه مناسب برای سیستم‌های CCHP می‌باشد. از انواع محرک‌های اولیه می‌توان به موتورهای رفت و برگشتی، توربین‌های گاز، میکروتوربین‌ها، توربین‌های بخار، پیل‌های سوختی و موتورهای استرلینگ اشاره کرد. در شکل ۲ توزیع فراوانی درصد استفاده از محرک‌های اولیه به کار رفته در سیستم‌های CHP و CCHP نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود موتورهای رفت و برگشتی بیشترین سهم را در این میان دارا می‌باشند [۱۲ و۱۳].

همانطور که مشاهده می‌شود موتورهای رفت و برگشتی بیشترین کاربرد را به عنوان محرک اولیه در سیستم‌های CHP و CCHP دارا می‌باشند (شکل ۳ و ۴). بررسی‌ها نشان می‌دهد که در بین محرک‌های اولیه، پیل‌های سوختی و میکروتوربین کمترین میزان آلایندگی را نسبت به سایر محرک‌ها دارند. حرارت و دمای گازهای خروجی از محرک‌های اولیه نقش مهمی در کارایی محرک‌های ثانویه جهت تولید بار سرمایشی و همچنین در مبدل‌های حرارتی برای تولید بار گرمایشی دارند.



شکل ۲ توزیع فراوانی محرک‌های به کار رفته در سیستم‌های CHP و CCHP [۱۲]

شکل ۳ موتور گازسوز ۱۶ سیلندر با توان الکتریکی خروجی ۹۰۰ کیلووات [۱۳]

شکل ۴ سیستم تولید همزمان با محرک اولیه موتور احتراق داخلی ۷۷۶ تا ۲۵۳۵ کیلووات [۱۳]

۳- روند توسعه سیستم‌های CCHP در جهان

در سال‌های اخیر گستره پروژه‌های انجام گرفته در زمینه CCHP رشد فراوانی داشته است. اطلاعات منتشر شده از این پروژه‌ها در سطوح گوناگون بوده و برخی با جزئیات بیان شده و برخی نیز به صورت کلی ارائه شده است. بر همین اساس طبق اطلاعات منتشر شده، پروژه‌ها دسته بندی گردید و در ادامه بیان شده‌اند.

جدول ۱ پروژه‌های CCHP انجام شده در جهان [۱۴-۱۶]

ردیف	شهر / کشور	محل اجرا	محرک اولیه	محرک ثانویه	راندمان ژنراتور برق	ظرفیت ژنراتور برق (کیلووات)	ظرفیت سرمایشی (کیلووات)	راندمان کل (سرمایش و الکتریسیته)
۱	لیسبون پرتغال	مرکز خرید	موتورگازی	چیلر جذبی تک اثره	۳۹٪	۶۰۰۰	۳۶۰۰	۸۹٪
۲	ملبرن استرالیا	دیتاسنتر	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۱۱۰۰	۱۹۴۰	۸۳٪
۳	مادرید اسپانیا	فرودگاه	موتورگازی	چیلر جذبی تک اثره	۴۱٪	۳۳۰۰۰	۱۹۸۰۰	۷۷٪
۴	کاسیلون اسپانیا	کارخانه تولید مواد شیمیایی	توربین‌گازی	چیلر جذبی دو اثره	۲۸٪	۱۳۴۳۰	۲۹۳۰	۷۳٪
۵	بلاروس	کارخانه تولید فیبر شیمیایی	موتورگازی	چیلر جذبی تک اثره	۴۰٪	۳۶۰۰۰	۱۵۰۰۰	۸۷٪
۶	امریکا سندیا گو	مرکز مخابرات	توربین‌گاز و خورشیدی	چیلر جذبی تک اثره	۳۵٪	۴۵۰۰	۴۶۰۰	۸۳٪
۷	امریکا نیوجرسی	دانشکده	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۱۴۱۲	۱۴۵۴	۸۳٪
۸	امریکا کارولینای شمالی	پایگاه نظامی	توربین‌گاز و خورشیدی	چیلر جذبی دو اثره	۳۵٪	۵۲۰۰	۳۵۰۰	۹۳٪
۹	امریکا نیو جرسی	دانشگاه تحقیقاتی	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۴۵۵۵	۲۳۲۶	۸۲٪
۱۰	هند دهلی	هتل ۷ ستاره	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۹٪	۲۲۰۰	۲۵۴۷	۶۹٪
۱۱	هند گرگاون	مرکز خرید	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۱۴۰۰	۴۲۱۰	۸۵٪
۱۲	روسیه مسکو	مرکز خرید محلی	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۶۸٪
۱۳	هند گرگاون	مرکز آی تی	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۴۲۰۰	۱۴۴۹۱	۸۳٪
۱۴	هند دهلی	مرکز خرید	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۱۴۰۰	۵۲۳۳	۸۵٪
۱۵	اسپانیا مالورکا	بیمارستان	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۴۱٪	۳۰۴۱	۱۷۶۶	۶۸٪
۱۶	هند گجرات	شرکت برج‌سازی	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۴۵۰۰	۴۴۳۱	۸۱٪
۱۷	پاکستان کراچی	شرکت فیلم‌سازی	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۹٪	۲۰۵۵	۷۳۹۸	۹۷٪
۱۸	تایلند بانکوک	ساختمان اداری دولتی	توربین‌گاز	چیلر جذبی دو اثره	۳۲٪	۵۵۰۰	۲۱۰۰۰	۹۴٪
۱۹	اندونزی جاکارتا	کارخانه ماشین‌آلات نساجی	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۱۶۰۰۰	۱۳۷۰۰	۸۱٪
۲۰	اندونزی سرپونگ	مرکز خرید	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۲۲۰۰	۴۲۱۰	۸۲٪
۲۱	آلمان	ساختمان اسناد	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۱۱۷۰	۷۵۶	۸۳٪

	مونیخ	امنیتی							
۲۲	استرالیا سیدنی	فرودگاه	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۹٪	۳۶۰۰	۳۳۱۵	۸۳٪
۲۳	استرالیا ملبورن	ساختمان تجاری	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۹٪	۱۲۰۰	۱۰۰۰	۸۳٪
۲۴	استرالیا ملبورن	دیتاسنتر بانک	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۱۱۰۰	۱۹۴۰	۹۱٪
۲۵	استرالیا ملبورن	بیمارستان کودکان	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۲۳۲۰	۲۵۵۰	۸۴٪
۲۶	مکزیک مکزیکوسیتی	ساختمان گیاه‌شناسی	موتور دیزل	چیلر جذبی دو اثره	۳۵٪	۹۳۰	۲۲۶۸	۶۵٪
۲۷	استرالیا سیدنی	ساختمان تفریحی	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۱۱۰۰	۸۷۰	۸۲٪
۲۸	شیلی کاراکاس	بلندترین ساختمان تجاری	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۴۰٪	۱۴۴۰۰	۳۰۰۰۰	۸۴٪
۲۹	عربستان جده	بلندترین ساختمان تجاری	موتور دیزل	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۶۰۰۰	۱۱۶۰۰	۸۲٪
۳۰	کلمبیا بوگاتا	کارخانه نیکل	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۱۷۵۰	۱۴۵۴	۷۱٪
۳۱	تونس انفیدا	فرودگاه	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۴۳۴۹	۴۳۵۰	۸۴٪
۳۲	ترکیه استانبول	مرکز سرگرمی	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	۳۸٪	۴۵۰۰	۵۶۹۰	۶۹٪

جدول ۲ پروژه‌های سازوکارهای حمایتی از سیستم‌های CHP و CCHP در کشورهای اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۶ [۱۵ و ۱۶]

کشور	حمایت مالیاتی	پرداخت بر اساس هزینه	پاداش فروش	طرح صدور گواهی	کمک مالی سرمایه	حمایت‌های دیگر	بدون حمایت
اتریش					✓		
بلژیک	✓			✓	✓		
جمهوری چک	✓		✓				
دانمارک						✓	
فنلاند				✓	✓	✓	
فرانسه	✓	✓	✓	✓		✓	
آلمان	✓	✓	✓				
یونان	✓						
مجارستان						✓	
ایرلند	✓	✓					
ایتالیا	✓			✓		✓	
هلند	✓				✓		
لهستان				✓	✓		
پرتغال		✓					
اسلوواکی			✓				
اسلونی						✓	
اسپانیا						✓	
انگلستان	✓						

۴- شرکت‌های فعال در زمینه CHP و CCHP

گسترش فزاینده استفاده از سیستم‌های CHP و CCHP، رشد فعالیت‌های صنعتی در این زمینه را سرعت بخشیده است به طوری که شرکت‌های بزرگ خارجی تمایل به فعالیت در این حوزه داشته‌اند. شرکت‌های فعال در زمینه سیستم‌ها CHP و CCHP بر اساس فعالیت به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند. شرکت‌هایی که در حوزه طراحی، محاسبه و انتخاب فعال هستند و شرکت‌هایی که پکیج سیستم‌های CHP و CCHP را در مقیاس‌های کوچک و متوسط تولید، نصب و راه‌اندازی می‌کنند. البته برخی از شرکت‌ها نیز در هر دو زمینه فعال بوده و پروژه‌های مختلفی انجام داده‌اند. از جمله شرکت‌ها بزرگ که در طراحی، نصب و راه اندازی و یا تولید پکیج‌های CHP و CCHP فعال هستند می توان به شرکت‌های بوش،کاوازاکی، زیمنس و براد اشاره کرد.

شرکت براد نیز از جمله شرکت‌های فعال در این حوزه می‌باشد. زمینه اصلی کار این شرکت طراحی و ساخت انواع چیلرهای جذبی می‌باشد و این شرکت ۳۵۰۰۰ پروژه در ۸۰ کشور داشته است. در شکل (۵) نمایی از سیستم نصب شده در یک مرکز خرید نشان داده شده است. نخستین چیلر جذبی شعله مستقیم نیز توسط این شرکت در سال ۱۹۹۲ تولید شد.

با توجه به کاربرد چیلرهای جذبی در سیستم‌های CCHP این شرکت نصب و راه‌اندازی پروژه‌های مختلفی از سیستم‌های CCHP را در دنیا انجام داده است. شرکت‌های دیگر نیز هستند که در حوزه طراحی، نصب و راه اندازی فعالیت دارند. اسامی برخی از آن‌ها در جدول ۳ ارائه شده است.

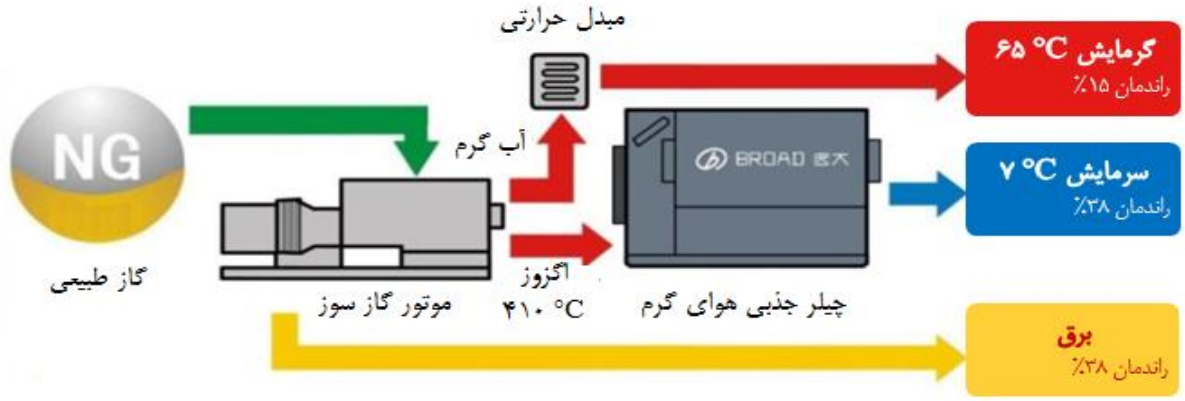
از شرکت‌های بزرگ حاضر در زمینه تولید پکیج‌های CHP و CCHP می توان شرکت صنعتی بوش را نام برد. محدوده توان الکتریکی پکیج‌های شرکت بوش از ۶۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات الکتریکی می‌باشد. محدوده توان حرارتی این پکیج‌ها از ۳۳۳ تا ۱۰۵۳ کیاووات می‌باشد. محرک پکیج‌ها موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی سیکل دیزل با سوخت گاز طبیعی هستند. این موتورها ساخت شرکت‌های MAN، MWM و MTU هستند. از دیگر شرکت‌های تولیدکننده پکیج می‌توان به شرکت Capstone Turbine Corporation (Horizon Power Systems) اشاره کرد. محرک اولیه پکیج‌های این شرکت همگی از نوع میکروتوربین هستند. محدوده توانی خروجی پکیج‌ها از ۲۸ تا ۱۰۰۰ کیلووات و محدوده نرخ توان حرارتی از ۱۴/۴ تا ۱۰/۹ مگاژول بر کیلوات ساعت می‌باشد [۱۷]. در جدول ۴ اسامی برخی دیگر از شرکت‌های تولید کننده پکیج های CHP و CCHP آمده است.

جدول ۳ شرکت‌های فعال در زمینه طراحی، نصب و راه اندازی سیستم‌های CHP و CCHP در جهان [۱۶]

ردیف	نام شرکت	کشور	وب سایت شرکت
۱	Kalor-Center Ltd	مجارستان	www.kalorcenter.hu
۲	Posco Energy	کره جنوبی	www.poscoenergy.com
۳	ON.E	آلمان	www.eon.com
۴	FuelCell Energy	آمریکای شمالی	www.fuelcellenergy.com
۵	Atrex Energy	آمریکای شمالی	www.atrexenergy.com
۶	Fuji Electric	ژاپن	www.fujielectric.com
۷	GEM Energy	آمریکا	www.gemenergycapstone.com
۸	Kraft Energy Systems	آمریکا	www.kraftenergysystems.com

جدول ۴ شرکت‌های فعال در زمینه تولید پکیج‌های CHP و CCHP در جهان [۱۶]

ردیف	نام شرکت	توان الکتریکی (کیلووات)	توان حرارتی (کیلووات)	کشور	وب سایت شرکت
۱	ago AG Energie + Anlagen	۱۴۳ تا ۵۳۲	۲۱۵ تا ۶۶۵	آلمان	www.ago.ag
۲	Viessmann	۶ تا ۵۳۰	۱۴/۹ تا ۶۶۰	آلمان	www.viessmann.com
۳	Solid Power	۱/۵	۰/۶	ایتالیا	www.solidpower.com
۴	2G Energy, Inc	۵۵۰ تا ۲۰۰۰	۶۰۶ تا ۱۹۷۵	آمریکا	www.2g-energy.com



شکل ۵ شماتیک از سیستم CCHP نصب شده مرکز خرید COLOMBO [۱۸]

۵- روند توسعه سیستم‌های CHP و CCHP در ایران

با رشد روز افزون سیستم‌های تولید همزمان در جهان، ایران نیز در افق چشم انداز ۲۰ سال ۱۴۰۴ رشد و توسعه سیستم‌های تولید همزمان را مورد توجه قرار داده است. در این راستا ایران نیز همپای دیگر کشورها در مسیر توسعه سیستم‌های تولید همزمان گام بر می‌دارد. بر اساس آمارهای ارائه شده از سوی وزارت نیرو پیش بینی بهره برداری از ظرفیت‌های جدید سیستم تولید همزمان برای سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ سالانه ۲۰۰ مگاوات می‌باشد. با توجه به محدود بودن پروژه‌های CCHP در ایران، در جدول ۵ پروژه‌های واقعی انجام شده در زمینه سیستم‌های CHP و CCHP معرفی و جزئیات موجود در آن‌ها ارائه می‌گردد.

جدول ۵ پروژه‌های انجام شده در زمینه CHP در ایران [۱۹]

ردیف	نام شرکت فروشنده برق	ظرفیت نامی قرارداد [MW]	ظرفیت عملی بهره‌برداری شده تاکنون [MW]	محل احداث	سال احداث	قرارداد با توانیر	محرک اولیه
آذربایجان شرقی							
۱	صنایع تجاری پارلا منسوجات	۶	۵/۸	شهرک صنعتی سرمایه‌گذاری خارجی	۹۰	دارد	Caterpillar
۲	خدماتی کشاورزی یاشیل آرین	۲/۱	۱/۹	جاده تبریز-آذر شهر، روبروی نیروگاه حرارتی تبریز	۹۲	دارد	Guascor
	مجموع	۸/۱	۷/۷				
آذربایجان غربی							
ردیف	نام شرکت فروشنده برق	ظرفیت نامی قرارداد [MW]	ظرفیت عملی بهره‌برداری شده تاکنون [MW]	محل احداث	سال احداث	قرارداد با توانیر	محرک اولیه
۱	اروم پک	۷/۱	۲	ارومیه، جاده ارومیه- مهاباد	۹۴	دارد	Caterpillar
	مجموع	۷/۱	۲				
اصفهان							
ردیف	نام شرکت فروشنده برق	ظرفیت نامی قرارداد [MW]	ظرفیت عملی بهره‌برداری شده تاکنون [MW]	محل احداث	سال احداث	قرارداد با توانیر	محرک اولیه
۱	ریسندگی بهار ریس اصفهان	۴/۷۶	۴	منطقه صنعتی دهق، خیابان هیئت امناء	۸۹	دارد	Guascor
۲	تعاونی بهنام انرژی نائین	۲/۱	۱/۸	شهرک صنعتی نائین	۹۰	دارد	Guascor

۳	مؤسسه صندوق رفاه اعضای هیئت علمی دانشگاه کاشان	۱	۱	محل دانشگاه کاشان، خودتأمین	۹۱	دارد	FG WILSON
۴	صعود گستر آسیا- سگزی ۲	۲۵/۵	۲۵	اتصال به پست ۲۰/۶۳ سگزی ۲ (عمار)	۹۳	دارد	Wartsila
۵	توان امید پاسارگاد	۱۷/۱	۶	شهرضا، شهرک صنعتی رازی	۹۴	دارد	Guascor
۶	مجتمع نیروگاهی توان امید صفاهان	۱۷/۱	۱۵/۸	شهرک صنعتی میمه	۹۴	دارد	Guascor
۷	تعاونی روستایی عدالت طالخونچه	۵/۱	۱	شهرک صنعتی مبارکه	۹۴	دارد	MWM
۸	نوین برق آیسان	۵/۱	۱	شهرک صنعتی مبارکه	۹۴	دارد	MWM
	مجموع	۷۷/۷۶	۵۵/۶				

تهران

ردیف	نام شرکت فروشنده برق	ظرفیت نامی قرارداد [MW]	ظرفیت عملی بهره‌برداری شده تاکنون [MW]	محل احداث	سال احداث	قرارداد با توانیر	محرک اولیه
۱	تانیر-کن	۶/۲	۵/۴	محدوده پست ۲۰/۶۳ کیلوولت کن	۹۰	دارد	Guascor
۲	تانیر-معنوی	۱۰/۳	۹/۳	محدوده پست ۲۰/۶۳ کیلوولت معنوی	۹۱	دارد	Guascor
۳	تولید ایستگاهی نیرو خاصه	۱	۱	محل نیروگاه طرشت	۸۸	خاتمه دوره خرید	FG WILSON
۴	تولید ایستگاهی نیرو ویژه	۱	۰/۹	محل نیروگاه طرشت	۹۰	دارد	Guascor
۵	تانیر کاشانی	۶/۲	۵/۷	محدوده پست ۲۰/۶۳ کیلوولت کاشانی	۹۰	دارد	Guascor
۶	صنعت یاران نیروگاهی ایرانیان (میناکو)	۷/۲	۷	شهرک آزمایش	۹۱	دارد	Guascor
۷	طراحی مهندسی کمپرسور نفت آسیا	۳/۸	۳/۸	شهرک صنعتی شمس‌آباد، بلوار مهستان، خیابان گلسرخ ۳ و۵	۹۰	دارد	Guascor
۸	گاسکور پارس آریا	۰/۶	۰/۵	محل نیروگاه طرشت	۹۰	خاتمه دوره خرید	Guascor
۹	مهندسی، توسعه و تولید صنعت انرژی برق خاورمیانه (مپکو)	۶	۶	میدان مرکزی میوه و تره‌بار	۹۲	دارد	Caterpillar
۱۰	تولید ایستگاهی نیرو خاصه	۲	۱	بوستان گفتگو	۹۲	خاتمه دوره خرید	Guascor
۱۱	کاوش پیام پاسارگاد- مرکز باهنر	۱/۱	۱	خیابان شریعتی، بالاتر از دولت، مرکز تلفن باهنر	۹۲	دارد	MWM
۱۲	تولید ایستگاهی نیرو ویژه- خوارزمی	۱۳/۳	۱۲/۸	پست فوق توزیع شهرک صنعتی عباس‌آباد	۹۳	دارد	Guascor
۱۳	پایا دیاکو آسیا	۹/۶	۶	پست ۲۰/۶۳ کیلوولت لویزان	۹۳	دارد	Wartsila
۱۴	پارسیا گاز آسیا فراز	۴/۲	۲	اتصال به فیدر گل آزین از پست فوق توزیع شمس‌آباد	۹۴	دارد	Wartsila
۱۵	تولید ایستگاهی نیرو واحد (تانیر)	۲۵	۲۴	محدوده پست ۲۰/۶۳ کیلوولت شهرک شوش	۹۴	دارد	Guascor
۱۶	امیران	۴	۴	برج میلاد	۹۴	دارد	MTU
۱۷	نیرو پارسه	۸/۳	۸	ستارخان، نیروگاه شهید فیروزی	۹۴		HYUNDAI

۱۸	صبا باتری	۳	۳	محل کارخانه صبا باتری	۹۴		Guascor
	مجموع	۱۱۲/۸	۱۰۱/۴				
چهارمحال و بختیاری							
ردیف	نام شرکت فروشنده برق	ظرفیت نامی قرارداد [MW]	ظرفیت عملی بهره‌برداری شده تاکنون [MW]	محل احداث	سال احداث	قرارداد با توانیر	محرک اولیه
۱	ساختمانی برکه-بروجن	۶	۴	منطقه صنعتی بروجن	۹۳	دارد	Caterpillar
	مجموع	۶	۴				
خراسان رضوی							
ردیف	نام شرکت فروشنده برق	ظرفیت نامی قرارداد [MW]	ظرفیت عملی بهره‌برداری شده تاکنون [MW]	محل احداث	سال احداث	قرارداد با توانیر	محرک اولیه
۱	کارخانجات ریسندگی، بافندگی و پوشاک جامعه	۴/۱	۳/۷	مشهد، کیلومتر ۷ جاده کلات	۹۱	دارد	Guascor
۲	رنگین کمان سناباد	۷/۹	۳	مشهد، منطقه نمونه ملی گردشگری سپاد، قطعه ۱۸۸	۹۲		Jenbacher
۳	صنعت یاران انرژی فدک قدر	۴/۷	۳	مشهد، پایانه مسافربری مشهد	۹۳		MTU
۴	مجتمع ولیعصر	۲/۸	۲/۷	مشهد، خیابان خواجه ربیع، خیابان ولی عصر، مجتمع ولی عصر	۹۴	دارد	DEUTZ
	مجموع	۱۹/۵	۱۲/۴				
خراسان شمالی							
ردیف	نام شرکت فروشنده برق	ظرفیت نامی قرارداد [MW]	ظرفیت عملی بهره‌برداری شده تاکنون [MW]	محل احداث	سال احداث	قرارداد با توانیر	محرک اولیه
۱	استحکام سازه بجنورد	۱/۹	۱	شهرک صنعتی شیروان	۹۱	دارد	Guascor
	مجموع	۱/۹	۱				
فارس							
ردیف	نام شرکت فروشنده برق	ظرفیت نامی قرارداد [MW]	ظرفیت عملی بهره‌برداری شده تاکنون [MW]	محل احداث	سال احداث	قرارداد با توانیر	محرک اولیه
۱	نیرو ساخت جاوید پارس	۶	۱ ۳/۵	شهرک صنعتی همایجان، قطعه ۱۰، بلوک الف	۹۲ ۹۳	دارد	Jenbacher
۲	فنی مهندسی محسن نیروی پارس	۲/۳	۱	شهرک صنعتی فیروزآباد	۹۲	دارد	Caterpillar
۳	تعاونی حدیث مهر پارس	۱۶/۸	۱۵	شیراز، شهرک صنعتی بزرگ شیراز، بلوک gco	۹۳	دارد	HYUNDAI
۴	فرقان شیمی شیراز	۶	۵/۷	منطقه شیراز، شهرک صنعتی آب باریک، سمت راست، کوچه	۹۳	دارد	Jenbacher

			۴				
۵	خدمات کشاورزی خوشه پرور مرودشت	۸/۴	۶	شهرستان مرودشت	۹۴	دارد	MWM
	مجموع	۳۹/۵	۳۲/۲				

قزوین

ردیف	نام شرکت فروشنده برق	ظرفیت نامی قرارداد [MW]	ظرفیت عملی بهره‌برداری شده تاکنون [MW]	محل احداث	سال احداث	قرارداد با توانیر	محرک اولیه
۱	نفیس نخ	۴	۳/۴	شهرک صنعتی لیا، شرکت نفیس نخ	۸۸	خاتمه دوره خرید	Guascor
۲	نگین برق قزوین	۱/۴	۱/۲	جاده روستای لیا	۹۱	دارد	DEUTZ MWM
۳	بانیان رسا قدرت کاسپین	۵/۸	۳/۹	شهرک صنعتی کاسپین	۹۳	دارد	Caterpillar
۴	دسترنج رضا بافت	۱۰	۱۰	آزادراه قزوین- تهران، کیلومتر ۳۵، بعد از نیروگاه ۲۰۰۰ مگاواتی شهید رجایی	۹۳	دارد	Guascor
۵	نساجی میهن مهر	۱۵/۶	۸	شهرک صنعتی البرز	۹۴	دارد	Caterpillar
۶	یاس نخ البرز	۷/۸	۴	شهرک صنعتی البرز، خیابان حکمت، خیابان علامه قزوینی، شرکت یاس نخ	۹۴	دارد	DEUTZ MWM
	مجموع	۴۴/۶	۳۰/۵				

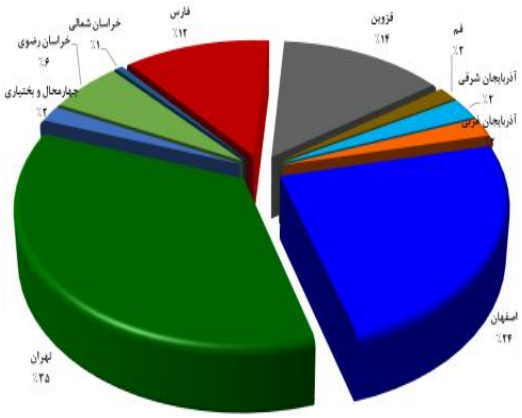
قم

ردیف	نام شرکت فروشنده برق	ظرفیت نامی قرارداد [MW]	ظرفیت عملی بهره‌برداری شده تاکنون [MW]	محل احداث	سال احداث	قرارداد با توانیر	محرک اولیه
۱	مهندسی ری نیرو	۵/۳	۵/۲	جاده قدیم قم-تهران، جنب پست معصومیه	۹۲	دارد	Guascor
	مجموع	۵/۳	۵/۲				

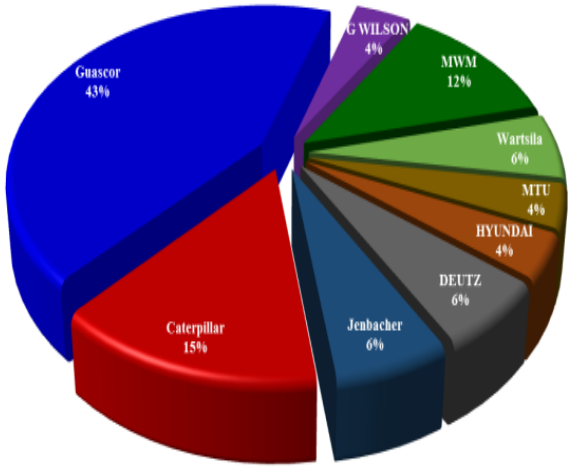
در شکل (۶) سهم هر استان در بهره برداری از سیستم‌های CHP ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود سهم استان تهران و اصفهان در استفاده از این سیستم‌ها بیشتر از بقیه استان‌ها می‌باشد [۱۹]. در شکل ۷ نیز سهم هر کدام از شرکت‌های تولیدکننده محرک‌های رفت و برگشتی در ایران ارائه شده است. در این بخش نیز سهم شرکت‌های Guascor و Caterpillar از همه بیشتر می‌باشد [۱۹]. کاربرد سیستم‌های CHP بیشتر در اقلیم‌های سرد مورد توجه بوده است، زیرا در این مناطق تولید گرمایش در کنار تولید برق حائز اهمیت می‌باشد. اما در اقلیم‌هایی که در طی سال شرایط آب و هوایی گوناگون سرما و گرما را تجربه می‌کنند، سیستم‌های تولید همزمان حرارت، برودت و برق (CCHP) بیشتر مورد توجه می‌باشد. از این رو با توجه به گستره اقلیمی در ایران و وجود مناطق گرم فراوان فعالیت‌های علمی زیادی در زمینه سیستم‌های CCHP انجام گرفته است. در کنار این فعالیت‌های علمی و دانشگاهی پروژه‌های مختلفی نیز اجرا گردیده است.

شرایط اقلیمی برخی از مناطق ایران به گونه‌ای است که در طی برخی از فصول نیاز به سیستم‌های تولید همزمان حرارت و برودت در کنار تولید برق می‌باشد. در استفاده از سیستم‌های CCHP در اقلیم‌های مختلف باید به محدودیت‌های اجباری تحمیل شده توسط این سیستم توجه کرد. یکی از موارد مهم در استفاده از این سیستم وجود چیلر جذبی و برج خنک‌کن

می‌باشد. برج‌های خنک کن وظیفه خنک کردن جاذب و کندانسور چیلرهای جذبی را بر عهده دارد. استفاده از برج‌های خنک کن دارای محدودیت می‌باشد. مناطق مرطوب، مناطق کم آب، مناطق با هوای غبار آلود و مناطق دارای آب با املاح بالا چهار منطقه‌ای هستند که استفاده از برج خنک کن در آنها توصیه نمی‌شود. لذا در استفاده از سیستم‌های CCHP باید به این مساله توجه کرد. البته با تمهیداتی می‌توان این مشکل را در این سیستم‌ها رفع نمود.



شکل ۶ سهم هر استان از سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت [۱۹]



شکل ۷ سهم هر کدام از شرکت‌های تولیدکننده محرک‌های رفت و برگشتی در ایران [۱۹]

مشخصات کامل سه نمونه از پروژه‌های انجام شده داخل کشور که مجهز به سیستم CCHP می‌باشند، در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶ پروژه‌های انجام شده در زمینه CCHP در ایران [۱۹]

ردیف	شهر	محل اجرا	محرک اولیه	محرک سرمایش	محرک ثانویه	راندمان ژنراتور برق	ظرفیت ژنراتور برق (کیلووات)	ظرفیت سرمایی (کیلووات)	راندمان کل (سرمایش و الکتریسیته)
۱	کیش	نیروگاه	توربین‌گاز	چیلر جذبی دو اثره	بخار خروجی از مبدل	۲۸٪	۳۶۰۰۰	۱۷۵۸۰	۸۱٪
۲	مشهد	تجاری آکسون	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	دایرکت فایر و اگزاست و آب گرم	۳۹٪	۴۵۰۰	۵۲۷۴	۸۶٪
۳	رشت	بیمارستان ۱۶۰تختخوابی	موتورگازی	چیلر جذبی دو اثره	اگزاست و آب گرم	۳۶٪	۲۰۰۰	۲۴۶۱	۷۹٪

۶- ارائه مدل کسب و کار پیشنهادی واحدهای CCHP با توجه به دیدگاه حاکمیتی، مصرف‌کننده و تولیدکننده

یکی از مصارف عمده انرژی الکتریکی در داخل کشور در حوزه سرمایش بوده که در سالیان اخیر سهم قابل توجهی از بار پیک شبکه را به خود اختصاص داده است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته نزدیک به ۲۰ گیگاوات از میزان بار الکتریکی شبکه در اوج مصرف مرتبط با سیستم‌های سرمایشی بوده که تأمین این میزان مصرف حجم سرمایه گذاری‌های سنگینی را بر حوزه نیروگاهی، شبکه انتقال و سیستم توزیع برق کشور، تحمیل می‌نماید. از عوامل مهم در این افزایش بی‌رویه مصرف انرژی در حوزه سرمایش می‌توان به تغییر الگوی رفاه جامعه از استفاده از کولرهای سرمایش تبخیری به سمت سیستم‌های تراکمی با افزایش ۲۰۰ الی ۴۰۰ درصدی مصرف انرژی الکتریکی، عدم تولید محصولات سرمایش تراکمی با رده انرژی مناسب در داخل کشور، ورود حجم قابل توجهی کالای قاچاق

(کولرهای گازی تبرید تراکمی) به داخل کشور که عملاً نظارت خاصی بر میزان مصرف انرژی آن‌ها وجود ندارد و همچنین عدم تنظیم د مای مناسب محیط‌های عمومی، اداری و حتی منازل در فصل گرم اشاره کرد. با عنایت به موارد فوق دو راه حل اساسی به منظور رفع مشکل تشریح شده پیشنهاد می‌گردد.

الف) صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی با تنظیم مناسب دمای محیط و همچنین بکارگیری تجهیزات با راندمان انرژی بالا

ب) توسعه روش‌های تأمین برودت به سمت بهره برداری از منابع اتلافی انرژی و همچنین استفاده از منابع انرژی که کشور در تأمین آن دارای مزیت نسبی می‌باشد که گاز طبیعی از جمله این موارد می‌باشد.

- مزیت‌های واحدهای CCHP با توجه به دیدگاه حاکمیتی، مصرف‌کننده و تولیدکننده

مزیت‌های سیستم‌های CCHP از دیدگاه حاکمیتی، مصرف کننده و تولید کننده در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۷ مزیت‌های سیستم‌های CCHP

مزیت‌های سیستم‌های CCHP از دیدگاه حاکمیتی
۱- کاهش مصرف انرژی با توجه به تولید همزمان حرارت و برودت و توان الکتریکی از یک منبع انرژی فسیلی
۲- جلوگیری از خروج ارز از کشور به واسطه بومی سازی قطعات اصلی سامانه
۳- ایجاد اشتغال پایدار در صورت توسعه حوزه کسب و کار جدید
۴- جلوگیری از خاموشی شبکه بدلیل کاهش بار برودتی شبکه در فصول گرم
۵- کاهش شدت مصرف انرژی مطابق اسناد بالادستی
۶- کاهش پیک بار ۲۰۰ ساعته شبکه در اثر برودت (بخصوص در مناطق گرم و خشک)
۷- تقویت زیرساخت‌های شبکه بدلیل تزریق برق به شبکه سراسری مانند پست های فشار ضعیف و فشار متوسط
مزیت‌های سیستم‌های CCHP از دیدگاه مصرف کننده
۱- دستیابی به منبع انرژی الکتریکی و برودت باکیفیت مطلوب و بدون نوسان
۲- استقلال از شبکه سراسری برق و به طبع آن تأمین و عرضه پایدار یوتیلیتی
۳- قرارگرفتن در اولویت‌های نهایی قطع برق و گاز از شبکه سراسری
۴- افزایش ضریب پدافند غیرعامل بدلیل افزایش منابع ورودی‌های جریان انرژی
۵- پایداری روند تولید و عدم توقف آن بدلیل استقلال از شبکه در صورت نیاز
مزیت‌های سیستم‌های CCHP از دیدگاه تولید کننده
۱- اهمیت تولید موتورهای مگاواتی به عنوان محرک صنعت کشور در حوزه تولید مقیاس پراکنده، حمل و نقل دریایی و ریلی.
۲- عدم وابستگی به واردات موتورهای مگاواتی که اکثرا یا تولید کمپانی‌های آمریکایی بوده و یا دارای یک سهام دار آمریکایی می‌باشند.
۳- عدم نیاز به واردات قطعات حساس موتور مگاواتی که هم اکنون با سختی و دشواری تأمین می‌گردد.
۴- بومی‌سازی قطعات سیستم استحصال حرارت و سیستم کنترلی و همچنین توانمندی یکپارچه سازی که تاکنون در درصد بالایی صورت گرفته است.
۵- طراحی و ساخت و بومی سازی چیلرهای جذبی با راندمان بالا به منظور بهره برداری از انواع منابع حرارت استحصالی.

- مسئولیت‌های مورد انتظار در این حوزه کسب و کار (CCHP) از دیدگاه حاکمیتی، مصرف‌کننده و تولیدکننده

مسئولیت‌های مورد انتظار در این حوزه کسب و کار (CCHP) از دیدگاه حاکمیتی، مصرف کننده و تولید کننده موضوع مهمی می‌باشد که بخشی از آن در جدول ۸ پیشنهاد شده است.

جدول ۸ مسئولیت‌های مورد انتظار در این حوزه کسب و کار CCHP

مسئولیت‌های مورد انتظار از دیدگاه حاکمیتی
۱- تأمین گاز نیروگاهی با تعرفه ۵۰ ریال به ازای هر متر مکعب در کاربرد تزریق کامل برق به شبکه سراسری
۲- تأمین گاز با تعرفه خود تأمینی ۵۰۰ ریال به ازای هر متر مکعب برای واحدهای تأمین کننده برق خود
۳- وضع تعرفه مناسب برای واردات تجهیزات اصلی واحدهای تولید همزمان حرارت، برودت و توان الکتریکی (CCHP) شامل موتور گازسوز، مبدل و چیلرهای جذبی به صورتی که در ابتدا از شکل گیری کسب و کار حمایت شود و در ادامه از بومی سازی و تولید داخلی قطعات اصلی حمایت شود.
۴- ارائه تسهیلات ارزان قیمت به منظور توسعه واحدهای تولید همزمان حرارت، برودت و توان الکتریکی (CCHP) در مناطق مستعد کشور (به خصوص نواحی گرم و خشک)
۵- قرار دادن پروژه‌های تولید همزمان حرارت، برودت و توان الکتریکی (CCHP) در لیست پروژه‌های تحت پوشش پروژه ارتقاء راندمان موتورخانه‌های مسکونی و اداری شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت
۶- افزایش تعرفه گاز واحدهای مسکونی و اداری دارای چیلر های

جذبی در فصول گرم (هم اکنون این عدد بالاتر می‌باشد) به منظور تشویق به تغییر سیستم به سامانه تولید همزمان حرارت، برودت و توان الکتریکی (CCHP)
مسئولیت‌های مورد انتظار از دیدگاه مصرف کننده
۱- تأمین منابع مالی اولیه و تعهد بازپرداخت تسهیلات تعلق گرفته ۲- اعتماد به تجهیزات تولید داخل در صورت اخذ استانداردهای لازم ۳- بهره برداری از تجهیزات طبق استانداردهای موجود در شبکه ۴- تعمیرات و نگهداری تجهیزات طبق دستور العمل های سازنده
مسئولیت‌های مورد انتظار از دیدگاه تولید کننده
۱- تأمین و طراحی موتورهای گازسوز و قطعات حساس آن با راندمان‌های مورد پذیرش وزارت نیرو (در این زمینه می‌توان طبق آیین‌نامه‌ای تا یک دوره ۵ ساله تخفیفات مناسبی در راندمان انرژی الکتریکی تولیدی به تولید کننده داخلی ارائه نمود) ۲- طراحی و ساخت تجهیزات استحصال حرارت و ادوات کنترلی مربوطه ۳- طراحی و ساخت چیلرهای جذبی راندمان بالا

- متولیان و ذی نفعان حوزه کسب و کار CCHP

از متولیان و ذی نفعان حوزه کسب و کار CCHP می‌توان به بخش‌های ذیل اشاره کرد.

- شرکت ملی گاز ایران (تأمین گاز ورودی به نیروگاه تولید همزمان حرارت، برودت و توان الکتریکی (CCHP)
- شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور (گاز صرفه جویی شده در واحدهای تولید همزمان حرارت، برودت و توان الکتریکی (CCHP)
- سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق (ساتبا) (کاهش مصرف برق برودتی)
- سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران (تولید داخل تجهیزات)
- دانشگاه‌های صنعتی کشور (حوزه دانشی مبحث)
- بخش خصوصی دانش بنیان (تولید قطعات حساس)
- بخش خصوصی (کسب و کار حوزه مورد بررسی)

- ارائه بسته‌های سیاستی کسب و کار در حوزه CCHP

ارائه بسته سیاستی کسب و کار در حوزه CCHP نیز موضوع مهمی است و در این خصوص می‌توان به مواردی مانند ارائه بسته حمایتی از محصولات تولیدی داخل کشور، ارائه بسته‌ی حمایتی در قالب تسهیلات، ارائه بسته‌ی حمایتی تعرفه خرید برق تضمینی واحدهای تولید همزمان حرارت، برودت و توان الکتریکی (CCHP)، ارائه بسته‌ی حمایتی تعرفه گاز طبیعی ورودی واحدهای تولید همزمان حرارت، برودت و توان الکتریکی (CCHP) و تدوین نقشه راه حوزه CCHP در کشور (بخش کسب و کار) اشاره کرد.

۷- جمع بندی

با بررسی کارهای صورت گرفته در زمینه سیستم‌های CCHP در ایران می‌توان موارد ذیل را به عنوان جمع‌بندی کار اشاره کرد:

- یکی از مصارف عمده انرژی الکتریکی در داخل کشور در حوزه سرمایش بوده که در سالیان اخیر سهم قابل توجهی از بار پیک شبکه را به خود اختصاص داده است. استفاده از سیستم-های CCHP می‌تواند کمک زیادی در خصوص کاهش مصرف برق ایجاد نماید. توسعه ضریب پدافند غیر عامل (عدم وابستگی به انرژی الکتریکی شبکه) از دیگر مزایای این سیستم می‌باشد.
- بررسی کارهای واقعی انجام شده نشان می‌دهد که محرک اولیه در بیشتر سیستم‌های موجود در ایران موتورهای رفت و برگشتی گازسوز می‌باشد.
- بررسی کارهای واقعی انجام شده نشان می‌دهد که محرک ثانویه در بیشتر سیستم‌های موجود در ایران چیلرهای جذبی می‌باشد.
- در خصوص توانمندی و بومی‌سازی سیستم‌های CCHP در ایران، می‌توان به قابلیت بالای شرکت‌های داخلی در ساخت و تولید هر کدام از بخش‌های این سیستم شامل موتور گازسوز، مبدل حرارتی، ژنراتور، ترانسفورماتور، چیلر جذبی و .... اشاره کرد.
- ارائه بسته سیاستی کسب و کار در حوزه CCHP نیز موضوع مهمی است که باید مورد توجه قرار گیرد.

۸- تقدیر و تشکر

بدینوسیله از حمایت‌های مالی و معنوی شرکت توانیر و پژوهشگاه نیرو در انجام این تحقیق قدردانی می‌گردد.

۹- مراجع

[1] Kang, L., Wu, X., Yuan, X., Ma, K., Wang, Y., Zhao, J., An, Q., Influence analysis of energy policies on comprehensive performance of CCHP system in different buildings, *Energy*, Volume 233, (2021).

[2] Pirkandi, j., Joharchi, AM., Ommian, M., Thermodynamic and exergic modelling of a combined cooling, heating and power system based on solid oxide fuel cell, *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, Vol 13 (4), pp. 6088-6111, (2019).

[3] Salimi, M., Hosseinpour, M., Mansouri, Sh. and N.Borhani, T., Environmental Aspects of the Combined Cooling, Heating, and Power (CCHP) Systems: A Review, *Processes*, Vol 10(4), (2022).

[4] Liu, M., Shi, Y., and Fang, F., Combined cooling, heating and power systems: A survey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 35, pp. 1-22, (2014).

[5] Ahmadi, G., Toghraie, D., and Akbari, O., Energy, exergy and environmental (3E) analysis of the existing CHP system in a petrochemical plant, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 99, pp. 234-242, (2019).

[6] Asadi, R., Assareh, E., Moltames, R., Olazar, M., Nedaei, M. and Parvaz, F., Optimisation of combined cooling, heating and power (CCHP) systems incorporating the solar and geothermal energy: a review study, *International Journal of Ambient Energy*, Vol 43, pp. 42-60, (2022).

[7] Bagherian, M.A., Mehranzamir, K., Beiranvand Pour, A., Rezania, Sh., Taghavi, E., Nabipour-Afrouzi, H., Dalvi-Esfahani, M., and Alizadeh, S.M., Classification and Analysis of Optimization Techniques for Integrated Energy Systems Utilizing Renewable Energy Sources: A Review for CHP and CCHP Systems, *Processes*, Vol 9, (2021).

[8] Norouzi, N., Peydayesh, Y., Talebi, S., Fani, M., CHP coupled with a SOFC plant, *Hybrid Power Cycle Arrangements for Lower Emissions*, CRC Press, pp. 93-115, (2022).

[9] Wilberforce, T., Olabi, A.G., TahaSayed, E., Elsaid, Kh., Maghrabie, H.M., Abdelkareem, M.A., A review on zero energy buildings – Pros and cons, *Energy and Built Environment*, Vol 4, pp. 25-38, (2023).

[10] Pirkandi, J., Ommian, M., Thermo-Economic Operation Analysis of SOFC–GT Combined Hybrid System for Application in Power Generation Systems, *Journal of Electrochemical Energy Conversion and Storage*, Vol 16 (1), pp. 1-12, (2019).

[11] Mancarella, P., and Chicco, G., Assessment of the greenhouse gas emissions from cogeneration and trigeneration systems. Part II: Analysis techniques and application cases, *Energy*, Vol. 33(3), pp. 418-430, (2008).

[12] Caterpillar, https://www.cat.com/en_MX.html, (2019).

[13] Rolls-Royce, MTU Onsite Energy showcases biogas cogeneration modules at Agritechnica, (2019).

[14] COGEN Europe, COGEN europe national snapshot survey, (2016).

[15] Chen W.D. and Chua K.J., A novel and optimized operation strategy map for CCHP systems considering optimal thermal energy utilization, *Energy*, Vol 259, (2022).

[16] Cogeneration Observatory and Dissemination Europe (CODE), European Summary Report on CHP support schemes – a comparison of 27 national support mechanisms, (2019).

[17] Capstone Turbine Corporation, https://www.capstoneturbine.com/, (2019).

[18] BROAD DISTRIBUTED ENERGY CASE STUDIES," https://www.broadeu.com/en, (2019).

[19] IranCHP, http://www.irancchp.ir/, (2019).