نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

امکان سنجی استفاده از سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت (CHP) در صنایع وابسته به کشاورزی؛ مطالعه موردی کشتارگاه

عرفان خسروانی مقدم[۱]، محمد شریفی[۲*]، اسدالله نمازی‌فر[۱]

۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

ایمیل مکاتبه کننده: m.sharifi@ut.ac.ir

چکیده

فناوری تولید همزمان برق و حرارت فرصتی برای کاهش مصرف انرژی اولیه (سوخت نیروگاه) و کاهش هزینه می باشد. با استفاده از این فناوری در واحدهای صنعتی، می توان به صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش مسائل زیست محیطی و درآمدزایی برای واحدهای صنعتی دست یافت. در این پژوهش امکان استفاده از این فناوری در واحد صنعتی کشتارگاه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که استفاده از فناوری تولید همزمان برق و حرارت در کشتارگاه سبب کاهش تولید ۳۸/۳ تن کربن دی اکسید، کاهش انرژی مصرفی به میزان ۲۸۳۸۲۶ مگاژول و ۲۶۹۶۰ کیلو وات ساعت و سود ماهیانه ۱۲/۶ میلیون تومان می شود.

واژه‌های کلیدی: تولید همزمان برق و حرارت، صرفه جویی انرژی، امکان‌سنجی

مقدمه

مرغ گوشتی به دلیل رشد سریع، سهولت تغذیه، رشد در فضای بسته، تراکم و ضریب تبدیل غذایی پایین نسبت به سایر محصولات پروتئینی و همچنین دارا بودن مواد مورد نیاز بدن انسان از مزایای خاصی برخوردار است.

طی دهه‌های گذشته، گوشت مرغ به عنوان یک محصول دامی، سریع‌ترین رشد را از نظر تولید، مصرف و تجارت گوشت در جهان داشته و به همین دلیل توجه دولتمردان را به ارزش و اهمیت این ماده غذایی جلب کرده است. یکی از مسائل مورد توجه در فرآیند تولید مرغ گوشتی که سبب افزایش قیمت مرغ می‌شود، هزینه بالای کشتارگاه‌های صنعتی برای کشتار مرغ است. با توجه به آمار و اطلاعات وابسته به تولید گوشت مرغ، میزان تولید گوشت مرغ در کشور، حدود ۱۷۸۳۴۰۰ تن در سال ۱۳۹۰ بوده است (بی نام، ۱۳۹۰) که با توجه به این آمار، اهمیت صنعت کشتارگاه مرغ

نمایان می‌شود. صنعت پرورش مرغ گوشتی از صنایعی است که توانسته از کشاورزی سنتی فاصله بگیرد وبه سمت مدرن و صنعتی شدن پیش رود و هم اکنون به صنعتی عظیم و با قابلیت رقابت با رقبای خارجی تبدیل شده است. یکی از روش‌های افزایش سود دهی و دست یابی به قیمت تمام شده پایین تر، کاهش سهم هزینه نهاده‌ها در امر تولید است. در کشتارگاه های صنعتی، به عنوان صنایع فرآوری وبسته بندی کشاورزی، انرژی الکتریکی و نیاز گرمایی بالا نقش تعیین کننده ای در قیمت تمام شده محصول دارد؛ در این پژوهش سعی بر آن است تا با ارائه ی راهکاری جدید جهت تامین انرژی های مورد نیاز کشتارگاه‌های صنعتی مرغ، دستیابی به سه هدف کاهش مصرف انرژی؛ کاهش قیمت تمام شده محصول و کاهش آلایندگی زیست محیطی به صورت همزمان امکان پذیر شود.

تولید همزمان برق و حرارت

بازده یک مولد برق در حدود ۳۵٪ و متوسط راندمان یک بویلر ۹۰٪ است. سامانه تولید همزمان برق و حرارت[1] (CHP) بیشترین بهره وری در مصرف انرژی سوخت را دارد؛ به گونه‌ای که یک سامانه تولید همزمان برق و حرارت با تولید همزمان این محصولات راندمانی بیش از ۸۵٪ دارد. یعنی راندمان الکتریکی آن حدود ۳۵٪ و راندمان حرارتی (منظور از راندمان حرارتی عبارت است از انرژی حرارتی تولید شده به انرژی سوخت مصرفی) ۵۰٪ است و در مقایسه با سامانه های مشابه که مجزا هستند ۲۰٪ سوخت کمتری مصرف می کنند. شایان ذکر است که وزارت نیرو در سال‌های اخیر تمایل زیادی به افزایش سهم بخش خصوصی در صنعت برق داشته است که این پروژه‌ها می‌تواند راهی برای دستیابی به این هدف باشد (میری و همکاران، ۱۳۸۳).

این فناوری فرصتی برای کاهش مصرف انرژی اولیه (سوخت نیروگاه) و کاهش هزینه می باشد در حالی که میزان انرژی الکتریکی و حرارتی مطلوب نیز تولید می شود. مقایسه تعادل انرژی یک سامانه تولید مشترک و سامانه تولید توان و بخار متداول نشان داد که سامانه تولید توان و بخار متداول ۴۰٪ انرژی اولیه بیشتری نسبت به سامانه تولید مشترک حرارت و توان برای تولید انرژی یکسان نیاز دارد (میری و همکاران، ۱۳۸۳).

سوخت سامانه‌های تولید همزمان برق و حرارت

بیومس (مواد صنعتی، سبزی‌ها و هدر رفت‌های کشاورزی) یا بیوگاز (متان تولیدی از تجزیه هوازی یا بی هوازی بیومس) می تواند به عنوان ماده اولیه و سوخت در سامانه تولید همزمان CHP مورد استفاده قرار گیرد. در حال حاضر با توجه به ارزش بالای سوخت‌های فسیلی، استفاده از سوخت‌های ذکر شده می‌تواند به عنوان یک فرصت ممتاز در

[1]. Combination Heat and Power

پیشرفت‌های صنعتی مورد توجه قرار گیرد و از طرف دیگر می‌توان به مزیت‌های تجدیدپذیری و پاک‌سازی محیط زیست نیز با آن نگریست.

جهان و بحران انرژی و حفظ محیط زیست

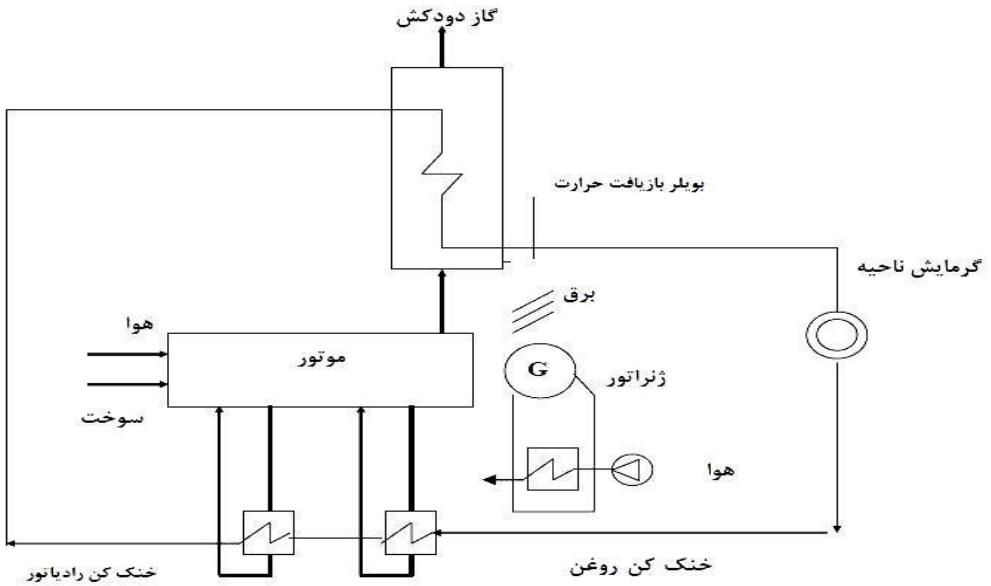
راندمان بالای واحدهای تولید همزمان، این واحدها را به عنوان راه حلی قابل قبول برای تبدیل انرژی مطرح نموده است. همچنین بازدهی بالای این واحدها، باعث می‌شود تولید دی اکسید کربن و سایر آلاینده‌ها نظیر ترکیبات گوگردی و اکسیدهای نیتروژن کاهش یابد. از سوی دیگر در کشورهایی که قوانین سخت‌گیرانه زیست محیطی در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

استفاده از انرژی فسیلی با راندمان بالا می‌تواند موجب کاهش آلاینده‌های زیست محیطی گردد؛ استفاده از این سامانه انتشار کربن دی اکسید را به ۲۴۰گرم به ازای کیلو وات ساعت تولید می‌رساند در حالی که استاندارد جهانی برای تولید برق ۴۹۰گرم کربن دی اکسید بر کیلو وات است. بنابراین انتشار این آلاینده با استفاده از سامانه تولید همزمان به کمتر از نصف استاندارد کاهش می‌یابد؛ به علاوه در این سامانه به دلیل نزدیکی به محل مصرف تلفات انتقال نزدیک به صفر است (امین صالحی و همکاران، ۱۳۸۸).

مواد و روش‌ها

تعریف مسئله

در این پژوهش امکان سنجی استفاده از تولید همزمان برق و حرارت در یک کشتارگاه صنعتی واقع در بروجرد مورد مطالعه قرار گرفت. ظرفیت اسمی تولیدی این کشتارگاه چهار هزار قطعه بر ساعت بود که با میانگین وزن ۲/۵ کیلوگرم برای هر قطعه، ظرفیت آن ۱۰ تن بر ساعت می‌شود و سعی براین است تا با تولید برق و گرمای مورد نیاز کشتارگاه مذکور از طریق فناوری تولید همزمان، تا آنجا که ممکن است از هدر رفت انرژی و اتلاف سرمایه و تخریب محیط زیست جلوگیری شود.

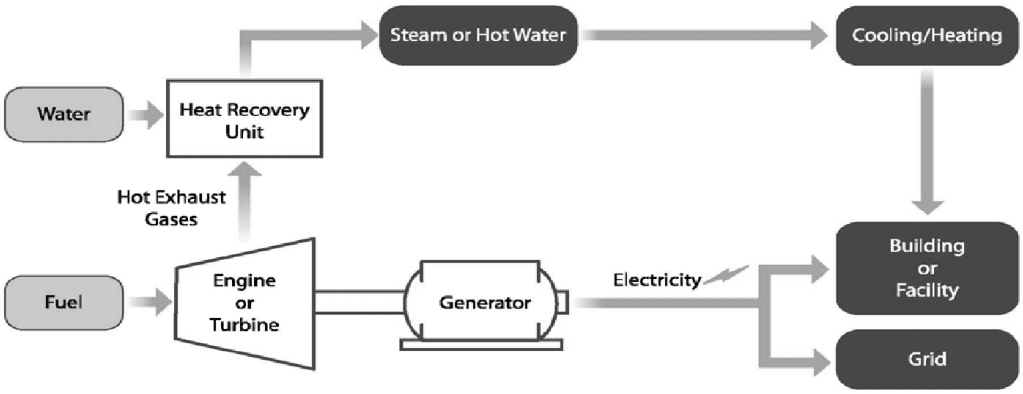


شکل ۱- نمایش یک موتور رفت و برگشتی درونسوز به عنوان منبع توان گردش توربین

نیروگاه‌های مجهز به موتورهای رفت و برگشتی

این روش نیز مشابه روش تولید همزمان در نیروگاه‌هاي گازي است؛ با این تفاوت که به جاي توربین گاز از موتورهاي درونسوز رفت و برگشتي استفاده مي‌شود. در نیروگاه‌هایي که از موتورهاي رفت و برگشتي استفاده مي‌کنند، حرارت مي‌تواند از روغن موتور یا آب خنك کن موتورها از حرارت گازهاي خروجي از اگزوز بازیافت شود.

بازده الکتریکي موتورهاي رفت و برگشتي بین ۳۵ تا ٤۲% است و اگر در اثر قوانین زیست محیطي لازم باشد اکسیدهاي نیتروژن به میزان زیادي کاهش پیدا کند این راندمان ۱% کاهش مي‌یابد. با توجه به اینکه موتورهاي پیشرفته، دماي کمتري در گازهاي خروجي از اگزوز دارند، بازیافت حرارت فقط مي‌تواند به صورت بخار باشد. مثلاً یك موتور دیزل ٤/۲ مگاواتي مي‌تواند ۱/٥ مگاوات بخار و ۳/۱ مگاوات آب گرم و داغ تولید کند. با توجه به اینکه کل مصرف سوخت براي این موتور حدود ۱۰ مگاوات خواهد بود، بازده کل مجموعه حدود ۸۸% مي‌باشد(Compernolle et al., 2011).



شکل ۲- شمای کلی یک سامانه تولید همزمان برق و حرارت(CHP)

موتورهای رفت و برگشتی گاز سوز از جمله قدیمی ترین سامانه‌های تولید قدرت محسوب می‌شوند که در تمامی بخش‌های صنعتی کاربرد وسیعی یافته اند. این سامانه‌ها مقرون به صرفه‌ترین سامانه‌های تولید برق می‌باشند که در ظرفیت‌های مختلف از چند کیلووات تا چند مگاوات ساخته می‌شوند. فقط باید توجه داشت که برای باقی ماندن در حالت حداکثر بازدهی باید دقت ویژه‌ای به بخش نگه‌داری و تعمیرات شود.

برای انتخاب مناسب حالت عملکرد و اندازه محرک اولیه، بارهای حرارتی و الکتریکی واحد مورد مطالعه را باید به دست آورد. برای اینکه بیشترین حالت همخوانی به دست آید، احتیاج به اطلاعات مربوطه بر اساس ساعات روز، ماهانه و سالانه می‌باشد. بارهای پایه حداقل بارهایی هستند که در خلال سال وجود داشته و پایه یا کف را برای بارهای کلی نشان می دهند. غالباً اندازه سامانه‌های تولید مشترک را به گونه ای انتخاب می‌کنند که تنها بارهای پایه را تأمین کند. در این حالت بویلرهای کمکی می‌توانند بارهای اضافی مورد نیاز در خلال روزهایی که بارهای حرارتی از بار پایه تجاوز می کند را تأمین نمایند.

اطلاعات مهم جهت پاسخ به مسئله

این واحد صنعتی با مصرف ماهیانه ۲۲۰۰۰ لیتر گازوئیل جهت مصارف گرمایشی و مصرف ماهیانه ۲۶۹۶۰ کیلو وات ساعت برق، میزان انرژی زیادی را مصرف میکند که با محاسبات صورت گرفته می‌تواند تمام انرژی مورد نیاز خود را با راه اندازی یک واحد ۵۰۰ کیلو واتی تولید همزمان تامین کند. از این رو کل گرمای مورد نیاز این واحد نزدیک به ۲۵۵ هزار ژول است که یک واحد تولید همزمان می‌تواند با راندمان۳۵٪ کل این انرژی را از طریق۱۴۶۰۰لیتر گازوئیل تامین کند و در کنار آن چیزی نزدیک به سه برابر نیاز الکتریکی را نیز تولید می‌نماید. بدیهی است که طبق جدول(۱)، این میزان مصرف گازوئیل از میزان سهمیه دولتی واحد کشتارگاه کمتر است و نیاز به خرید گازوئیل آزاد ندارد.

جدول ۱- اطلاعات واحد صنعتی کشتارگاه

نهاده‌های ورودی		میزان مصرف	هزینه کل
گازوئیل(لیتر)	سهمیه دولتی	۱۸۰۰۰	۳.۲۴۰.۰۰۰
	آزاد	۴۰۰۰	۲.۰۰۰.۰۰۰
برق(کیلو وات ساعت)		۲۶۹۶۰	۵.۳۹۲.۰۰۰

نتایج و بحث

از دیدگاه صرفه جویی انرژی

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش در هر ماه ۲۸۳۸۲۶ مگاژول در مصرف انرژی و ۲۶۹۶۰ کیلو وات ساعت در مصرف برق شبکه برق محلی صرفه جویی می‌شود که با توجه به محدودیت منابع انرژی و میزان افت فشار برق در شبکه برق رسانی و اینکه این انرژی از منابع تجدید ناپذیر تامین می‌شود، استفاده از فناوری تولید همزمان می‌تواند گامی موثر در جهت کاهش مصرف سوخت و تامین آتیه‌ی نسل‌های آینده باشد.

از دیدگاه زیست محیطی

با توجه به افزایش روز افزون ورود گاز کربن دی اکسید و پدیده گرمایش جهانی، محاسبات نشان داد که استفاده از فناوری تولید همزمان، ماهیانه ۱۹/۵ و ۱۸/۸ تن کربن دی اکسید کمتری به ترتیب از طریق صرفه جویی در مصرف گازوئیل و برق وارد جو می‌شود و این میزان کاهش قابل توجه تولید کربن دی اکسید شروع راهی به سوی صنعت دوستدار محیط زیست و اقتصاد کم کربن باشد.

از دیدگاه اقتصادی

سومین امتیازی که برای فناوری تولید همزمان عنوان می شود، صرفهٔ اقتصادی آن است که شاید نتوان به قطع و یقین، مستقل از نظام اقتصادی و سیاسی کشورها در مورد آن نظر داد. قیمت حامل‌های انرژی، عادت مصرف انرژی مصرف کنندگان و نوع نظام اقتصادی در هر کشور اهرم‌های نیرومندی هستند که بر ملاحظات اقتصادی مصرف کنندگان این فناوری تأثیر جدی می‌گذارند. از دیدگاه اقتصادی با خرید یک فناوری تولید همزمان، جریانی از درآمدها و هزینه ها برای واحد مصرف کننده شکل می‌گیرد. سرمایه گذاری اولیه و قیمت تمام شده نصب دستگاه در ابتدای امر، هزینه سالیانه تعمیر و نگهداری دستگاه و هزینه سوخت مصرفی رایجترین هزینه های دستگاه هستند که برای هر سیستم دیگری قابل بیان است. از این رو با توجه به نتایج به دست آمده در جدول(۲)، سود واحد کشتارگاه در اثر استفاده از این دستگاه، ۱۲/۶ میلیون تومان در ماه و ۱۵۱/۶ میلیون تومان در سال است که با توجه به قیمت فناوری تولید همزمان، متناسب با این واحد صنعتی کشتارگاه که حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلیون تومان هزینه دارد، بازگشت سرمایه ۵ تا ۶ سال است. همچنین متوسط عمر

این دستگاه ۱۵ سال است(Zapata Riveros et al, 2015) که از سال ششم به بعد برای واحد کشتارگاه سوددهی به همراه دارد. از طرفی دیگر با توجه به مزایای زیست محیطی و صرفه جویی انرژی، امکان پشتیبانی دولتی در این زمینه و پرداخت وام نیز وجود دارد.

جدول۲- نتایج محاسبات

انرژی	میزان مصرف گازوئیل صرفه جویی شده(مگا ژول)		۲۸۳۸۲۶
	میزان مصرف برق صرفه جویی شده(کیلو وات ساعت)		۲۶۹۶۰
زیست محیطی	میزان کربن دی اکسید تولیدی از مصرف گازوئیل صرفه جویی شده(تن)		۱۹/۵
	میزان کربن دی اکسید تولیدی ار مصرف برق صرفه جویی شده(تن)		۱۸/۸
اقتصادی	هزینه صرفه جویی شده(میلیون تومان)	هزینه برق	۵/۳۹۲
		هزینه گازوئیل	۲/۶
	درآمد(میلیون تومان)	فروش گازوئیل اضافی سهمیه دولتی به قیمت آزاد	۱/۰۶
		فروش برق تولیدی اضافه بر نیاز کشتارگاه	۳/۵۴۴

نتیجه‌گیری

در این پژوهش امکان استفاده از این فناوری در واحد صنعتی کشتارگاه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که استفاده از فناوری تولید همزمان برق و حرارت در کشتارگاه سبب کاهش تولید ۳۸/۳ تن کربن دی اکسید، کاهش انرژی مصرفی به میزان ۲۸۳۸۲۶ مگاژول و ۲۶۹۶۰ کیلو وات ساعت و سود ماهیانه ۱۲/۶ میلیون تومان می شود.

منابع و مآخذ

۱. بی‌نام. ۱۳۹۰، آمارنامه کشاورزی، جلد دوم. وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۴ – ۱۴۰.

۲. میری، م، بیانی، غ، زربخش، م. ۱۳۸۳، مقدمه ای بر سیستم های تولید برق و حرارت. سازمان بهره وری انرژی ایران، وزارت نیرو.

۳. امین صالحی، ف، عبدلی، م. ۱۳۸۸. ضرورت توسعه نیروگاه‌های تولید همزمان برق و حرارت بیوگاز سوز در کشور. نشریه انرژی ایران. سال دوازدهم. شماره ۳۰.

4. Compernolle, T., Witters, N., Van Passel, S., & Thewys, T. 2011. Analyzing a self-managed CHP system for greenhouse cultivation as a profitable way to reduce CO 2-emissions. Energy, Vol 36(4), 1940-1947.
5. Zapata Riveros. J., Donceel. R., Van Engeland. J., D'haeseleer. W. 2015. A new approach for near real-time micro-CHP management in the context of power system imbalances – A case study, Energy Conversion and Management. Vol 89, 270–280.

نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

Feasibility of using combination heat and power systems (CHP) in agriculture-related industries Case Study slaughterhouse

Abstract

Combined heat and power production technology is an opportunity to reduce primary energy consumption and the cost. Using this technology in industrial units, you can save energy and reduce environmental issues and found generate income for industrial units. In this study, the use of this technology was evaluated in the industrial slaughterhouse. The results showed that the use of combined heat and power production system in slaughterhouses, reduces 3/38 tons of carbon dioxide, 283,826 MJ and 26,960 kWh of energy consumption and the monthly income is Rs 12.6 million.

Keywords: Combination heat and power, Energy saving, Feasibility