

بازیابی گرمای اتلافی گازهای خروجی و آب خنک‌کن یک موتور دیزل با استفاده از چرخه فوق بحرانی دی‌اکسید کربن

مرتضی یاری
استاد - دانشگاه تبریز
myari@tabrizu.ac.ir

سید فرامرز رنجبر
استاد - دانشگاه تبریز
s.ranjbar@tabrizu.ac.ir

فرزاد محمدخانی
استادیار - دانشگاه ارومیه
f.mohammadkhani@urmia.ac.ir

شهرام خلیل‌آریا
استاد - دانشگاه ارومیه
sh.khalilarya@urmia.ac.ir

چکیده

موتورهای احتراق داخلی انتخاب نخست بسیاری از کاربردهای تولید توان امروزه تولید توان بر پایه موتور در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد کل تولید توان را در سراسر جهان تشکیل می‌دهد [۳]. موتورهای احتراق داخلی در واحدهای تولید توان مقیاس پایین و متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرند. محدوده توان این سیستم‌ها اغلب تابع سوختی است که در موتور استفاده می‌شود. این محدوده برای گاز طبیعی از ۵۰ kW تا ۱۰ MW، برای سوخت دیزل از ۵۰ kW تا ۵۰ MW و برای سوخت‌های نفتی سنگین از ۲/۵ MW تا ۵۰ MW می‌باشد [۵]. موتورهای احتراق تراکمی که با نام موتورهای دیزلی نیز شناخته می‌شوند به دلیل بازده بالایی که دارند در گستره وسیعی از کاربردها مورد استفاده قرار می‌گیرند و یک نوع اساسی از موتورهای احتراق داخلی هستند. کامیون‌ها، اتوبوس‌ها و بسیاری از ماشین‌آلات دیگر از موتورهای دیزلی دوربلا استفاده می‌کنند. همچنین موتورهای دیزلی در واحدهای کوچک و متوسط تولید توان مورد استفاده قرار می‌گیرند و تمایل به استفاده از این موتورها در واحدهای تولید توان در سال‌های اخیر رو به افزایش است. بازده این موتورها با افزایش ظرفیت موتور بیشتر می‌شود و محدوده آن در حدود ۳۰٪ برای موتورهای کوچک دوربلا و در حدود ۴۲٪ تا ۴۸٪ برای موتورهای بزرگ دورباین است. انتظار می‌رود در آینده‌ای نزدیک بازده این موتورها به ۵۲٪ برسد [۵]. مطابق مطالعات صورت گرفته موتورهای دیزلی بازده بالاتری در مقایسه با توربین‌های گازی معادل‌شان دارند [۶]. به دلیل افزایش آلاینده‌های زیست‌محیطی، کاهش سوخت‌های فسیلی و نیز افزایش قیمت سوخت، دولت‌ها و تولیدکنندگان موتورهای دیزلی در تلاش‌اند تا بازده موتورهای دیزلی را افزایش و مقدار آلاینده‌های منتشره از آن‌را کاهش دهند. به همین دلیل در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی برای بهبود عملکرد موتورهای دیزل صورت گرفته است. علی‌رغم تلاش‌های مطرح شده برای بهبود عملکرد موتورهای دیزلی، بخش بزرگی از انرژی شیمیایی سوخت در این موتورها از طریق گازهای خروجی، آب خنک‌کن، روغن روانکاری و تلفات اصطکاکی تلف می‌شود. عموماً در یک موتور دیزلی در حالت کارکرد در بار کامل ۳۰٪ انرژی سوخت ورودی توسط گازهای خروجی و ۲۵٪ آن از طریق آب خنک‌کن و روانکاری تلف می‌شود [۷]. این پتانسیل بالا امکان استفاده از فناوری‌های مختلف را برای بازیابی گرمای گازهای خروجی و آب خنک‌کن برای مصارف مختلف فراهم می‌کند.

موتورهای احتراق داخلی انتخاب نخست بسیاری از کاربردهای تولید توان مقیاس کوچک هستند. بخش بزرگی از انرژی سوخت در این موتورها عمدتاً از طریق گازهای خروجی و آب خنک‌کن تلف می‌شود. در این مطالعه یک چرخه فوق بحرانی دی‌اکسید کربن به منظور بازیابی همزمان گرمای گازهای خروجی و آب خنک‌کن یک موتور دیزل پیشنهاد شده است. ابتدا یک مدل صفربعدی برای موتور دیزل توسعه داده شده و شرایط گازهای خروجی و آب خنک‌کن و نیز پارامترهای عملکردی موتور محاسبه شده است. سپس تحلیل انرژی و انرژی فرآیند بازیابی گرمای اتلافی گازهای خروجی و آب خنک‌کن موتور توسط چرخه فوق بحرانی دی‌اکسید کربن انجام شده است. همچنین یک مطالعه پارامتری به منظور بررسی تاثیر پارامترهای مهم بر عملکرد ترمودینامیک سیستم انجام شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که چرخه پیشنهادی توان ۱۶/۴۶ kW را از بازیابی گرمای اتلافی یک موتور دیزل ۹۸/۹ کیلوواتی تولید می‌کند. بازده انرژی و انرژی فرآیند بازیابی گرما برابر ۱۵/۱۹ و ۴۰/۱۷٪ محاسبه شده است. همچنین مطالعه پارامتری نشان می‌دهد که در شرایط بررسی شده، توان تولیدی چرخه نسبت به حداکثر دمای آن مقدار بهینه دارد در حالیکه افزایش فشار بالای چرخه باعث کاهش توان تولیدی آن می‌شود.

کلمات کلیدی: موتور دیزل، چرخه فوق بحرانی دی‌اکسید کربن، بازیابی گرمای اتلافی، مدل صفر بعدی

مقدمه

تا قبل از سال ۱۹۷۰ میلادی اغلب نیروگاه‌های بزرگ بر پایه توربین بخار بودند. در آن زمان نیروگاه‌های هسته‌ای و برق‌آبی در محدوده توان بالای ۱۰۰۰ مگاوات مورد توجه بودند. همچنین توربین‌های گاز نیز در بخش‌های دولتی و خصوصی مورد استفاده قرار می‌گرفتند که اگرچه نسبت به نیروگاه‌های هسته‌ای و برق‌آبی کوچکتر بودند، از سیستم‌های تولید توان فعلی بزرگ بودند [۲۰]. سه دهه قبل تولید توان توسط موتورهای احتراق داخلی^۱ به شکل امروزی متداول نبود و بیشتر کاربرد موتورهای احتراق داخلی استفاده به عنوان سیستم پشتیبان در بیمارستان‌ها، فرودگاه‌ها، هتل‌ها و صناعی بود که نیاز مداومی به برق داشتند [۳]. زندگی مدرن امروزی قویاً به موتورهای احتراق داخلی بستگی دارد. علی‌رغم اینکه فناوری‌های جدیدی در سال‌های اخیر معرفی شده‌اند هنوز اغلب وسایل نقلیه از

² Spark Ignition (SI)

³ Compression Ignition (CI)

¹ Internal Combustion Engine (ICE)