نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

بررسی بازده انتقال حرارت چند نوع سامانه خنک‌کننده گازهای خروجی برگشتی موتور دیزل

سید سالار حسینی[۱] ، غلامحسن نجفی[۲*]، برات قبادیان[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳-دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

ایمیل مکاتبه کننده: najafi14@gmail.com

چکیده

استفاده از سیستم خنک‌کننده گازهای خروجی برگشتی یک روش مؤثر جهت کاهش آلاینده اکسیدهای نیتروژن می‌باشد.در تحقیق ارائه‌شده، چند نوع سامانه‌ی خنک‌کننده گازهای خروجی برگشتی موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار بازده‌ی انتقال حرارت به دلیل افزایش سطح تماس و مخلوط شدن بهتر در انواع پشته‌ای ۲۵-٤۰٪ بیشتر از انواع لوله‌ای می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بازده‌ی انتقال حرارت، موتور دیزل، نوع پشته‌ای، نوع لوله‌ای.

مقدمه

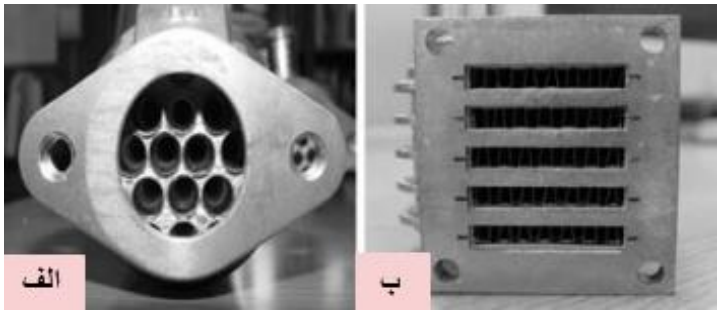
مطالعه سیر تکاملی موتورها، توجه به آلودگی هوا و اثر گلخانه‌ای نشان می‌دهد که موتورها در جهت حفظ محیط‌زیست، کاهش آلودگی و افزایش توان تولیدی رشد چشمگیری داشته‌اند. موتور دیزل به علت انتشار بعضی از آلاینده‌ها ازجمله NOx (اکسیدهای نیتروژن) وPM (ذرات معلق) خطر جدی برای سلامتی انسان‌ها و محیط‌زیست به‌حساب می‌آید (ژنگ و همکاران، ۲۰۰۲؛ ژان و همکاران،۲۰۰۸). تاکنون راهکارهای زیادی جهت کاهش آلاینده‌های موتور دیزل ارائه‌شده است (بریجش و همکاران، ۲۰۱۳؛ کیم و همکاران،۲۰۰۱). یکی از راهکارهای کاهش اکسیدهای نیتروژن برگشت دادن قسمتی از گاز خروجی موتور به ورودی می‌باشد. با توجه به اینکه گاز برگشت داده‌شده به ورودی موتور دارای دمای بالایی می‌باشد بنابراین این دمای بالا نمی‌تواند بیشینه‌ی دمای احتراق داخل سیلندر را کاهش دهد لذا برای اینکه دمای گازهای خروجی برگشتی به‌اندازه کافی خنک شود از سیستم خنک‌کننده گازهای خروجی برگشتی استفاده می‌کنند(کیم و همکاران، ۲۰۰۸). عوامل زیادی بر عملکرد سامانه خنک‌کننده گازهای خروجی برگشتی مؤثرند، ازجمله: هندسه سامانه خنک‌کننده، گرفتگی

لوله‌ها، سرعت گاز خروجی برگشتی، دمای مایع خنک‌کننده، دمای گاز خروجی برگشتی، پارامترهای شیمیایی و ...(جین و همکاران، ۲۰۱۲؛ ناجندرا و همکاران، ۲۰۰۸). در این تحقیق ٤ نوع سامانه خنک‌کننده گازهای خروجی برگشتی ازنظر بازده انتقال حرارت و اختلاف دما بین ورودی و خروجی گاز پس خوران موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

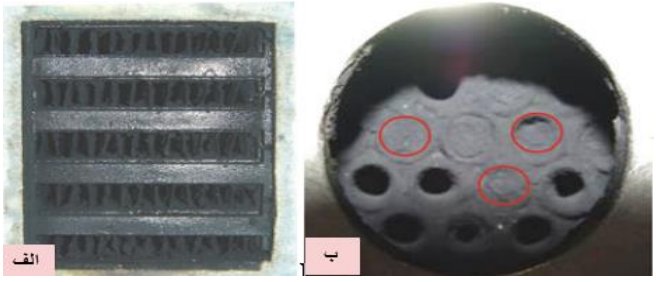
انواع سامانه خنک‌کننده‌های موردمطالعه

سامانه خنک‌کننده گازهای خروجی برگشتی که در این تحقیق موردبررسی قرار گرفت در شکل‌های (۱ و ۲) نشان داده‌شده است. همچنان که در شکل (۱) نشان داده‌شده است، ۲ نوع سامانه خنک‌کننده به نام‌های نوع لوله‌ای و نوع پشته‌ای جهت بررسی انتقال حرارت در نظر گرفته شد. نوع لوله‌ای شامل ۲۰ لوله مارپیچ با قطر ۸ میلی‌متر می‌باشد و همچنین دارای گام پیچ به‌اندازه‌ی ٦ میلی‌متر و طول ۱۵۰ میلی‌متر هست. نوع پشته‌ای ۱ مبدل صفحه‌ای پره دار هست که اندازه مرکز آن برابر ۷۰*٦۰ متر و طول آن ۲۰۰ میلی‌متر هست.



شکل ۱– نمای جلوی ۲ نوع سامانه خنک‌کننده گازهای خروجی برگشتی: الف: نوع لوله‌ای (۲۰*۸). ب: نوع پشته‌ای (٦۰*۷۰)(کیم و همکاران،۲۰۰۸)

همچنین در این تحقیق ۲ نوع سامانه خنک‌کننده‌ی دیگر به نام‌های نوع لوله‌ای (۳۱*٦) و نوع پشته‌ای (۷۰*٦۷) در نظر گرفته شد که نمای روبروی آن‌ها در شکل ۲ نشان داده‌شده است. نوع لوله‌ای شامل ۳۱ لوله مارپیچ با قطر ٦ میلی‌متر هست و همچنین دارای گام پیچ به‌اندازه‌ی ٦ میلی‌متر و طول ۱۵۰ میلی‌متر هست. نوع پشته‌ای ۱ مبدل صفحه‌ای پره دار هست که اندازه مرکز آن برابر ۷۰*٦۷ میلی‌متر و طول آن ۲۰۰ میلی‌متر هست.



شکل ۲– نمای جلوی ۲ نوع سامانه خنک‌کننده گازهای خروجی برگشتی: الف: نوع لوله‌ای (۳۱*٦). ب: نوع پشته‌ای (۷۰*٦۷)(جانگ و همکاران ۲۰۱۱)

مشخصات موتور استفاده‌شده جهت آزمون خنک‌کننده‌ی گازهای خروجی برگشتی

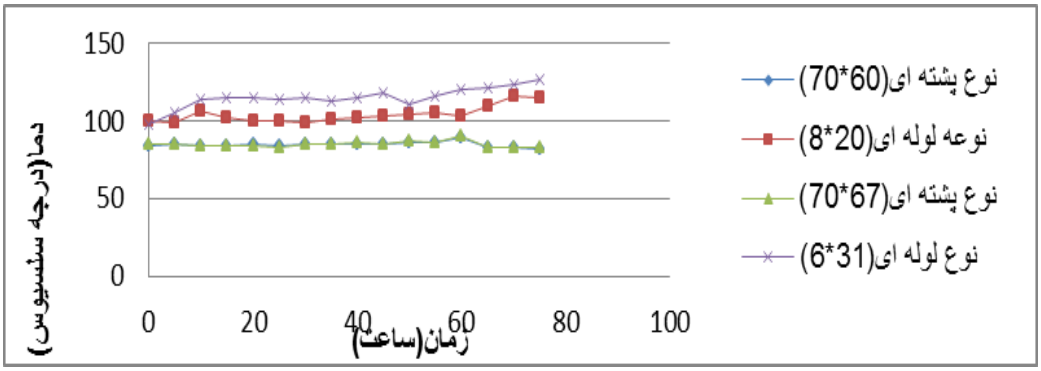
در این تحقیق از ۱ موتور ٤ سیلندر (هر سیلندر آن شامل ٤ سوپاپ بود)، حجم جابجایی ۱۹۹۱cc و نسبت تراکم ۱۷/۷ استفاده شد. برای انجام تحقیق دمای ورودی مایع خنک‌کننده بر روی ۸۰–۹۰ درجه سلسیوس تنظیم شد و دمای گاز در ورودی EGR COOLER ۱۳۰ تا ۱۵۰ در جه سلسیوس تنظیم شد و همچنین نرخ EGR بین ۲۰٪ تا ۳۰٪ تنظیم شد و نرخ جریان سیال ثابت در نظر گرفته شد. مشخصات موتور مورداستفاده جهت آزمون خنک‌کننده‌های گازهای خروجی برگشتی در جدول (۱) نشان داده‌شده است.

جدول ۱ – مشخصات موتور استفاده‌شده جهت آزمایش (جانگ و همکاران ۲۰۱۱)

توضیحات	مشخصات
حجم جابجایی (cc)	۱۹۹۱
نوع اندوکسیون	توربوشارژر
طول* قطر	۸۳*۹۲
بیشترین توان (ps/rpm)	۱۲۶÷۴۰۰۰
بیشترین گشتاور (kgf-m/rpm)	۲۹/۵÷۲۰۰۰
نوع EGR	خنک شده
نسبت تراکم	۱۷/۷

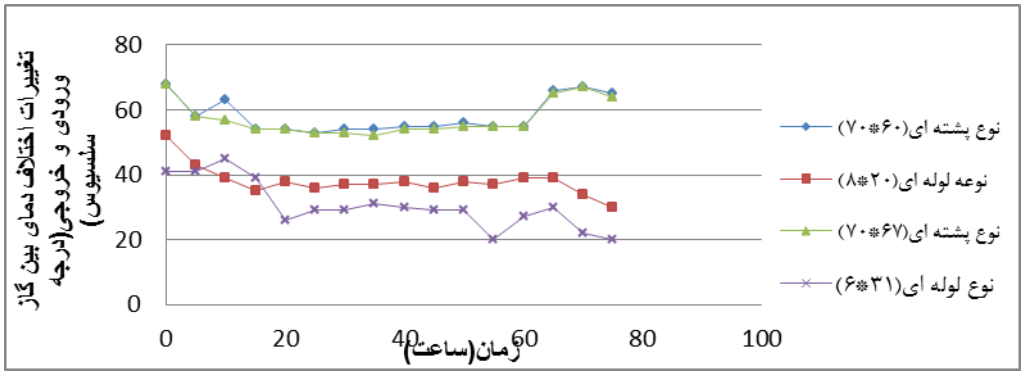
نتایج و بحث

شکل (۳) تغییرات دما در واحد زمان برای هر ٤ نوع خنک‌کننده گازهای خروجی برگشتی را نشان می‌دهد. در کل مقدار دمای گاز خروجی در هر ۲ نوع خنک‌کننده‌ی پشته‌ای کمتر از ۲ نوع لوله‌ای هست. دلیل این اتفاق این است که در نوع پشته‌ای پره‌ای تعدادی پره وجود دارد که این پره‌ها باعث مخلوط شدن بهتر گاز خروجی برگشتی می‌شود. درنتیجه مقدار انتقال حرارت افزایش می‌یابد؛ اما در ۲ نوع خنک‌کننده‌ی لوله‌ای مقدار دمای خروجی تا حدی باهم اختلاف دارند. با توجه به اینکه سطح داخلی لوله‌ها در نوع لوله‌ای (۲۰*۸) بیشتر از نوع لوله‌ای (۳۱*٦) است لذا سطح تماس گاز با مایع خنک‌کننده افزایش می‌یابد که باعث افزایش انتقال حرارت می‌شود؛ اما مقدار دمای خروجی در انواع خنک‌کننده‌های لوله‌ای بیشتر از انواع پشته‌ای هست.



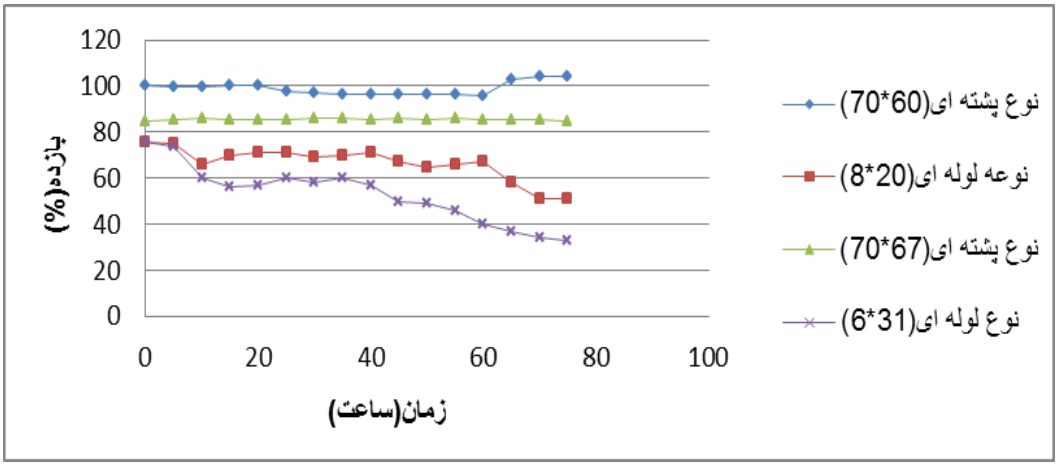
شکل ۳- تغییرات دمای خروجی گازهای خروجی برگشتی بازمان.

در شکل (٤) مقدار اختلاف دما بین ورودی و خروجی گازهای خروجی برگشتی نشان داده‌شده است. با وجه به شکل (٤) مشخص است که مقدار اختلاف دما بین ورودی و خروجی گازهای خروجی برگشتی در خنک‌کننده‌های نوع پشته‌ای بیشتر از ۲ نوع دیگر هست همچنین مقدار اختلاف دما در هر ۲ نوع پشته‌ای تقریباً یکسان هستند و ۱روند مشابهی را طی می‌کنند. همچنان که از روی شکل مشخص است با توجه به اینکه مقدار سطح تماس داخلی خنک‌کننده لوله‌ای نوع (٦*۳۱) کمتر از نوع (٦*۲۰) هست، لذا مقدار اختلاف دما در خنک‌کننده لوله‌ای نوع (٦*۳۱) کمتر از خنک‌کننده نوع (۸*۲۰) هست.



شکل ٤- تغییرات اختلاف دما بازمان بین ورودی و خروجی گازهای خروجی برگشتی.

در شکل (٥) مقدار انتقال حرارت در انواع خنک‌کننده‌ها نشان داده‌شده است. همچنان که از روی شکل مشخص است مقدار انتقال حرارت در ۲ نوع پشته‌ای حدود ۲۵-٤۰٪ از ۲ نوع لوله‌ای بیشتر است؛ و این روند انتقال حرارت صحت مقایسه‌های صورت گرفته در شکل ٤ و ٥ را تأیید می‌کند.



شکل ۵- تغییرات بازده خنک‌کننده‌ها بازمان

منابع و مآخذ

1. Brijesh, P. Sreedhara, S. 2013. Exhaust emissions and its control methods in compression ignition engines: a review. International Journal of Automotive Technology, Vol. 14, No. 2, pp. 195−206.
2. Jain, J.K. Hindoliya, D.K. 2012. Development and Testing of RegenerativEvaporative Cooler. International Journal of Engineering Trends and Technology- Volume3Issue6.
3. Jang, S. Park, S. Choi, K. 2011. Experimental investigation of the influences of shape and surface area on the EGR cooler efficiency. Heat Mass Transfer 47. 621–628.
4. Kim, H.M. Park, S.K. Choi, K.S. Wang, H.M. Lee, D.K. Lee, D.k. Cha, Y.S. Lee, J.S. Lee, J. 2008. Investigation on the flow and heat transfer characteristics of diesel engine EGR coolers. International Journal of Automotive Technology, Vol. 9, No. 2, pp. 149153.
5. Kim, H.M. Lee, S.H. Park, S.K. Choi, K.S. Wang, H.M. 2008. An experimental study on heat exchange effectiveness in the diesel engine EGR coolers. Journal of Mechanical Science and Technology 22. 361-366.
6. Kim, H. Sung, N. 2001. Multidimensional Engine Modeling: NO and Soot Emissions in a Diesel Engine with Exhaust Gas Recirculation. KSME International Journal, Vol. 15No.8, pp. 1196-1204.
7. Nagendra, K. Tafti, D.k. 2011. Viswanathan A.K. Modeling of soot deposition in wavy-fin exhaust gas recirculator coolers. International Journal of Heat and Mass Transfer 54. 1671–1681.
8. Zheng, M. Irick, D.K. Hodgson, J. 2002. Stabilizing excessive EGR with an oxidation catalyst on a modern Diesel engine. ASME ICE 38. ICE-455.
9. Zhan, R.T. Eakle, S. W. Miller, J.W. Anthony, J. 2008. EGR Fouling Control. SAE. 2008 World Congress Detroit, Michigan April 14-17.

Study of Heat Transfer Efficiency Several Types of Diesel Engine Cooling Exhaust Gas Recirculation System

Abstract

The use of a cooled exhaust gas recirculation (EGR) system is one of the most effective techniques currently available for reducing nitrogen oxides. In the present study, several type of EGR cooler was reviewed. The results show that the heat transfer effectiveness of the stack-type EGR cooler is 25-40% higher than that of the shell & tube type due to an increased surface area and a better mixing of the exhaust gas flow.

Keywords: Heat exchange effectiveness, Diesel engine, shell & tube type, stack-type.