

Đánh giá ảnh hưởng của việc tuần hoàn khí thải (EGR) đến các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng, môi trường của động cơ diesel

ThS. TRẦN TRỌNG TUẤN
 TS. VŨ NGỌC KHIÊM
 Đại học Công nghệ GTVT
 PGS. TS. NGUYỄN HOÀNG VŨ
 Học Viện Kỹ thuật Quân sự

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ EGR đến các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng, môi trường của động cơ diesel thông qua mô hình mô phỏng chu trình công tác được xây dựng trong phần mềm chuyên dụng AVL-Boost.

Abstract: This paper presents the results to evaluate the effects of EGR rate on performance and emission characteristics of diesel engine by specialized software AVL - Boost.

1. Đặt vấn đề

Hai chất ô nhiễm được quan tâm nhiều nhất trong khí thải động cơ diesel là NO_x và PM. Trong đó, việc giảm mức phát thải NO_x ngay tại nguồn phát sinh (trong buồng cháy động cơ) và xử lý chúng (bằng các bộ xử lý khí thải) trên đường thải gặp phải nhiều khó khăn. Hiện nay, các biện pháp chính để giảm mức phát thải NO_x ngay tại nguồn phát sinh bao gồm [1, 2, 3, 6]:

+ Giảm góc phun sớm (GPS) nhiên liệu: Việc giảm GPS và giảm tốc độ phun nhiên liệu có thể làm giảm mức phát thải NO_x nhưng sẽ làm giảm hiệu suất nhiệt của chu trình.

+ Tuần hoàn khí thải - EGR (Exhaust gas Recirculation): Sử dụng một lượng nhất định khí xả (có thể được làm mát) tuần hoàn ngược trở lại đường nạp để hòa trộn với khí nạp mới (không giảm lượng môi chất nhưng giảm hàm lượng ô xy của khối khí nạp mới vào xi lanh), qua đó làm giảm nhiệt độ cực đại của quá trình cháy và dẫn đến giảm mức phát thải NO_x.

EGR đang được sử dụng rộng rãi trên động cơ diesel (nhất là các động cơ diesel phun nhiên liệu điều khiển điện tử) do hiệu quả giảm mức phát thải NO_x (40-60%). Tuy nhiên, khi tính toán xác định tỷ lệ EGR phù hợp, cần xét đến các yếu tố sau [1, 3, 6, 7]:

+ Cần đảm bảo độ đồng nhất hỗn hợp nạp;
 + EGR có thể làm tăng ma sát và mài mòn đối với động cơ;

+ Để đảm bảo sự làm việc ổn định của động cơ ở các chế độ khởi động, không tải và toàn tải thì mức EGR = 0;

+ Việc tăng % EGR sẽ giảm được mức phát thải NO_x nhưng sẽ làm giảm công suất có ích N_e, giảm mô men xoắn có ích M_e; làm tăng suất tiêu hao nhiên liệu có ích g_e của động cơ;

+ EGR giảm được mức phát thải NO_x nhưng sẽ làm tăng hàm lượng CO, HC và đặc biệt là PM trong khí thải.

Bài báo trình bày kết quả đánh giá ảnh hưởng của

% EGR đến các chỉ tiêu kinh tế (g_e), năng lượng (N_e, M_e), môi trường (NO_x và PM) của động cơ diesel theo đặc tính ngoài; thông qua mô hình mô phỏng chu trình công tác được xây dựng trong phần mềm AVL-Boost.

2. Xây dựng mô hình đánh giá ảnh hưởng của % EGR đến các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng, môi trường của động cơ trong AVL - Boost

2.1. Đối tượng nghiên cứu

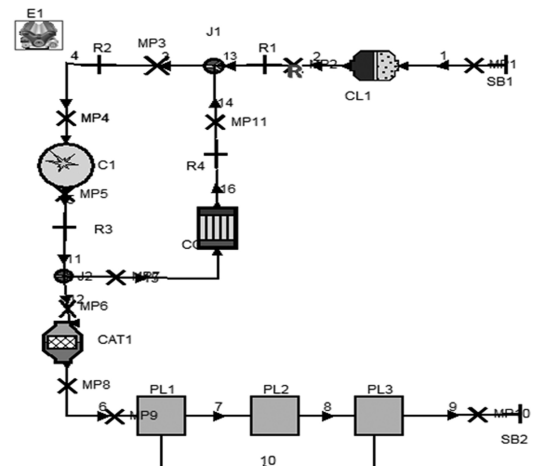
Đối tượng nghiên cứu được lựa chọn là động cơ diesel 1 xi lanh, phun trực tiếp, dùng hệ thống phun nhiên liệu cơ khí truyền thống (Bosch), làm mát bằng nước với các thông số kỹ thuật chính được trình bày trong Bảng 1 [4].

Bảng 1. Một số thông số kỹ thuật của đối tượng nghiên cứu

TT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	Đường kính xi lanh	84	mm
2	Hành trình pít tông	90	mm
3	Tỷ số nén	18	-
4	Công suất định mức	11	kW
5	Vòng quay định	2600	rpm

2.2. Mô hình mô phỏng chu trình công tác

Mô hình mô phỏng chu trình công tác của đối tượng nghiên cứu xây dựng trong AVL-Boost [4] được trình bày trên Hình 1.



C-xi lanh; PL-bình ổn áp; SB-phần tử biên;
 MP-điểm đo; CO-bình làm mát;
 R-van EGR; J: phân nhánh.

Hình 1: Mô hình đánh giá ảnh hưởng của % EGR đến các thông số công tác của động cơ

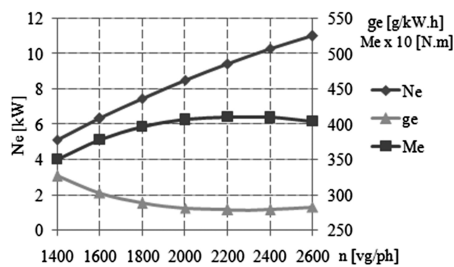
Trên Hình 1, việc sử dụng EGR (có làm mát) được thể hiện bằng các phần tử rẽ nhánh J1, J2; các đoạn ống 14, 15, 16; khí EGR được làm mát bằng phần tử làm mát khí (CO1) và % EGR được điều chỉnh bằng cách thay đổi độ mở của phần tử tiết lưu R4 (thay cho van EGR).

Mô hình được xây dựng đã xét đến các yếu tố của quá trình tạo hỗn hợp và cháy; các thông số kết cấu, vận hành của động cơ; quy luật cung cấp nhiên liệu, thuộc tính của nhiên liệu...

3. Kết quả đánh giá ảnh hưởng của % EGR đến chỉ tiêu kinh tế, năng lượng, môi trường của động cơ

3.1. Đặc tính ngoài của động cơ khi chưa sử dụng EGR

Kết quả xây dựng đặc tính ngoài (ứng với lượng nhiên liệu cung cấp cho 1 chu trình $g_{ct} = 0,04$ g/chu trình) của đối tượng nghiên cứu, khi chưa sử dụng EGR (% EGR = 0) được trình bày trên Hình 2.



Hình 2: Đặc tính ngoài với % EGR = 0

3.2. Xác định % EGR lớn nhất của động cơ

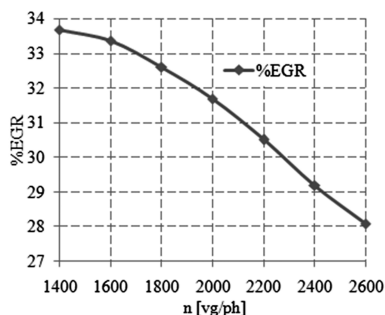
Tỷ lệ EGR (% EGR) được xác định dựa vào các kết quả đo ở các phần tử MP2, MP3 và MP11 (Hình 1) và được tính theo công thức:

$$\%EGR = 100 \cdot \frac{m_{MP11}}{m_{MP3}} \quad (1)$$

Trong đó: m_{MP11} - Khối lượng khí xả quay trở lại đường ống nạp được đo bởi phần tử MP11, [g/chu trình]; m_{MP3} - Tổng khối lượng hỗn hợp nạp vào xi lanh, [g/chu trình].

Tỷ lệ EGR phụ thuộc vào nhiều yếu tố: Kích thước hình học của đường ống tuần hoàn khí thải, nhiệt độ khí thải, độ chênh áp suất giữa khí tuần hoàn và đường nạp... Với mô hình đã xây dựng (Hình 1), để thay đổi % EGR cần thay đổi độ mở của phần tử R4 (mở phồng van EGR). Giá trị cần nhập cho phần tử R4 thay đổi từ 0 (van đóng hoàn toàn) đến 1 (van mở hoàn toàn).

Kết quả tính toán % EGR lớn nhất của động cơ được trình bày trên Hình 3. Ta thấy, % EGR lớn nhất giảm khi tăng số vòng quay (với $n=1800$ vg/ph thì tỷ lệ EGR lớn nhất là 32,35% nhưng khi $n=2600$ vg/ph thì tỷ lệ này chỉ còn 28,07%). Điều này có thể giải thích là do khi tăng tốc độ trục khuỷu, nhiệt độ khí thải và lưu lượng khối lượng của dòng khí nạp tăng dẫn đến % EGR giảm.



Hình 3: Sự thay đổi % EGR lớn nhất theo tốc độ trục khuỷu động cơ

Kết quả tính toán % EGR theo các độ mở khác nhau của van EGR, tại $n=2400$ và 2600 vg/ph (là tốc độ định mức của trục khuỷu và lân cận giá trị này), được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Sự thay đổi % EGR theo độ mở của van EGR tại $n=2400$ và 2600 vg/ph

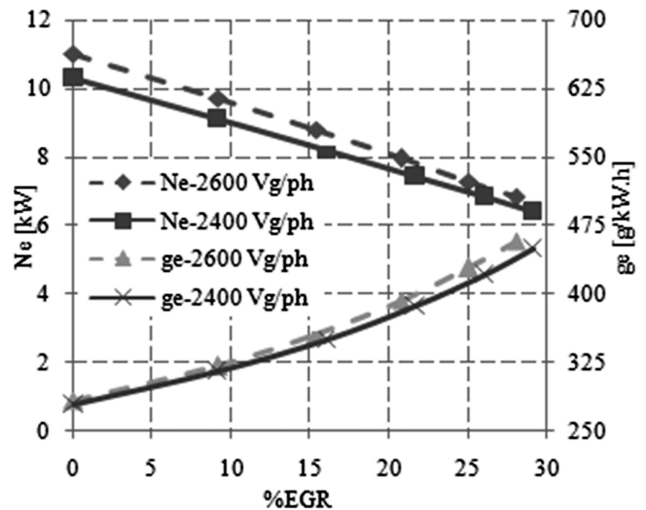
n (vg/ph)	Tỷ lệ EGR (%) theo độ mở của van					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
2400	0	9,12	16,1	21,69	26,12	29,18
2600	0	9,21	15,45	20,8	25,08	28,07

3.3. Ảnh hưởng của % EGR đến các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng của động cơ

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của % EGR đến N_e [kW] và g_e [g/kW.h] tại $n=2400$ và 2600 vg/ph được thống kê trong Bảng 3 và trình bày trên Hình 4.

Bảng 3. Ảnh hưởng của % EGR đến N_e và g_e tại $n=2400$ và 2600 vg/ph

n = 2400 vg/ph			n = 2600 vg/ph		
EGR, [%]	ΔN_e , [%]	Δg_e , [%]	EGR, [%]	ΔN_e , [%]	Δg_e , [%]
0	0	0	0	0	0
9,12	-11,35	+12,80	9,21	-11,80	+13,47
16,10	-20,27	+25,58	15,45	-20,24	+25,50
21,69	-27,64	+38,38	20,8	-27,68	+38,64
26,12	-33,56	+50,96	25,08	-33,76	+51,42
29,18	-37,63	+60,88	28,07	-37,93	+61,70



Hình 4: Tác động của % EGR đến N_e và g_e tại $n=2400$ và 2600 vg/ph

Ta thấy, EGR có tác động mạnh đến N_e và g_e ; mức độ ảnh hưởng tăng lên khi tăng % EGR. Tại $n=2600$ vg/ph, với tỷ lệ EGR là 28,07% thì N_e có thể giảm $\approx 38\%$, còn g_e tăng $\approx 62\%$. Vì vậy, với động cơ nghiên cứu này, tỷ lệ EGR phù hợp nên ở mức dưới 10% (khi đó N_e giảm khoảng 12%, g_e tăng khoảng 14%).

3.4. Ảnh hưởng của % EGR đến mức phát thải NO_x và PM của động cơ

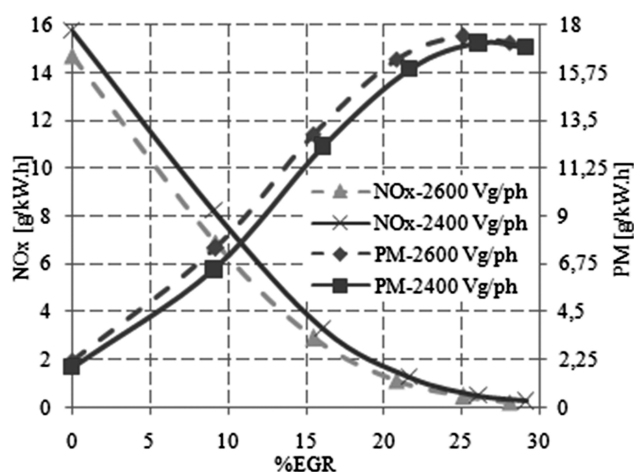
Kết quả khảo sát ảnh hưởng của % EGR đến mức phát thải NO_x [g/kW.h] và PM [g/kW.h], tại $n=2400$ và 2600 vg/ph được thống kê trong Bảng 4 và trình bày trên Hình 5.

Khi tăng % EGR mức phát thải NO_x giảm nhưng mức phát thải PM tăng mạnh; mức độ ảnh hưởng tăng lên khi tăng % EGR. Tại $n=2400$ vg/ph, với tỷ lệ EGR

= 26,12%, có thể giảm mức phát thải NO_x 96,72% nhưng sẽ làm tăng rất lớn mức phát thải PM, lên đến 805,86%. Vì vậy, với động cơ nghiên cứu, tỷ lệ EGR hợp lý có thể chọn khoảng 10% (khi đó mức phát thải NO_x giảm được khoảng 50%; mức phát thải PM sẽ tăng khoảng 250%).

Bảng 4. Ảnh hưởng của % EGR đến mức phát thải NO_x và PM tại n=2400 và 2600 vg/ph

n = 2400 vg/ph			n = 2600 vg/ph		
EGR, [%]	ΔNO _x , [%]	ΔPM, [%]	EGR, [%]	ΔNO _x , [%]	ΔPM, [%]
0	0	0	0	0	0
9,12	-47,80	+242,84	9,21	-53,07	+235,12
16,10	-79,18	+549,39	15,45	-80,24	+474,17
21,69	-91,93	+741,52	20,80	-92,27	+631,90
26,12	-96,72	+805,86	25,08	-96,77	+679,71
29,18	-98,34	+795,93	28,07	-98,34	+667,43



Hình 5: Tác động của % EGR đến mức phát thải NO_x và PM tại n=2400 và 2600 vg/ph

4. Kết luận và kiến nghị

Với mô hình đã xây dựng trong AVL-Boost cho phép khảo sát, đánh giá chi tiết ảnh hưởng của % EGR đến các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng, môi trường

TỔNG QUAN CÔNG ƯỚC...

(Tiếp theo trang 60)

phát sinh trong thực tiễn hoạt động của ngành Hàng hải, các yêu cầu kỹ thuật của Công ước đã được bổ sung và sửa đổi liên tục. Cho đến nay, cấu trúc của Công ước SOLAS 74 đã được tăng lên 14 chương.

Về tổng quát các chương của Công ước SOLAS đưa ra các tiêu chuẩn đối với việc thiết kế và tính ổn định vững chắc của tàu khách và tàu chở hàng, lắp đặt máy móc và điện, phòng chống cháy nổ, phương tiện cứu sinh, thông tin liên lạc, an toàn hành hải, vận chuyển hàng hoá nguy hiểm, kết

cấu và khai thác tàu... để bảo vệ an toàn sinh mạng cho tất cả mọi người trên tàu biển, bao gồm cả hành khách.

Năm 1988, các nước thành viên của Tổ chức Hàng hải quốc tế (IMO), trong đó có Việt Nam là một thành viên, đã thông qua một hệ thống thông tin được sửa đổi và bổ sung Công ước SOLAS 74, được gọi là SOLAS 74/88. Theo đó, Hệ thống Cấp cứu và An toàn Hàng hải toàn cầu có hiệu lực đầy đủ vào 01/02/1999.

Với tư cách là một thành viên, Việt Nam đã triển khai xây dựng và nâng cấp Hệ thống Đài thông tin duyên hải từ năm 1998 để cung cấp các dịch vụ thông tin đáp ứng theo Công ước này.

của động cơ diesel. Kết quả này cũng là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo (xác định % EGR phù hợp cho động cơ diesel khi chuyển sang sử dụng nhiên liệu diesel sinh học [7]; điều khiển chủ động tỷ lệ EGR theo tải và tốc độ thông qua ECU...).

EGR có tác dụng giảm mức phát thải NO_x nhưng cũng sẽ làm tăng mạnh mức phát thải PM. Vì vậy, cần kết hợp việc tuần hoàn khí thải với việc sử dụng bộ lọc PM □

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Hoàng Vũ (2010), *Ô nhiễm môi trường do động cơ đốt trong*, NXB. Quân đội nhân dân, Hà Nội, 2010.
 [2]. Hà Quang Minh (1992), *Những nội dung chính trong nghiên cứu và tính toán chu trình công tác của động cơ đốt trong*, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
 [3]. Khổng Vũ Quảng (2011), *Báo cáo tổng hợp đề tài NCKH cấp TP. Hà Nội "Nghiên cứu công nghệ giảm phát thải cho động cơ diesel lắp trên xe buýt Hà Nội"*, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
 [4]. AVL List GmbH, *Thermodynamic cycle simulation Boost, Primary, Version 2011*.
 [5]. Jessica Bralora, *A comprehensive combustion model for biodiesel-fueled engine simulation*, SAE International N° 2013-01-1099.
 [6]. Harilal S. Sorathia, *effect of exhausts gas recirculation (EGR) on NOx emission from C.I engine*, International Journal of Advanced Engineering Research and Studies N° E-ISSN2249-8974.
 [7]. K. Rajan, K.R. Senthikumar, *Effect of exhaust gas recirculation (EGR) on the performance and emission characteristics of diesel engine with sunflower oil methyl ester*, Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering ISSN1995-6665, Volume 3, December, 2009.

Ngày nhận bài: 10/3/2014
 Ngày chấp nhận đăng: 5/4/2014
 Người phản biện: TS. Lương Đình Thi
 TS. Nguyễn Hà Hiệp

Ngay từ những ngày đầu đưa vào khai thác sử dụng, Hệ thống đã phát huy hiệu quả kinh tế - xã hội và là cơ sở hạ tầng thông tin cho các hoạt động kinh tế biển, đảm bảo an toàn cho các tàu thuyền và phương tiện hoạt động trên các vùng biển Việt Nam và quốc tế.

Với một ý nghĩa và vai trò hết sức to lớn của công ước quốc tế về an toàn sinh mạng trên biển, các quốc gia, các chủ tàu cũng như người đi biển đã, đang và sẽ cùng nhau hành động để phòng ngừa, giảm thiểu rủi ro cho các hoạt động trên biển. Do đó, đã góp phần to lớn trong việc hạn chế bớt những thiệt hại về người và của, góp phần bảo vệ môi trường biển □