

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP GIẢM PHÁT THẢI CHO ĐỘNG CƠ DIESEL SỬ DỤNG KẾT HỢP CÔNG NGHỆ LUÂN HỒI KHÍ THẢI, DOC VÀ DPF

EFFECT OF COMBINATION OF EGR, DOC, AND DPF TECHNOLOGIES FOR REDUCING EXHAUST EMISSION OF A DIESEL ENGINES

Dinh Xuân Thành^{1*}

TÓM TẮT

Hiện nay, Chính phủ Việt Nam đang từng bước thắt chặt tiêu chuẩn khí thải đối với các phương tiện xe cơ giới bằng cách áp dụng tiêu chuẩn khí thải Euro 4 cho cho ô tô và tiêu chuẩn Euro 3 cho xe mô tô từ năm tháng 7 năm 2017. Tuy nhiên, những tiêu chuẩn này chỉ áp dụng cho xe lắp ráp mới hoặc nhập khẩu trong khi vẫn còn tồn tại một lượng lớn số lượng xe cũng đang lưu hành có phát thải lớn. Bài báo này trình bày giải pháp để giảm phát thải cho các phương tiện sử dụng động cơ diesel dựa trên công nghệ luân hồi khí thải, DOC và DPF. Theo đó, thực nghiệm đã được thực hiện để so sánh phát thải của động cơ nguyên bản và động cơ sau khi được trang bị hệ thống giảm phát thải. Kết quả chỉ ra rằng, hệ thống giảm phát thải nêu trên giảm 67,99% phát thải NO_x và PM giảm 57,09%, đồng thời HC và CO giảm lần lượt là 50,81%, 41,18%. Thêm vào đó, hệ thống nhỏ gọn và có thể bố trí một cách hợp lý trên phương tiện xe cơ giới. Kết quả của nghiên cứu là cơ sở để giải quyết thực trạng tồn tại liên quan tới phát thải nghiêm trọng của xe buýt đang lưu hành tại Việt Nam.

Từ khóa: Luân hồi khí thải, nâng cao tiêu thụ nhiên liệu, động cơ diesel, đặc tính động cơ, khí thải Nitơ.

ABSTRACT

The Vietnamese government has tightened up vehicle emission standards by applying Euro IV Emission Standard for automobiles and Euro III Emission Standard for motorcycle since July 2017. However, these standards only apply to new vehicles; meanwhile, there are a large number of in used vehicles with high exhaust emissions still circulate in Vietnam. This paper presents a solution to reduce emissions of in vehicles retrofitted diesel engine by using a combination of EGR, DOC, and DPF technologies. Consequently, the experimental study was conducted on a diesel bus engine with and without exhaust reduction technologies for the comparison. The research results showed that EGR, DOC and DPF technologies resulted in reducing up to approximately 67.99% of NO_x and 57.09% of PM in comparison with the original engine. In addition, HC and CO also reduced 50.81% and 41.18%, respectively. The combination system also compacts and can suitably assembly in the vehicle. The results of this research are foundations to solve the serious problem relating to the exhaust emission of buses in Vietnam.

Keywords: Exhaust gas recirculation; Fuel consumption enhancement, Diesel engine, Engine characteristic, Nitrogen emissions.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: thanhdx1969@gmail.com

Ngày nhận bài: 16/01/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/03/2018

Ngày chấp nhận đăng: 25/04/2018

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Phương tiện giao thông vận tải đã và đang góp phần quan trọng vào quá trình công nghiệp hóa - hiện đại hóa đất nước nhưng mặt trái của nó cũng đang gây ra những tác động xấu đến môi trường, gây nguy hại cho sức khỏe của con người và làm suy giảm chất lượng cuộc sống nhất là cuộc sống ở các đô thị lớn. Phát thải ô nhiễm từ các phương tiện tham gia giao thông hiện nay đang là một trong những tác nhân lớn nhất có ảnh hưởng đến quá trình biến đổi khí hậu. Theo đánh giá của các chuyên gia, ô nhiễm không khí ở các đô thị lớn ở nước ta như Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh do phương tiện giao thông gây ra chiếm tỉ lệ khoảng 70%. Trong đó hàm lượng phát thải của các phương tiện sử dụng nhiên liệu diesel chiếm một tỷ lệ đáng kể. Đối với động cơ sử dụng nhiên liệu xăng là tác nhân chính gây nên ô nhiễm CO và HC trong khi đó động cơ sử dụng nhiên liệu diesel lại là tác nhân chính gây ô nhiễm PM, NO_x và SO_x.

Hiện nay, xe buýt vẫn là phương tiện giao thông quan trọng tại Việt Nam, đặc biệt tại các thành phố lớn như Hà Nội hay Thành phố Hồ Chí Minh. Tuy nhiên, đa phần các phương tiện này được lắp ráp trong nước hoặc nhập khẩu từ Liên Xô cũ, Trung Quốc, Đài Loan và Hàn Quốc, chỉ có một số lượng nhỏ được nhập từ Nhật Bản, Đức. Đa phần các xe này đều chưa lắp bộ xúc tác khí thải, rất nhiều xe đã qua sử dụng nên chất lượng động cơ rất thấp hàm lượng phát thải các chất độc hại cao. Thêm vào đó, điều kiện đường sá thiếu đồng bộ, chật hẹp và có nhiều nút giao thông dẫn tới nhiều nơi thường xuyên xảy ra tình trạng tắc nghẽn cục bộ. Đồng thời chế độ vận hành của các phương tiện xe buýt luôn thay đổi dẫn đến hàm lượng các chất thải cao. Do vậy, việc nghiên cứu ứng dụng các giải pháp giảm phát thải cho động cơ diesel nói chung và động cơ diesel xe buýt nói riêng đang trở nên cấp thiết trong bối cảnh thực trạng phát thải của loại phương tiện này cũng như vấn đề ô nhiễm môi trường đang được cả xã hội quan tâm.

Luân hồi khí thải là một giải pháp đơn giản mà hiệu quả cắt giảm phát thải NO_x khá cao các nghiên cứu trước đây cho thấy phát thải NO_x giảm theo tỷ lệ luân hồi [1-5]. Khi

luân hồi lớn thì NO_x càng giảm. Tuy nhiên luân hồi khí thải trên động cơ diesel đồng thời cũng làm tăng phát thải PM, CO và HC. Do đó, việc sử dụng EGR kết hợp với bộ lọc phát thải hạt (DPF) là cần thiết [6]. Kết quả nghiên cứu của Katey E. Lenox, et.al [7] cũng cho thấy tác động của việc tăng tỷ lệ luân hồi đến giảm phát thải NO_x và tăng phát thải PM và HC. Nghiên cứu này cũng cho thấy khi tỷ lệ luân hồi dưới 40% thì tốc độ tăng phát thải PM và HC chưa lớn, nhưng khi tỷ lệ luân hồi trên 40% thì tốc độ tăng này rất rõ ràng và cần đặc biệt quan tâm. Các nghiên cứu khác cũng cho thấy rằng luân hồi khí thải cùng với bộ lọc DPF có thể kiểm soát được PM, HC và NO_x một cách rất hiệu quả [8-12].

SCR là hệ thống hàng đầu trong công nghệ giảm phát thải NO_x . Tuy nhiên, do cần cung cấp urê cho bộ xúc tác nên đòi hỏi các thiết bị đi kèm rất cồng kềnh. Vì vậy, bộ xử lý NO_x dùng amôniac (NH_3) cho đến nay chủ yếu được dùng trong các trạm động lực tĩnh tại. Hãng Puren đã chế tạo bộ xúc tác khử NO_x cho xe tải dùng dung dịch urê có tên là AdBlue đạt tiêu chuẩn khí thải Euro 4 và 5. Do bộ xúc tác SCR chỉ có tác dụng giảm NO_x và một phần PM nên để đáp ứng thêm cho việc cắt giảm lớn phát thải PM cần phải lắp thêm bộ lọc phát thải hạt (DPF). Tuy nhiên, bộ lọc DPF lại cần phải được tái sinh do các lỗ của nó có thể bị tắc bởi các phần tử rắn làm tăng áp suất khí xả và ảnh hưởng đến khả năng vận hành của động cơ. Những bộ lọc cần được tái sinh thường xuyên bằng phương pháp nhiệt, tĩnh điện hay khí động học. Những phương pháp khác để giảm PM bao gồm phun đa điểm, tăng áp và phun nhiên liệu với áp suất cao... Gần đây có hai hệ thống tự tái sinh gây được sự chú ý mạnh mẽ đó là bộ lọc tự tái sinh dùng nền xeri hoặc sắt và bộ lọc tái sinh liên tục (CRT- Continuous Regeneration Trap) dùng nhiên liệu bổ sung là diesel không có lưu huỳnh [13-14].

Thierry Seguelong [34] đã tiến hành thực nghiệm so sánh ba phương pháp cắt giảm phát thải NO_x trên động cơ diesel. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sử dụng bộ xúc tác SCR có thể giúp cho động cơ mới đáp ứng tiêu chuẩn khí thải Euro 6, trong khi giải pháp LNT và EGR có thể giúp động cơ đạt được tiêu chuẩn phát thải Euro 5.

Bài báo này đưa ra kết quả nghiên cứu hệ thống cắt giảm phát thải cho cho động cơ diesel tăng áp cho động cơ D1146TI, một dòng động cơ được lắp phổ biến trên xe buýt ở Việt Nam. Nghiên cứu đưa ra một giải pháp toàn diện và khả thi trong việc cắt giảm phát thải cho động cơ diesel tăng áp. Giải pháp này bao gồm: Luân hồi khí thải (luân hồi áp suất thấp) nhằm giảm phát thải NO_x , sử dụng bộ lọc phát thải hạt (DPF) nhằm giảm phát thải hạt (PM) và bộ chuyển đổi xúc tác ôxy hóa (DOC) được lắp đặt ngay trước bộ DPF nhằm mục đích cắt giảm phát thải hydro cacbon (HC), mônôxít cacbon (CO) và đồng thời chuyển đổi thành phần phát thải NO thành NO_2 làm môi chất giảm nhiệt độ đốt cháy muội than trong bộ lọc hạt, qua đó nâng cao hiệu quả quá trình tái sinh liên tục bộ lọc hạt.

Kết quả nghiên cứu góp phần định hướng giải quyết vấn đề bức xúc của thực tiễn về ô nhiễm không khí do phương tiện giao thông sử dụng động cơ diesel, đặc biệt là

động cơ diesel xe buýt. Giải pháp và hệ thống cắt giảm phát thải cho động cơ diesel sau khi hoàn thiện và thử nghiệm đánh giá độ bền và thử nghiệm hiện trường có thể đưa vào sử dụng đại trà trong thực tế, góp phần cải thiện chất lượng phát thải của loại động cơ này và cải thiện chất lượng không khí đô thị nói chung.

2. ĐỘNG CƠ THÍ NGHIỆM VÀ TRANG THIẾT BỊ PHỤC VỤ CHO QUÁ TRÌNH THỬ NGHIỆM

2.1. Động cơ thí nghiệm

Động cơ D1146TI được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu. Đây là động cơ diesel tăng áp, sử dụng hệ thống cung cấp nhiên liệu truyền thống, hiện đang được sử dụng phổ biến trên các xe buýt tại Hà Nội. Các nội dung nghiên cứu được thực hiện tại Phòng thử động cơ nhiều xy lanh, Phòng thí nghiệm Động cơ đốt trong, Viện Cơ khí động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Các thông số kết cấu của động cơ D1146TI được thể hiện trong bảng 1 [15].

Bảng 1. Các thông số kết cấu của động cơ D1146TI

TT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Hành trình piston	S	139	mm
2	Đường kính xy lanh	D	111	mm
3	Số xy lanh	i	6	-
4	Chiều dài thanh truyền	L	230	mm
5	Công suất định mức (2000v/ph)	N_e	140	kW
6	Mômen định mức (1400v/ph)	$M_{e\max}$	740	Nm
7	Suất tiêu hao nhiên liệu nhỏ nhất	g_e	206	g/kW.h
8	Tỷ số nén	ϵ	16,7	-
9	Thứ tự làm việc		1-5-3-6-2-4	

2.2. Trang thiết bị thử nghiệm

Bảng thử động cơ được trang bị phanh điện APA100 dùng để đo công suất động cơ, phanh có thể hoạt động được ở chế độ phanh điện và động cơ điện. Tác dụng tương hỗ giữa lực từ của stato và rotor sẽ tạo ra tải trọng cho động cơ hoặc kéo động cơ đốt trong quay. Vô stato được đặt trên hai gối đỡ nên cũng có xu hướng quay theo. Một cảm biến lực (loadcell) giữ vô stato ở vị trí cân bằng và xác định giá trị lực tương hỗ này. Thay đổi giá trị của lực này bằng cách thay đổi cường độ dòng điện vào bảng thử. Tốc độ quay của bảng thử được xác định bằng cảm biến tốc độ kiểu đĩa quang. Bảng thử được trang bị các hệ thống điều khiển, xử lý số liệu tự động và hiển thị kết quả như PUMA, EMCON300, Concerto và ISAC300, giúp cho quá trình điều khiển được dễ dàng và bảo đảm kết quả thử nghiệm chính xác. Thiết bị làm mát nước AVL553 có chức năng giữ ổn định nhiệt độ nước làm mát động cơ. Khi động cơ làm việc một phần nhiệt được truyền cho các chi tiết động cơ, do đó gây ra các ứng suất nhiệt cho các chi tiết nên cần phải làm mát động cơ. Ngược lại, khi động cơ bắt đầu làm việc, nhiệt độ động cơ còn thấp, do đó rất khó khởi động nên làm nóng nước vòng ngoài để hâm nóng động cơ, khi động cơ đã làm việc nhiệt độ động cơ tăng khi đó cụm AVL553 sẽ

điều chỉnh nhiệt độ nước vòng ngoài phù hợp để làm mát nhiệt độ nước làm mát động cơ. Theo tiêu chuẩn thử nghiệm về động cơ cũng như về khí thải đều có yêu cầu về nhiệt độ dầu bôi trơn phải nằm trong giới hạn cho phép. Vì vậy cụm làm mát dầu (AVL554) có chức năng giữ ổn định nhiệt độ dầu bôi trơn. Khi động cơ làm việc một phần nhiệt sẽ truyền cho dầu bôi trơn, làm nhiệt độ dầu bôi trơn tăng lên, do đó ảnh hưởng đến chất lượng bôi trơn (tính năng lý hoá của dầu bôi trơn) nên cần làm mát dầu bôi trơn.

Bộ điều khiển tay ga THA100 được sử dụng để điều khiển chế độ tải của động cơ. Bộ điều khiển này có chức năng thay đổi vị trí cung cấp nhiên liệu, kéo thanh răng bơm cao áp đối với động cơ diesel, đóng mở bướm ga đối với động cơ xăng. Thiết bị chính của bộ THA100 là động cơ điện biến bước, thay đổi chiều dài của đoạn dây kéo ga để thay đổi vị trí cung cấp nhiên liệu tùy theo từng chế độ thử và được điều khiển từ máy tính.

Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu AVL Fuel Balance 733S được sử dụng để đo suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ. Thiết bị này thực hiện theo nguyên lý đo kiểu khối lượng, có vai trò quan trọng quyết định đến độ chính xác lượng nhiên liệu tiêu thụ của động cơ. Cân nhiên liệu 733S dùng cảm biến đo lưu lượng nhiên liệu tiêu thụ cung cấp cho động cơ bằng cách cân lượng nhiên liệu trong bình chứa. Yêu cầu cảm biến phản ứng với tốc độ nhanh, độ nhạy và độ chính xác cao.

Phát thải từ động cơ được trích mẫu và dẫn qua tủ phân tích khí xả CEB-II (Combustion Emission Bench). Đây là hệ thống bao gồm toàn bộ các môđun thực hiện quá trình phân tích các thành phần khí thải (các bộ phân tích) và các thiết bị đảm bảo điều kiện làm việc chính xác của hệ thống như: Khối làm nóng (HSU), khối chẩn đoán, khối điều khiển.... Ngoài ra, tủ phân tích còn được lắp đặt một máy tính công nghiệp với phần mềm điều khiển GEM110. Việc kết nối máy tính điều khiển với các bộ phân tích được thực hiện thông qua các tín hiệu số, tùy thuộc vào bộ phân tích mà có thể kết nối với máy tính qua mạng CAN, LON hay qua cáp nối tiếp RS232. Các bộ phân tích lắp đặt trong tủ được sử dụng để đo các thành phần có trong khí thải như: mônôxít cacbon (CO), cacbon điôxít (CO₂), ôxygen (O₂), ôxít nitơ (NO và NO_x), hydro cacbon (HC), đồng thời còn đo được hệ số dư lượng không khí λ.

3. TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO HỆ THỐNG GIẢM PHÁT THẢI CHO ĐỘNG CƠ

Luân hồi khí thải là một biện pháp hữu hiệu để giảm sự hình thành NO_x trong buồng cháy. Khí thải sau khi ra khỏi động cơ được trích một phần trở lại đường nạp, khí luân hồi trước khi đi vào đường nạp được định lượng bởi van định lượng khí luân hồi (van EGR). Khí luân hồi bao gồm chủ yếu CO₂, N₂ và hơi nước sẽ được đưa trở lại xylanh để làm loãng hỗn hợp cháy và giảm nồng độ O₂ trong buồng cháy. Tỷ lệ khí luân hồi được tính như sau [11]:

$$\%EGR = \frac{W_{egr}^t - W_{egr}^s}{W_{egr}^t} \cdot 100\%$$

Trong đó:

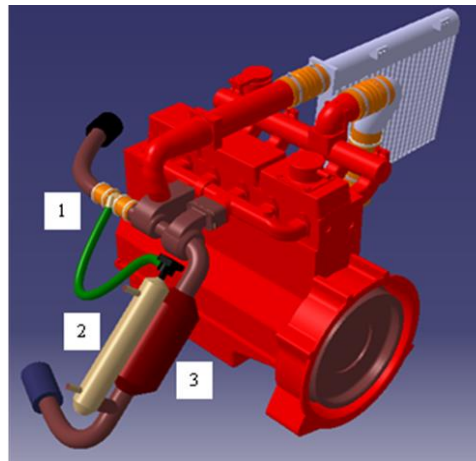
W_{egr}^t : lưu lượng khí nạp khi không có luân hồi.

W_{egr}^s : lưu lượng khí nạp sau luân hồi.

Phương trình nêu trên là cơ sở để tính toán và thiết kế hệ thống luân hồi, tuy nhiên, trong thực tế, không gian bố trí động cơ rất nhỏ, hơn nữa các hệ thống trên động cơ rất phức tạp. Do vậy rất khó bố trí hệ thống luân hồi trên xe. Trên thực tế khi lắp ráp cần đảm bảo các yêu cầu sau:

Kết làm mát khí luân hồi được bố trí trên động cơ, khí thải sẽ được trích một phần đi qua kết làm mát khí luân hồi, tại đây khí thải có nhiệt độ cao sẽ trao đổi nhiệt với nước làm mát (nước làm mát được trích từ hệ thống làm mát của động cơ). Khí thải đi ra từ kết làm mát khí luân hồi có nhiệt độ thấp hơn và sẽ trở lại động cơ. Để khí thải có thể quay ngược trở lại động cơ chúng ta phải sử dụng ống venturi có kết cấu thích hợp, đảm bảo cả áp suất và lưu lượng khí thải.

Kết làm mát khí luân hồi sẽ được nối với ống venturi bằng ống nối mềm. Phương án bố trí hệ thống luân hồi khí thải trong nghiên cứu này được thể hiện trong hình 1. Trong đó vị trí lắp ống venturi (1) trên đường nạp trước máy nén, kết làm mát khí luân hồi (2) lắp song song với bộ DOC và DPF (3).



Hình 1. Bố trí ống venturi, kết làm mát khí luân hồi, bộ DOC và DPF trên động cơ

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu và kinh nghiệm từ các chuyên gia thì vị trí lắp đặt bộ xúc tác DOC và bộ lọc DPF ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả làm việc của chúng. Bởi vì nhiệt độ của khí xả ảnh hưởng đến hiệu suất của các phản ứng oxy hóa. Quá trình phản ứng oxy hóa khí xả trong bộ DOC còn có tác dụng làm tăng nhiệt độ khí xả sau khi đi qua bộ xúc tác và tăng tỷ lệ chuyển hóa NO thành NO₂. NO₂ là nhân tố xúc tác để hạ nhiệt độ đốt cháy muội than bám trên bộ lọc DPF. Nhiệt độ khí xả cũng ảnh hưởng đến sự phát triển kích thước hạt PM. Đồng thời, tốc độ và áp suất cũng quyết định đến hiệu quả của bộ xúc tác và bộ lọc, đặc biệt hơn đó chính là tổn thất cản của chúng trên đường thải sẽ làm ảnh hưởng đến công suất có ích của động cơ. Vì vậy việc lắp đặt DOC và DPF ban đầu được xác định theo nhiệt độ khí xả, sau đó qua các kết quả thử nghiệm sẽ lựa

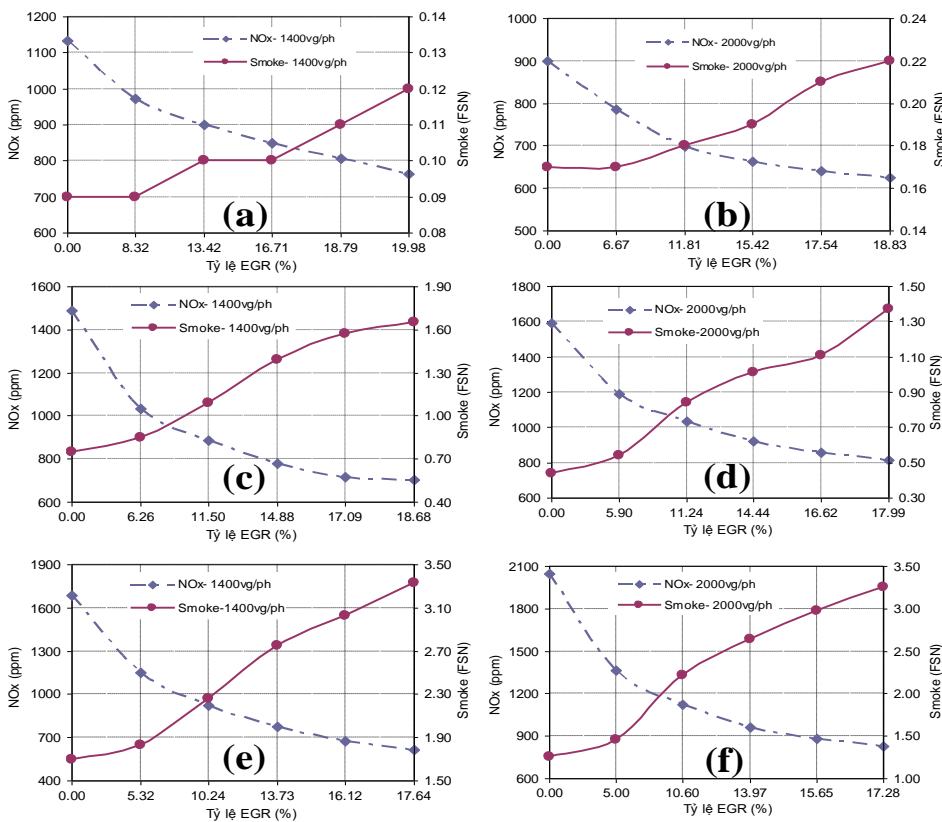
chọn vị trí tối ưu theo mức độ ảnh hưởng đến công suất có ích, tiêu hao nhiên liệu và khả năng giảm phát thải PM theo mục tiêu đặt ra. Từ kết quả đo nhiệt độ khí xả trên đường thải cách cụm tuabin tăng áp 40mm ở các chế độ tải khác nhau, nên vị trí lắp đặt ban đầu bộ DOC và DPF trên đường thải được chọn cách tuabin 60mm để đảm bảo cho hiệu quả lọc, như thể hiện trên hình 2. Các thông số kỹ thuật của hệ thống phát thải được đưa ra chi tiết trong tài liệu tham khảo [15].



Hình 2. Vị trí lắp đặt bộ DOC và DPF trên đường thải trong quá trình thử nghiệm

4. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

4.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ luân hồi khí thải đến phát thải NO_x



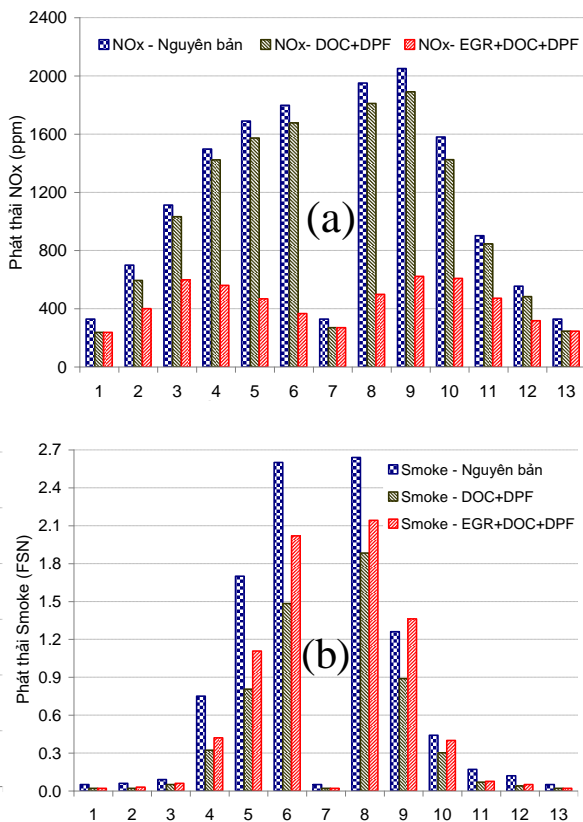
Hình 3. Phát thải NO_x và độ khói theo tỷ lệ luân hồi tại các chế độ: (a) 1400 vg/ph và 25% tải, (b) 2200 vg/ph và 25% tải, (c) 1400 vg/ph và 50% tải, (d) 2200 vg/ph và 50% tải, (e) 1400 vg/ph và 75% tải, (f) 2200 vg/ph và 75% tải

Kết quả trên hình 3(a) và 3(b) thể hiện nồng độ phát thải NO_x và độ khói (smoke) ở 25% tải khi thay đổi tỷ lệ luân hồi khí thải ứng với các tốc độ 1400 vg/ph và 2000 vg/ph. Trong trường hợp tốc độ 1400 vg/ph, khi tỷ lệ luân hồi khí thải là 19,98% thì phát thải NO_x giảm 32,51% trong khi đó phát thải độ khói tăng 33,33%. Đối với chế độ tốc độ 2000 vg/ph, với tỷ lệ luân hồi khí thải là 18,83% thì phát thải NO_x giảm 30,56%, trong khi đó phát thải độ khói tăng 29,41%. Như vậy, với chế độ 25% tải, phát thải độ khói chỉ tăng khoảng 30% do đó để giảm phát thải NO_x ở các tốc độ khác nhau đều cho phép mở hoàn toàn van luân hồi khí thải.

Hình 3(c) và 3(d) thể hiện kết quả phát thải NO_x và độ khói ở 50% tải khi thay đổi tỷ lệ luân hồi khí thải ứng với các tốc độ 1400vg/ph và 2000vg/ph. Trong trường hợp tốc độ 1400vg/ph, khi tỷ lệ luân hồi khí thải là 18,68% thì phát thải NO_x giảm 52,82% trong khi đó phát thải độ khói tăng 120%. Đối với chế độ tốc độ 2000vg/ph, với tỷ lệ luân hồi khí thải là 17,99% thì phát thải NO_x giảm 48,68%, trong khi đó phát thải độ khói tăng 211,36%. Như vậy, đối với chế độ 50% tải, để đạt được mục đích giảm một lượng đáng kể phát thải NO_x ở các tốc độ khác nhau phải mở hoàn toàn van luân hồi. Tuy nhiên phát thải độ khói lại tăng lên rất cao. Chính vì thế trong trường hợp này cần kết hợp các giải pháp giảm phát thải độ khói như sử dụng bộ lọc phát thải hạt DPF.

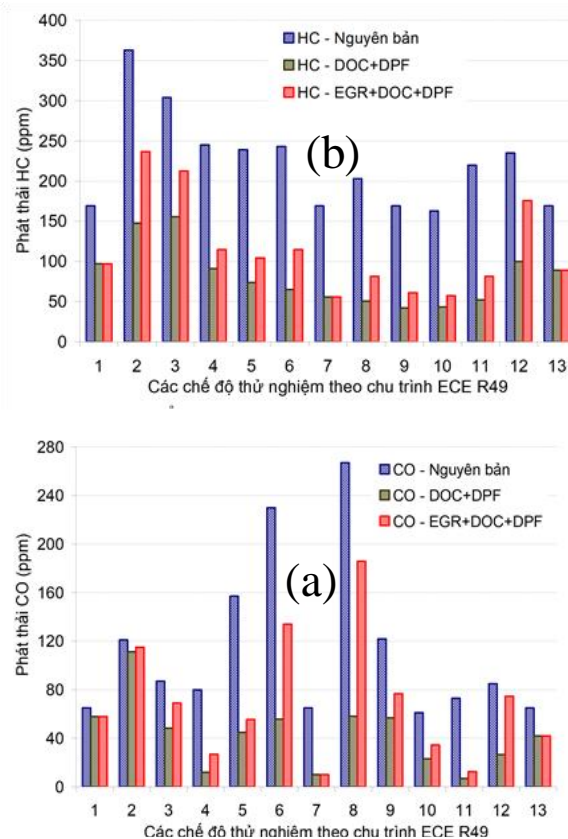
Kết quả trên hình 3(e) và 3(f) thể hiện nồng độ phát thải NO_x và độ khói ở 75% tải khi thay đổi tỷ lệ luân hồi khí thải ứng với các tốc độ 1400vg/ph và 2000vg/ph. Trường hợp tốc độ 1400vg/ph, khi tỷ lệ luân hồi khí thải là 17,64% thì phát thải NO_x giảm 63,66% trong khi đó phát thải độ khói tăng 95,88%. Đối với chế độ tốc độ 2000vg/ph, với tỷ lệ luân hồi khí thải là 17,28% thì phát thải NO_x giảm 59,7%, trong khi đó phát thải độ khói tăng 158,73%. Như vậy, đối với chế độ 75% tải, khi mở hoàn toàn van luân hồi khí thải có thể giảm phát thải NO_x tới 60%, tuy nhiên trong trường hợp này phát thải độ khói cũng tăng lên rất nhiều. Chính vì thế để ứng dụng biện pháp luân hồi khí thải ở các chế độ tải cao luôn phải kết hợp với các biện pháp giảm phát thải độ khói. Trong đề tài này tác giả đã sử dụng kết hợp biện pháp ứng dụng bộ xúc tác oxy hóa DOC và bộ lọc DPF để giảm phát thải PM trong trường hợp luân hồi khí thải để giảm NO_x . Với việc ứng dụng các biện pháp giảm phát thải PM cho phép các chế độ thử nghiệm 25%, 50% và 75% tải luôn mở hoàn toàn van luân hồi.

4.2. Ảnh hưởng của hệ thống luân hồi, lọc phát thải hạt DPF và DOC đến phát thải của động cơ



Hình 4. Ảnh hưởng giảm phát thải theo chu trình ECE R49: (a) phát thải NO_x, (b) phát thải độ khói

Kết quả trên hình 4(a) thể hiện nồng độ phát thải NO_x khi thử nghiệm động cơ D1146TI nguyên bản, động cơ có lắp bộ xúc tác oxy hóa DOC và bộ lọc phát thải hạt DPF, và trường hợp kết hợp luân hồi khí thải với các bộ DOC + DPF. Khi động cơ lắp thêm bộ DOC + DPF thì nồng độ NO_x trung bình theo chu trình ECE R49 giảm 11,91% so với động cơ nguyên bản. Điều này chứng tỏ bộ DOC đã oxy hóa một phần NO_x trong khí thải. Khi kết hợp luân hồi khí thải EGR với bộ DOC + DPF thì giá trị NO_x trung bình theo 13 mode giảm 51,51% và giá trị trung bình tại các chế độ có luân hồi giảm 59,94%. Trong đó giá trị NO_x giảm nhiều nhất là tại mode 6 (100% tải, 1400vg/ph), giá trị giảm tới 79,64%. Đồng thời, kết quả trên hình 4(b) thể hiện phát thải độ khói của động cơ. Khi động cơ lắp bộ DOC + DPF thì độ khói trung bình cả chu trình giảm 50,69%. Khi kết hợp luân hồi khí thải thì phát thải độ khói tăng lên, tuy nhiên hầu hết giá trị này vẫn nhỏ hơn độ khói của động cơ nguyên bản. Giá trị trung bình theo toàn bộ chu trình lúc này chỉ còn giảm 38,31% so với động cơ nguyên bản. Ở các chế độ có luân hồi thì giá trị này giảm ít hơn so với động cơ nguyên bản ở chế độ tương ứng, giá trị giảm đạt 31,8%. Như vậy khi kết hợp hệ thống luân hồi khí thải, bộ xúc tác oxy hóa DOC và bộ lọc DPF thì nồng độ phát thải NO_x giảm một lượng đáng kể, đồng thời phát thải độ khói của động cơ cũng giảm so với động cơ nguyên bản.



Hình 5. Ảnh hưởng giảm phát thải theo chu trình ECE R49: (a) phát thải NO_x, (b) phát thải độ khói

Kết quả trên hình 5(a) và 5(b) thể hiện kết quả phát thải CO, HC của động cơ nguyên bản và khi sử dụng các biện pháp giảm phát thải trên động cơ. Khi động cơ sử dụng bộ xúc tác oxy hóa DOC luôn cho kết quả phát thải CO và HC thấp hơn động cơ nguyên bản trên toàn bộ chu trình thử nghiệm. Giá trị CO, HC trung bình theo các chế độ của chu trình giảm tương ứng là 59,13% và 63,64%. Khi động cơ luân hồi khí thải thì giá trị CO và HC tăng lên, tuy nhiên giá trị này vẫn nhỏ hơn giá trị CO, HC của động cơ nguyên bản. Giá trị CO trung bình theo các chế độ thử nghiệm giảm 41,18%, giá trị HC trung bình giảm 50,81% so với động cơ nguyên bản.

5. KẾT LUẬN

Với yêu cầu giảm phát thải độc hại trên động cơ diesel đang lưu hành, tác giả đã sử dụng các giải pháp đó là: sử dụng luân hồi khí thải để giảm phát thải NO_x, sử dụng bộ lọc phát thải hạt DPF để giảm phát thải PM, đồng thời sử dụng bộ xúc tác oxy hóa DOC để giảm phát thải CO, HC, và PM. Kết quả so sánh giữa mô phỏng và thực nghiệm sai khác nhau không nhiều, điều này cho thấy khi sử dụng các thông số của quá trình mô phỏng bằng phần mềm AVL-Boost làm cơ sở tính toán các thông số của hệ thống luân hồi và các kích thước sơ bộ của bộ xúc tác oxy hóa DOC, bộ lọc DPF là hoàn toàn hợp lý.

Khi sử dụng kết hợp các biện pháp giảm phát thải EGR + DOC + DPF thì phát thải NO_x tính theo chu trình ECE R49

giảm tới 67,99% so với động cơ nguyên bản. Đồng thời, phát thải PM cũng giảm tới 57,09%. Phát thải HC và CO lần lượt giảm 50,81% và 41,18%.

Thông qua các kết quả đạt được của đề tài đã cho thấy việc ứng dụng biện pháp luân hồi khí thải kết hợp với sử dụng bộ xúc tác ôxy hóa DOC và bộ lọc phát thải hạt DPF trên động cơ diesel có tính khả thi cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Koike. M., Saito. A., 200. *Research and development of a new direct injection gasoline engine*. SAE 2000-01-0530.
- [2]. Benson R.S., 1986. *The thermodynamics and gas dynamics of internal-combustion engines*. 3rd ed.; Clarendon Press: Oxford. United Kingdom.
- [3]. Park. S.-H., Lee. J., Kim. K., Park S., Kim. H.-M., 2015. *Experimental characterization of cooled EGR in a gasoline direct injection engine for reducing fuel consumption and nitrogen oxide emission*. Heat Mass Transfer 51. 1639–1651.
- [4]. U. Lundqvist, G. Smedler, P. Stalhammar, 2000. *A comparison between different EGR systems for HD Diesel engines and their effect on performance. fuel consumption and emissions*. In: Proceedings of the SAE world congress. Detroit. MI. USA. SAE paper 2000–01-0226;
- [5]. S. Langridge, H. Fessler, 2002. *Strategies for high EGR rates in a diesel engine*. In: Proceedings of the SAE world congress & exhibition. Detroit. MI. USA. SAE paper 2002–01-0961.
- [6]. Avinash Kumar Agrawal, 2004. *Effect of EGR on the exhaust gas temperature and opacity in compression ignition engines*. Department of mechanical engineering and environmental engineering and management, Indian Institute of Technology, paper 275-284 vol. 29, part 3.
- [7]. Katey E. Lenox, et.al, 2000. *Extending Exhaust Gas Recirculation Limits in Diesel Engines*. Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy.
- [8]. AVL GmbH., 2001. *Emission systems*. Austria.
- [9]. Carl-Adam Torbjornsson, 2002. *Modelling of a venturi in a heavy-duty diesel engine*. Master's thesis reg nr: LiTH-ISY-EX-3368-2002, vehicular system, Department of electrical engineering, Linkoping Universitet.
- [10]. Helmut Tschöke, 2010. *Exhaust Gas Emissions and Reduction Potential for conventional Combustion Engines*. Traffic and Environment Workshop, Hanoi.
- [11]. Hitoshi Yokomura, Susumu Kohketsu and Koji Mori, 2005. *EGR System in a Turbocharged and Intercooled Heavy-Duty Diesel Engine - Expansion of EGR Area with Venturi EGR System*. Mitsubishi Technical Review 2005.
- [12]. Magdi Khair, 2007. *The diesel engine and the road ahead - a US perspective*. Global Emission Management, USA.
- [13]. Guido Lenaers and Martine Van Poppel, 2007. *On-board Emission and Odour Measurements on Euro 2 Buses Retrofitted with Different Combinations of PM Traps and SCR*. 07NAPLES-14, SAE International.
- [14]. Zelenka P, Aufinger H, Reczek W, Cartellieri W, 1998. *Cooled EGR - A technology for future efficient HD diesels*. SAE 980190.
- [15]. Đinh Xuân Thành, 2011. *Luận án tiến sỹ kỹ thuật*, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.