NGHIÊN CỨU GIẢM PHÁT THẢI ĐỘC HẠI CHO ĐỘNG CƠ DIESEL LẮP TRÊN XE BUÝT BẰNG PHẦN MỀM AVL-BOOST

STUDY OF POLLUTION EMISSIONS REDUCTION OF DIESEL ENGINE ON BUSES BY AVL-BOOST SOFTWARE

Khổng Vũ Quảng, Lê Anh Tuấn, Nguyễn Đức Khánh, Nguyễn Duy Tiến — *Đinh Xuân Thành*

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội — *Đại học Công nghiệp Hà Nội*

Đến Tòa soạn 03-4-2012, chấp nhận đăng 22-8-2012

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu mô phỏng giảm phát thải độc hại cho động cơ diesel lắp trên xe buýt. Các nghiên cứu mô phỏng được thực hiện trên động cơ diesel D1146TI tăng áp cao có lắp hệ thống luân hồi khí thải (EGR) kết hợp với bộ xúc tác ôxi hóa (DOC) và bộ lọc chất thải dạng hạt (DPF) bằng phần mềm AVL-Boost. Quá trình mô phỏng được thực hiện ở các chế độ làm việc của động cơ và theo chu trình thử ECE R49. Các kết quả mô phỏng cho thấy tỷ lệ khí luân hồi ảnh hưởng nhiều đến phát thải nitơ ôxít (NO_x), bồ hóng và phát thải của động cơ diesel lắp trên xe buýt đang lưu hành có thể tiến đến tiêu chuẩn Euro3 khi được lắp hệ thống EGR kết hợp với bộ DOC và DPF. Kết quả nghiên cứu là thông tin quan trọng có thể sử dụng hữu ích trong bước đầu của quá trình thiết kế và chế tạo hệ thống giảm phát thải cho động cơ diesel lắp trên xe buýt đang lưu hành.

ABSTRACT

This paper presents simulation study of reducing pollutant emissions of diesel buses. The simulation studies were performed on a D1146TI turbocharged diesel engine that equipped with an Exhaust Gas Recirculation (EGR) system combined with a Diesel Oxidation Catalyst (DOC) and a Diesel Particulate Filter (DPF) by using AVL-Boost software. The simulation process was researched at operating regulations of engine and the ECE R49 test cycle. The simulation results showed that the nitrogen oxides *(NOX) and* Soot *emissions are significantly dependent on the recirculation gas rate, and diesel engine emissions on buses can be up toward Euro3 standard when equipped with an EGR system combined with DOC and DPF. These simulation results have provided important information that can usefully assist in the first step of the design process of emission reduction system for diesel engine on these buses.*

1. GIỚI THIỆU

Phát thải độc hại từ phương tiện tham gia giao thông sử dụng động cơ đốt trong (ĐCĐT) là tác nhân chính gây ô nhiễm không khí đô thị. Trong đó, phát thải CO và HC chủ yếu do động cơ xăng gây ra, còn phát thải nitơ ôxít (NO_X) và phát thải dạng hạt (PM) là do động cơ diesel. Giảm phát thải độc hại cho ĐCĐT được coi là thách thức và cũng là động lực thúc đẩy các nhà nghiên cứu đầu tư nhiều thời gian và công sức để tìm ra các giải pháp công nghệ hiệu quả. Trong thời gian qua, nhiều giải pháp giảm phát thải cho động cơ diesel đã đạt được những thành công và đóng góp nhất định. Trong đó phải kể đến phương pháp cải tiến, tối ưu quá trình cháy của ĐCĐT và sử dụng hệ thống xử lý khí thải bao gồm như: hệ thống luân hồi khí thải (EGR), bộ xử lý xúc tác khử NO_X (SCR), bộ hấp thụ NO_X ở hỗn hợp nghèo (LNT), bộ lọc chất thải dạng hạt (DPF) [1]-[6]. Tuy nhiên, việc nghiên cứu và ứng dụng các giải pháp công nghệ này cho động cơ diesel lắp trên phương tiện tham gia giao thông ở Việt Nam vẫn còn rất hạn chế [7]. Những năm gần đây, nhu cầu vận chuyển và đi lại tăng nên số lượng và chủng loại các phương tiện tham gia giao thông có sử dụng động cơ diesel, đặc biệt là xe buýt tại các thành phố lớn tăng nhanh, trong khi phần lớn các phương tiện này chưa đạt tiêu chuẩn khí thải [8]. Đây là nguyên nhân chính dẫn đến lượng phát thải độc hại NO_X và PM từ các phương tiện này đã vượt quá tiêu chuẩn cho phép và gây ô nhiễm trầm trọng không khí môi trường đô thị. Để giải quyết vấn đề trên, một giải pháp công nghệ giảm phát thải cho động cơ diesel lắp trên xe buýt đang lưu hành tại Hà Nội

đã được nhóm nghiên cứu đưa ra [7]-[8]. Trên cơ sở phân tích đánh giá thực trạng phát thải của xe buýt Hà Nội và điều kiện công nghệ hiện có, giải pháp EGR để giảm phát thải NO_x kết hợp với bộ xử lý (DOC) và DPF để giảm PM đã được lựa chọn [9]. Quá trình nghiên cứu ảnh hưởng của EGR, DOC và DPF đến khả năng giảm phát thải và tính năng làm việc của động cơ được thực hiện trên phần mềm AVL-Boost. Các kết quả nghiên cứu mô phỏng cho thấy, động cơ diesel lắp trên xe buýt đang lưu hành sau khi áp dụng giải pháp giảm phát thải trên đã cải thiện đáng kể từ mức phát thải Euro1 tiến đến Euro3, trong khi đặc tính công suất và tiêu hao nhiên liệu không bị ảnh hưởng nhiều. Các kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở quan trọng cho việc tính toán, thiết kế và nghiên cứu thực nghiệm hệ thống giảm phát thải lắp trên xe buýt Hà Nội nhằm đạt tiêu chuẩn Euro3.

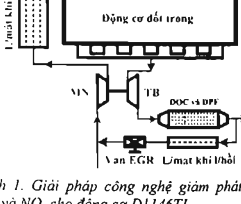
2. LỰA CHỌN GIẢI PHÁP GIẢM PHÁT THẢI ĐỘC HẠI TỪ ĐỘNG CƠ DIESEL LẮP TRÊN XE BUÝT

2.1. Thực trạng phát thải từ động cơ diesel lắp trên xe buýt Hà Nội

Do nhu cầu vận tải công cộng tăng nhanh, vì vậy số lượng xe buýt nội và ngoại thành của Hà Nội cũng tăng nhanh trong những năm qua. Năm 2008 số lượng xe buýt lưu hành ở các tuyến nội và ngoại thành Hà Nội khoảng trên 1200 chiếc các loại. Năm 2010 riêng số lượng xe buýt lưu hành ở các tuyến nội thành Hà Nội tới 834 chiếc và phần lớn là xe 60 chỗ đến 80 chỗ. Trong đó bao gồm các loại xe như Daewoo, Mercedes, Thaco, Huyndai, Transico, các loại này đa phần được lắp ráp mới trong nước. Hơn nữa, do tình trạng quá tải thường xuyên vào giờ cao điểm có thể lên tới 200% [9], điều này ảnh hưởng rất xấu đến điều kiện làm việc của động cơ. Do vậy các đặc tính kỹ thuật của động cơ giảm, lượng phát thải tăng và hầu như không đáp ứng được các tiêu chuẩn phát thải hiện hành. Để đánh giá thực trạng phát thải của động cơ diesel lắp trên xe buýt Hà Nội, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn động cơ D1146TI làm đối tượng nghiên cứu, đây là động cơ diesel 4 kỳ có tăng áp và được sử dụng phổ biến trên xe buýt Hà Nội. Kết quả thử nghiệm phát thải cho thấy, các thành phần phát thải CO và HC đáp ứng giới hạn của tiêu chuẩn Euro2, trong khi đó thành phần PM chỉ đáp ứng tiêu chuẩn Euro1, và thành phần phát thải NO_x cao gấp 2 lần so với giới hạn tiêu chuẩn Euro2 [8].

2.2. Giải pháp giảm phát thải độc hại cho động cơ diesel lắp trên xe buýt Hà Nội

Do mức phát thải NO_x khá cao và động cơ thuộc thế hệ cũ, nên việc sử dụng các hệ thống hiện đại như SCR hay LNT là không thể thực hiện được. Do vậy, để giảm phát thải NO_x tới tiêu chuẩn Euro3 thì giải pháp EGR được lựa chọn cho động cơ D1146TI là khả thi hơn cả [7]. Qua phân tích và đánh giá mức phát thải PM của động cơ diesel D1146TI nguyên bản và sau khi lắp hệ thống EGR, cũng như qua đánh giá hiệu quả giảm phát thải PM của các loại bộ lọc, đồng thời kết hợp với kinh nghiệm của các chuyên gia hãng Emitec, để giảm phát thải PM đạt tiêu chuẩn Euro3 cần phải lắp lọc DPF trên đường xả. Tuy nhiên cần phải lưu ý đến việc tái sinh lọc để đảm bảo tuổi thọ lọc DPF. Do vậy lọc DPF cần được lắp phối hợp với bộ xử lý DOC. Sơ đồ nguyên lý của giải pháp giảm phát thải đo nhóm nghiên cứu đưa ra được thể hiện trên hình 1. Khí thải sau khi qua bộ DOC và DPF thực hiện quá trình ôxy hóa CO, HC và lọc PM thì được trích một phần đưa vào đường nạp để tác động đến quá trình cháy làm giảm phát thải NO_x. Khí luân hồi được làm mát trước khi đưa vào đường nạp và lưu lượng luân hồi được điều chỉnh thông qua độ mở của van EGR tùy theo chế độ tải của động cơ.



Hình 1. Giải pháp công nghệ giảm phát thải PM và NO_x cho động cơ D1146TI

3. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG

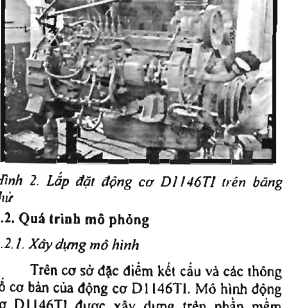
Để đảm bảo mô hình mô phỏng có tính tin cậy trong quá trình nghiên cứu, cần thiết phải thực hiện các thử nghiệm để đánh giá độ tin cậy của mô hình. Sau khi mô hình đã được

kiểm chứng độ tin cậy thông qua các số liệu thực nghiệm, trên cơ sở mô hình đó tiếp tục phát triển để thực hiện các nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của hệ thống giảm phát thải đến đặc tính kỹ thuật và mức phát thải của động cơ.

3.1. Thực nghiệm

Các thử nghiệm được tiến hành trên băng thử động lực học cao của Phòng thí nghiệm ĐCĐT, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội (ĐHBKHN). Động cơ sau khi bảo dưỡng được lắp đặt trên băng thử, đồng thời hệ thống nhiên liệu được hiệu chỉnh theo các thông số kỹ thuật của nhà sản xuất. Hệ thống làm mát và bôi trơn được kết nối với các hệ thống điều khiển của băng thử để đảm bảo động cơ làm việc trong điều kiện nhiệt độ nước làm mát, nhiệt độ và áp suất dầu bôi trơn trong phạm vi cho phép. Hình 2 thể hiện động cơ D1146TI trên băng thử.

Sau khi hoàn thành các công việc lắp đặt, hiệu chỉnh và chạy rà động cơ trên băng thử, thực hiện đo đặc tính động cơ và phát thải động cơ theo chu trình thử ECE R49. Trong quá trình thực hiện, các giá trị đo từ các cảm biến và các thiết bị đo được đưa về máy tính trung tâm của băng thử để xử lý số liệu.



Hình 2. Lắp đặt động cơ D1146TI trên băng thử

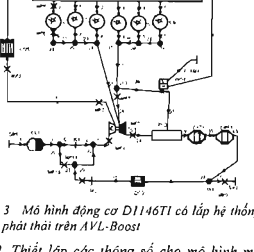
3.2. Quá trình mô phỏng

3.2.1. Xây dựng mô hình

Trên cơ sở đặc điểm kết cấu và các thông số cơ bản của động cơ D1146TI. Mô hình động cơ D1146TI được xây dựng trên phần mềm AVL-Boost được thể hiện trên hình 3. Các phần tử của mô hình được lựa chọn phù hợp với kết cấu của động cơ như thể hiện trên bảng 1.

Bảng 1: Các phần tử của mô hình động cơ D1146TI trên AVL-Boost

Ký hiệu	Phần tử	Ký hiệu	Phần tử
C	Xilanh	TC	Tuabin máy nén
PM	Điểm đo	R	Phần tử tiết lưu
SB	Phần tử biên	WG	Van xả tuabin
CL	Bộ lọc khí nạp	CATI	Bộ xúc tác ôxi hóa
CO	Bộ làm mát	DPF	Bộ lọc DPF
PL	Bình ổn áp	J	Điểm nối



Hình 3 Mô hình động cơ D1146TI có lắp hệ thống giảm phát thải trên AVL-Boost

3.2.2. Thiết lập các thông số cho mô hình mô phỏng

Sau khi mô hình được xây dựng xong, các thông số đầu vào cho mô hình được lấy trên cơ sở các thông số thực của động cơ D1146TI như thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Các thông số kỹ thuật của đông cơ D1146TI

TT	Diễn giải	Nội dung
1	Loại động cơ	Diesel thẳng hàng, 4 kỳ, tăng áp
2	Số xilanh (i)	6
3	Thể tích công tác (V_h)	8,071 lít
4	Đường kính (D)	111 mm
5	Hành trình (S)	139 mm
6	Tỷ số nén (ε)	16,7 1
7	Áp suất phun	220 bar
8	Công suất cực đại ($N_{e\,max}$)	140 kW/2000 v/ph
9	Mô men cực đại ($M_{e\,max}$)	740 Nm/1400 v/ph
10	Suất tiêu hao nhiên liệu (g_e)	206 g/kW h

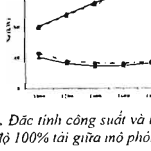
Thời gian chạy mô hình phụ thuộc vào số chu trình chạy mô phỏng. Sau nhiều lần chạy thử mô hình với số chu trình khác nhau, kết hợp cùng với sự phân tích và đánh giá kết quả mô phỏng, cho thấy với mô hình động cơ D1146TI trên phần mềm AVL-Boost cần thiết phải chạy

tối thiểu 80 chu trình thì mới đảm bảo đạt tính ổn định của kết quả mô phỏng.

3.3. Đánh giá độ tin cậy của mô hình

Để đánh giá độ tin cậy của mô hình, trước tiên cần xác định độ hội tụ của mô hình tức là thể hiện tính ổn định của kết quả mô phỏng, sau đó so sánh giữa kết quả mô phỏng và thử nghiệm để đánh giá tính tin cậy của mô hình.

Hình 4 thể hiện kết quả so sánh công suất và suất tiêu hao nhiên liệu giữa mô phỏng và thực nghiệm ở chế độ 100% tải. Kết quả cho thấy đường đặc tính công suất và tiêu hao nhiên liệu giữa mô phỏng và thực nghiệm là khá tương đồng, giá trị sai lệch công suất trung bình toàn dải tốc độ mô phỏng và thực nghiệm theo đường đặc tính ngoài là 2,12% và giá trị sai lệch lớn nhất là 2,63% tại tốc độ 2000 v/ph. Trong khi đó, giá trị suất tiêu hao nhiên liệu sai lệch trung bình trên toàn dải tốc độ là 2,52% và giá trị sai lệch lớn nhất là 3,06% ở tốc độ 2000 v/ph. Các sai lệch này có thể do sai số từ các phép đo trong quá trình thử nghiệm hoặc do các thông số nhập cho mô hình. Tuy nhiên các sai lệch khá nhỏ, trong phạm vi nghiên cứu mô phỏng có thể chấp nhận được. Như vậy có thể kết luận mô hình động cơ D1146TI xây dựng trên phần mềm AVL-Boost đạt độ tin cậy, do đó có thể sử dụng mô hình này để nghiên cứu mô phỏng các vấn đề liên quan đến động cơ D1146TI.



Hình 4. Đặc tính công suất và tiêu hao nhiên liệu ở chế độ 100% tải giữa mô phỏng và thực nghiệm

Hình 5. Diễn biến nhiệt độ trong xylanh ở các chế độ 50%, 75% tải và tốc độ 2000v/ph trong trường hợp có và có lắp hệ thống EGR

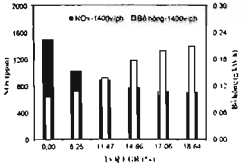
4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

4.1. Ảnh hưởng của EGR đến phát thải của động cơ

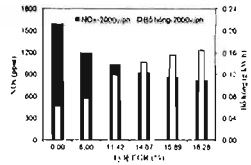
Hình 5 thể hiện kết quả mô phỏng diễn biến nhiệt độ trong xylanh ở chế độ 50%, 75% tải và 2000 v/ph trong các trường hợp có và có lắp hệ thống EGR. Kết quả trên cho thấy ở chế độ 50%, 75% tải khi có lắp hệ thống EGR nhiệt độ quá trình cháy đều giảm và mức độ giảm tăng dần khi tăng tải. Nguyên nhân là khi thực hiện EGR đã làm ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình cháy dẫn đến nhiệt độ quá trình cháy giảm. Đây là nguyên nhân chính làm giảm khả năng hình thành NO trong động cơ diesel.

Kết quả mô phỏng ảnh hưởng của tỷ lệ EGR đến phát thải NO_X và bồ hóng (kết quả mô phỏng đưa ra thành phần bồ hóng đặc trưng cho phát thải PM) ở chế độ 50%, 75% tải tại các tốc độ 1400 v/ph và 2000 v/ph được thể hiện trên hình 6-9. Kết quả trên hình 6 và 7 thể hiện phát thải NO_X và bồ hóng ở 50% tải khi thay đổi tỷ lệ EGR ứng với các tốc độ 1400 v/ph và 2000 v/ph. Trong trường hợp tốc độ 1400 v/ph, khi tỷ lệ EGR là 18,64% thì phát thải NO_X giảm 52,92% trong khi đó phát thải bồ hóng tăng 120,51%. Đối với chế độ tốc độ 2000 v/ph, với tỷ lệ EGR là 18,28% thì phát thải NO_X giảm 48,78%, trong khi đó phát thải bồ hóng tăng 212,6%. Như vậy, ở chế độ 50% tải, để đạt được mục đích giảm đáng kể phát thải NO_X ở các tốc độ khác nhau phải mở hoàn toàn van EGR. Tuy nhiên phát thải bồ hóng lại tăng lên rất cao. Chính vì thế trong trường hợp này cần kết hợp các giải pháp giảm phát thải bồ hóng như sử dụng bộ lọc bụi khối DPF.

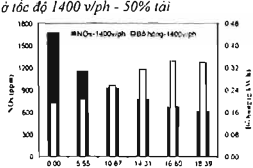
Hình 8 và 9 thể hiện nồng độ phát thải NO_X và bồ hóng ở 75% tải khi thay đổi tỷ lệ EGR ứng với các tốc độ 1400 v/ph và 2000 v/ph. Trường hợp tốc độ 1400 v/ph, khi tỷ lệ EGR là 18,39% thì phát thải NO_X giảm 63,18% trong khi đó phát thải bồ hóng tăng 96,22%. Đối với chế độ tốc độ 2000 v/ph, với tỷ lệ EGR là 17,99% thì phát thải NO_X giảm 59,16%, trong khi đó phát thải bồ hóng tăng 159,2%.



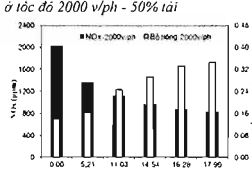
Hình 6. Phát thải NO_x và bồ hóng theo tỷ lệ EGR ở tốc độ 1400 v/ph - 50% tải



Hình 7. Phát thải NO_x và bồ hóng theo tỷ lệ EGR ở tốc độ 2000 v/ph - 50% tải



Hình 8. Phát thải NO_x và bồ hóng theo tỷ lệ EGR ở tốc độ 1400 v/ph - 75% tải



Hình 9. Phát thải NO_x và bồ hóng theo tỷ lệ EGR ở tốc độ 2000 v/ph - 75% tải

Như vậy, ở chế độ 75% tải, khi van EGR mở hoàn toàn có thể giảm phát thải NO_X tới 60%, tuy nhiên trong trường hợp này phát thải bồ hóng cũng tăng lên khá nhiều. Chính vì thế để ứng dụng biện pháp EGR ở các chế độ tải cao luôn phải kết hợp với các biện pháp giảm phát thải bồ hóng. Trong nghiên cứu này đã sử dụng kết hợp biện pháp ứng dụng bộ xúc tác ôxy hóa DOC và bộ lọc DPF để giảm phát thải PM khi dùng biện pháp luân hồi khí thải để giảm NO_X.

4.2. Ảnh hưởng của hệ thống giảm phát thải đến mức phát thải của động cơ

Kết quả mô phỏng động cơ trong cả 2 trường hợp có và không có lắp bộ xử lý DOC cùng lọc DPF theo chu trình thử ECE R49 được thể hiện trong bảng 3. Kết quả cho thấy thành phần phát thải CO giảm khá lớn tương ứng là 67,66%, còn phát thải NO_X giảm 5,18%. Trong khi đó phát thải bồ hóng giảm đáng kể đạt tới 69,62%. Kết quả trên cho thấy hiệu quả của DOC và DPF trong việc xử lý phát thải CO và bồ hóng. Trong trường hợp này phát thải bồ hóng đạt giá trị gần tương đương với tiêu chuẩn Euro3 ứng với thành phần PM. Như vậy chứng tỏ việc sử dụng bộ DOC và DPF là hiệu quả.

Tuy nhiên, để phát huy tốt khả năng xử lý và lọc của bộ DOC và DPF với các thành phần phát thải NO_X và PM của động cơ đạt tiêu chuẩn thì cần thiết phải phối hợp với hệ thống EGR sao cho hợp lý.

Bảng 3. Kết quả mô phỏng thành phần phát thải khi có và không có lắp bộ DOC và DPF theo chu trình thử ECE R49

Thành phần	Đơn vị	Không có DOC và DPF	Có DOC và DPF	So sánh (%)	Tiêu chuẩn Euro3
NO_X	g/kW h	14,532	13,779	- 5,18	5,0
CO	g/kW h	1,178	0,381	- 67,66	2,1
Bồ hóng	g/kW h	0,214	0,065	-69,62	-

Bảng 4. Kết quả mô phỏng các thành phần phát thải khi có và không có lắp hệ thống EGR, DOC và DPF theo chu trình thử ECE R49

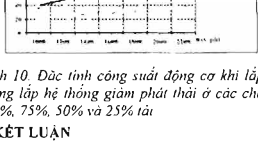
Thành phần	Đơn vị	Không có HTGPT	Có HTGPT	So sánh (%)	Tiêu chuẩn Euro3
NO_X	g/kW h	14,532	4,684	- 67,77	5,0
CO	g/kW h	1,178	0,798	- 32,26	2,1
Bồ hóng	g/kW h	0,214	0,082	- 61,68	-

Bảng 4 thể hiện kết quả mô phỏng các thành phần phát thải theo chu trình ECE R49 cho cả 2 trường hợp có lắp và không lắp hệ

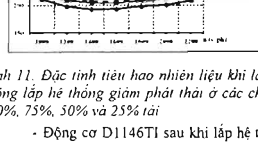
thống giảm phát thải gồm có EGR, DOC và DPF. Kết quả cho thấy sau khi lắp bộ giảm phát thải thì thành phần phát thải NO_X, CO và bồ hóng đều giảm đáng kể. Trong đó, thành phần CO giảm 32.26%, NO_X giảm 67,77%, bồ hóng giảm 61,68% và các thành phần phát thải này đều đạt tiêu chuẩn phát thải Euro3.

4.3. Ảnh hưởng của hệ thống giảm phát thải đến tính năng kỹ thuật của động cơ

Sau khi trang bị hệ thống giảm phát thải EGR, DOC và DPF sẽ gây ảnh hưởng đến quá trình cháy và thải của động cơ. Do đó công suất và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ cũng sẽ bị ảnh hưởng. Hình 10 và 11 thể hiện kết quả mô phỏng công suất và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ khi làm việc ở chế độ 100%, 75%, 50% và 25% khi có và không lắp hệ thống giảm phát thải. Kết quả cho thấy ở các chế độ tải công suất của động cơ giảm và suất tiêu hao nhiên liệu tăng ở các chế độ tải khi có lắp hệ thống giảm phát thải. Khi tăng tải thì mức độ giảm công suất tăng. Tuy nhiên mức độ giảm công suất và tăng suất tiêu hao nhiên liệu khi lắp hệ thống giảm phát thải lớn nhất là 5,5% và 8% ở chế độ 2000 v/ph và 100% tải.



Hình 10. Đặc tính công suất động cơ khi lắp và không lắp hệ thống giảm phát thải ở các chế độ 100%, 75%, 50% và 25% tải



Hình 11. Đặc tính tiêu hao nhiên liệu khi lắp và không lắp hệ thống giảm phát thải ở các chế độ 100%, 75%, 50% và 25% tải

5. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết quả mô phỏng động cơ D1146TI có lắp hệ thống EGR kết hợp với bộ DOC và DPF bằng phần mềm AVL-Boost có thể đưa ra các kết luận sau:

- Xây dựng thành công mô hình động cơ D1146TI có lắp hệ thống giảm phát thải trên phần mềm AVL-Boost.

- Đánh giá được mức độ ảnh hưởng của tỷ lệ EGR đến giảm phát thải NO_X của động cơ ở các chế độ làm việc. Đây là cơ sở quan trọng cho việc xác định tỷ lệ EGR tối ưu để đảm bảo phát thải NO_X đạt yêu cầu nhưng không tăng quá cao hàm lượng bồ hóng.

- Động cơ D1146TI sau khi lắp hệ thống giảm phát thải, mức độ giảm phát thải là 32,26% đối với CO, 67,77% đối với NO_X và đạt tiêu chuẩn Euro3. Thành phần phát thải bồ hóng giảm tới 61,68%. Trong khi đặc tính công suất và tiêu hao nhiên liệu không bị ảnh hưởng nhiều.

- Các kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng có thể sử dụng hữu ích trong bước tiếp theo của quá trình thiết kế và chế tạo hệ thống giảm phát thải cho động cơ diesel lắp trên xe buýt đang lưu hành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. N. Horibe and T. Ishiyama; Relations among NO_X, pressure rise rate, HC and CO in LTC operation of a diesel engine, SAE paper No. 2009-01-1443.

2. K. Mollenhauer, H. Tschocke; Handbook of Diesel Engines, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, ISBN 978-3-540-89082-9, 2010.

3. A. Kumar Agrawal; Effect of EGR on the Exhaust Gas Temperature and Opacity in Compression Ignition Engines, Department of Mechanical Engineering and Environmental Egineering and Management, Indian Intitude of Technology, paper 275-284 vol. 29, part 3, 2004.

4. N. Dronniou, M. Lejeune, I. Ballou and P. Higelin; Combination of High EGR Rates and Multiple Injection Strategies to Reduce Pollutant Emissions, SAE paper No. 2005-01-3726.

5. M. Aken, F. Willems and D. Jong; Appliance of High EGR Rates With a Short and Long Route EGR System on a Heavy Duty Diesel Engine, SAE paper No. 2007-0906.

6. A. Yamashita, H. Ohki, T. Tomoda and K. Nakatani; Development of low pressure loop EGR system for diesel engines, SAE paper No. 2011-01-1413.

7. Đinh Xuân Thành, Lê Anh Tuấn, Phạm Văn Thề và Khổng Vũ Quảng; Nghiên cứu giải pháp giảm phát thải NO_X và khói đen cho động cơ diesel lắp trên xe buýt, Tạp chí khoa học và công nghệ, ISSN 1859-3585, 3/2011.

8. Đinh Xuân Thành, Khổng Vũ Quảng, Lê Anh Tuấn, Phạm Văn Thề; Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của luân hồi khí thải đến phát thải NO_X của động cơ diesel D1146TI, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, ISSN 0866-7056, 10/2011

9. Khổng Vũ Quảng; Nghiên cứu công nghệ giảm phát thải cho động cơ diesel lắp trên xe buýt Hà Nội, Báo cáo tổng kết đề tài cấp Thành Phố, MS: 01C-09/02-2010-2, 9/2011.

Địa chỉ liên hệ: Khổng Vũ Quảng – Tel: 0904209443, Email: quang.khongvu@mail.hust.edu.vn
Bộ môn Động cơ đốt trong, Viện Cơ khí Động lực
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
Số 1 – Đại Cồ Việt – Hai Bà Trưng – Hà Nội