

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG PHÁT TRIỂN ĐỘNG CƠ RCCI TRÊN ĐỘNG CƠ DIESEL PHUN NHIÊN LIỆU TRỰC TIẾP

SIMULATION STUDY TO DEVELOP REACTIVITY CONTROL COMPRESSION-IGNITION ENGINE (RCCI) FROM DIRECT-INJECTION DIESEL ENGINE

Nguyễn Ngọc Dũng¹, Nguyễn Văn Đông²

¹Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Tp.Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt - Nghiên cứu phát triển động cơ sử dụng công nghệ RCCI (Reactivity Controlled Compression Ignition) hiện đang là một trong những hướng nghiên cứu chính giúp giảm thành phần ô nhiễm động cơ diesel. Mục tiêu chính là nghiên cứu mô phỏng phát triển động cơ sử dụng công nghệ RCCI dựa trên nền động cơ diesel nghiên cứu AVL 5402 và phần mềm mô phỏng AVL Boost. Mô hình AVL MCC và mô hình truyền nhiệt là Woschni trong phần mềm AVL Boost được sử dụng để mô phỏng động cơ. Kết quả mô phỏng cho thấy động cơ sử dụng công nghệ RCCI cho quá trình cháy tốt hơn so với động cơ diesel truyền thống, giúp nâng cao công suất, giảm thành phần phát thải NOx và soot. Kết quả nghiên cứu đóng góp một phần cho sự nghiên cứu phát triển hoàn thiện động cơ RCCI.

Từ khóa - mô phỏng động cơ; động cơ RCCI; động cơ diesel phun nhiên liệu trực tiếp; khí thải; mô hình AVL MCC.

1. Giới thiệu

Với lịch sử phát triển hơn một thế kỷ, động cơ đốt trong (ĐCĐT) ngày nay vẫn đóng một vai trò quan trọng trong xã hội, đó là nguồn động lực chính cho giao thông vận tải, thương mại và sản xuất năng lượng. ĐCĐT cung cấp nguồn động lực cho các vật dụng phục vụ cho cuộc sống hằng ngày của con người (máy bơm, máy cắt cỏ, máy phát điện...), máy kéo, phương tiện giao thông hàng không & đường biển, xe gắn máy và hơn 750 triệu xe ô tô con trên thế giới [1].

Trong năm 2012, 60 triệu ô tô con được sản xuất, tăng 50% so với thập kỷ trước. Một phần của sự gia tăng đó là do Trung Quốc trở thành thị trường tiêu thụ ô tô lớn nhất thế giới năm 2011, sản xuất một phần tư số lượng xe ô tô của thế giới. Một phần ba số lượng ô tô sản xuất ra là ở các nước liên minh Châu Âu, một nửa trong số đó được trang bị động cơ diesel do hiệu suất sử dụng nhiên liệu của động cơ diesel cao.

Vì vậy, các nghiên cứu phát triển động cơ ngày nay bao gồm cả động cơ xăng và động cơ diesel, với số lượng động cơ lớn như vậy thì chỉ cần một sự cải thiện nhỏ trong hiệu suất cũng mang lại một tác động rất lớn tới kinh tế và môi trường.

Với số lượng phương tiện và động cơ đốt trong như hiện nay trên toàn thế giới, một ngày thế giới tiêu thụ khoảng 86 triệu thùng dầu thô, trong đó 70% dùng cho ĐCĐT. Đi kèm theo đó là vấn đề về ô nhiễm môi trường bởi các chất thải từ ĐCĐT như nito oxit (NOx), soot (PM), cacbon dioxid (CO₂)... Hằng năm, toàn thế giới thải ra trên dưới 37 tỉ tấn CO₂, đóng góp một phần đáng kể vào khí thải nhà kính, gây một mối lo ngại lớn về biến đổi khí hậu toàn cầu. Vấn đề ô nhiễm ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường sống, sức khỏe con người và sinh vật trên Trái đất [2].

Do đó các nước trên thế giới áp dụng những quy định

Abstract - Studying reactivity controlled compression ignition (RCCI) engine is one of the most important ways introduced to diesel engine to reduce exhaust gas emission. The main objective of this research is to study RCCI engine based on simulation. AVL MCC model and Woschni model in AVL Boost software are used to simulate engine combustion and performance of characteristics. The result showed that RCCI engine illustrated better combustion process than conventional diesel engine, which increased engine performance and decreased NOx and soot emissions. The study has made contributions to the research and development of RCCI engine.

Key words - engine simulation; RCCI engine; direct-injection diesel engine; emission; AVL MCC model.

ngày càng nghiêm ngặt hơn về phát thải ô nhiễm bởi phương tiện giao thông. Việc sử dụng nhiên liệu hiệu quả hơn có thể làm giảm đáng kể các khí thải nhà kính.

Mặc dù với các điểm hạn chế như đã nêu trên, nhưng ĐCĐT sử dụng nhiên liệu hóa thạch vẫn phổ biến. Xăng và diesel có mật độ năng lượng cao (khoảng 40MJ/kg) dễ bảo quản và vận chuyển. Tuy nhiên, chỉ một phần nhỏ năng lượng từ nhiên liệu chuyển thành động lực cho các phương tiện. Quá trình khai thác, chế biến, vận chuyển dầu thô từ giàn khoan cho đến người tiêu dùng lấy đi khoảng 20% năng lượng từ lượng dầu khai thác. Đối với một ô tô sử dụng động cơ cháy cưỡng bức thì chỉ khoảng 18% năng lượng của lượng nhiên liệu sử dụng đến được hệ thống động lực của xe (mất mát bởi hiệu suất của động cơ do tỏa nhiệt & ma sát, các hệ thống phụ trợ...), sau khi trải qua mất mát ở hệ thống động lực thì chỉ còn lại khoảng 12% năng lượng truyền đến bánh xe, hiệu suất sử dụng nhiên liệu là rất thấp.

Vấn đề về việc sử dụng nhiên liệu không hiệu quả của động cơ đốt trong được chú trọng đặc biệt và có rất nhiều đề xuất thay thế ĐCĐT bằng các nguồn động lực có hiệu suất sử dụng năng lượng cao hơn. Nhiều ý tưởng mới được đề xuất, nhưng do phức tạp, chi phí cao, khó áp dụng vào thực tế (như động cơ Stirling, động cơ Wankel, năng lượng Mặt trời, động cơ hydrogen...). Các loại xe hybrid hoặc xe điện có ưu điểm khi áp dụng cho các phương tiện nhỏ, tuy nhiên có nhiều bất lợi khi áp dụng trên các phương tiện có tải trọng lớn đòi hỏi tính bền bỉ và khoảng cách di chuyển dài. Mặt khác, hiệu suất của các nhà máy điện thường thấp hơn 50%, chưa kể đến các thất thoát khác trong quá trình sản xuất điện. Hơn nữa, mất mát trong quá trình lưu trữ điện năng cũng đáng kể, kể mặc dù hiệu suất sử dụng của động cơ điện có thể đạt tới 90%. Đó là những hạn chế rất lớn khi áp dụng xe điện vào thực tế.

Với chi phí ở mức hợp lý, bền bỉ, tiện lợi cùng với việc sử dụng loại nhiên liệu phổ biến dễ dàng tìm thấy hầu như ở mọi nơi thì việc thay thế ĐCĐT là rất khó thực hiện. Tuy nhiên, có thể thấy được ĐCĐT sử dụng nhiên liệu hóa thạch sẽ không thể duy trì trong một thời gian dài (cạn kiệt dầu mỏ), do đó cần phải có nhiều nghiên cứu hơn nữa để tìm ra giải pháp hợp lý thay thế cho ĐCĐT. Hiện nay, việc phát triển các loại nhiên liệu mới cho ĐCĐT, nhiên liệu có nguồn gốc hữu cơ thay thế cho nhiên liệu có nguồn gốc vô cơ truyền thống cũng đang được chú trọng, như khí thiên nhiên hóa lỏng, nhiên liệu sinh học... Với nguồn dầu mỏ có hạn, việc cải thiện hiệu suất ĐCĐT cũng như phát triển các mẫu động cơ mới sử dụng các loại nhiên liệu thay thế, giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch là rất hứa hẹn.

Các nghiên cứu trên ĐCĐT ngày nay tập trung chuyên sâu vào quá trình cháy của nhiên liệu, thành phần hóa học của nhiên liệu, nâng cao chất lượng hòa trộn của hỗn hợp cháy để cải thiện hiệu suất của động cơ. Với sự phát triển của các thiết bị hỗ trợ giúp cho việc mô phỏng các yếu tố tác động tới quá trình cháy trong buồng đốt trở nên dễ dàng hơn cùng với sự phát triển vượt bậc của máy tính giúp mô phỏng chính xác hơn quá trình cháy trong buồng đốt, điều mà vốn dĩ trước đây gần như không thể tiếp cận được. Nhiều mô hình ĐCĐT với hiệu suất cao, phát thải ô nhiễm thấp đã ra đời, như động cơ cháy ở nhiệt độ thấp LTC (Low Temperature Combustion). LTC mang lại hiệu suất cao hơn động cơ diesel thông thường cùng với nhiệt độ cháy thấp nên kiểm soát được NOx. LTC gồm có các dạng: Động cơ HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition); động cơ PCCI (Premixed Charge Compression Ignition) và động cơ RCCI (Reactivity Controlled Compression Ignition).

Động cơ HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) mang tính chất của động cơ cháy cưỡng bức (động cơ xăng thông thường) và động cơ cháy nén (động cơ diesel thông thường). Ngoài xăng và diesel thì HCCI còn có thể sử dụng nhiều loại nhiên liệu thay thế khác. Hiệu suất của động cơ HCCI đạt cao hơn động cơ xăng. Với hỗn hợp cháy gần như đồng nhất và nhiệt độ cháy không quá cao, phát thải NOx và soot giảm đáng kể. Tuy nhiên, động cơ HCCI không có một tác nhân trực tiếp nào điều khiển thời điểm bắt đầu cháy của hỗn hợp nhiên liệu, đối với HCCI thời điểm đó phụ thuộc vào nhiệt độ, thành phần của hỗn hợp và tỉ số nén của động cơ, nên việc điều khiển thời điểm bắt đầu cháy là một trở ngại rất lớn cho việc áp dụng động cơ HCCI vào thực tế [3].

Động cơ PCCI (Premixed Charge Compression Ignition) là một dạng biến thể của động cơ HCCI nhằm nâng cao khả năng kiểm soát thời điểm bắt đầu cháy của nhiên liệu, nhưng vẫn đảm bảo phát thải ô nhiễm ở mức thấp. Thời điểm phun của nhiên liệu được điều khiển để cho quá trình bắt đầu cháy của hỗn hợp xảy ra ở nhiều vùng trong buồng đốt với thời gian bắt đầu cháy khác nhau, quá trình đốt cháy nhiên liệu ở động cơ PCCI tốt hơn so với động cơ HCCI, tuy nhiên vẫn tồn tại nhiều hạn chế khi động cơ thay đổi vùng tải hoạt động do chỉ sử dụng một hỗn hợp nhiên liệu hòa trộn trước [3].

Động cơ RCCI (Reactivity Controlled Compression Ignition) là một hướng phát triển mới của dạng động cơ cháy ở nhiệt độ thấp. Năm 2010, giáo sư R.D Reitz, khoa Cơ khí, trường Đại học Wisconsin (Mỹ) đã nộp đơn xin cấp

bằng phát minh về điều khiển quá trình cháy động cơ thông qua điều khiển quá trình phản ứng của nhiên liệu (Động cơ RCCI). Đây là hướng phát triển mới trong ngành động cơ đốt trong thế giới trong việc giải quyết bài toán về năng lượng, môi trường và nâng cao tính kinh tế của động cơ. Động cơ RCCI là động cơ sử dụng hai nhiên liệu, trong đó việc điều khiển quá trình cháy thông qua điều khiển quá trình phản ứng của nhiên liệu. RCCI là một biến thể từ động cơ HCCI, trong đó động cơ RCCI cung cấp quá trình điều khiển quá trình đốt cháy nhiên liệu tốt hơn bằng cách điều khiển trực tiếp tỷ lệ hỗn hợp nhiên liệu tương ứng với từng điều kiện hoạt động cụ thể của động cơ. Mức phát thải NOx và soot có thể thỏa mãn tiêu chuẩn khí thải hiện tại bên trong buồng đốt, mà không cần các thiết bị xử lý khí thải mắc tiền như ở động cơ diesel (SCR, DPF). Các cặp nhiên liệu có thể được sử dụng trong động cơ RCCI là hỗn hợp xăng và diesel, ethanol và bio-diesel, xăng và xăng pha thêm phụ gia làm tăng chỉ số cetane [1, 4, 5].

Động cơ cháy ở nhiệt độ thấp (LTC), điển hình là động cơ RCCI, là một hướng phát triển mới cho ngành động cơ đốt trong trên thế giới nói chung và ở Việt Nam nói riêng. Tuy nhiên, ở Việt Nam thì việc nghiên cứu thử nghiệm loại động cơ này chưa nhiều. Với những lợi ích mà động cơ RCCI mang lại như đã trình bày ở phần trên thì việc phát triển loại động cơ này có ý nghĩa thực tiễn rất lớn đối với kinh tế và môi trường. Do đó, mục tiêu chính là nghiên cứu mô phỏng phát triển động cơ RCCI từ các kết quả thực nghiệm của động cơ diesel 1 xy-lanh 5402 tại PTN trọng điểm Động cơ Đốt trong. Kết quả mô phỏng từ nghiên cứu này sẽ là cơ sở để chế tạo mô hình thử nghiệm trong tương lai.

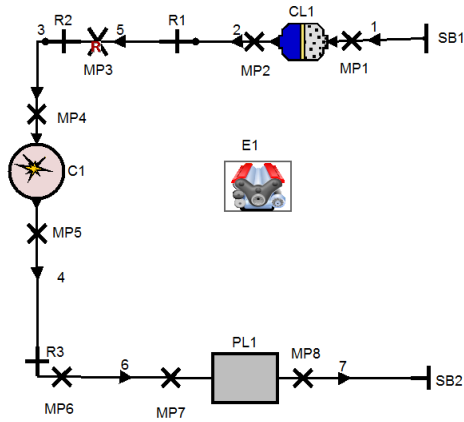
2. Xây dựng mô hình mô phỏng động cơ AVL 5402

Phần mềm chuyên dùng AVL Boost được sử dụng trong nghiên cứu này để mô phỏng phát triển động cơ RCCI từ động cơ AVL 5402. Động cơ AVL 5402 là động cơ diesel nghiên cứu 1 xy-lanh, phun nhiên liệu trực tiếp, điều khiển điện tử. Bảng 1 trình bày các thông số cơ bản của động cơ.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của động cơ 5402

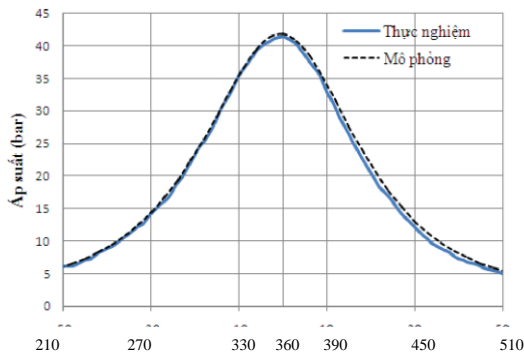
Thông số	Giá trị
Số xy-lanh	1
Đường kính x hành trình (mmxmm)	85 x 90
Thể tích công tác (V_h) (cm^3)	510,7
Tỉ số nén	17,1
Công suất cực đại (kW)	8
Tốc độ cực đại (vòng/phút)	4200
Hệ thống phun nhiên liệu	Common Rail
Số lỗ kim phun	5
Đường kính lỗ kim phun (mm)	0,17
Áp suất phun (bar)	800
Thời điểm phun (độ trước điểm chết trên)	20

Xem xét từ mô hình động cơ AVL 5402 thực tế, mô hình mô phỏng được xây dựng như trong Hình 1. Trong đó, các phân tử trong mô hình gồm 1 bộ lọc gió (CL); 1 động cơ (E); 1 xy-lanh (C); 1 bình ổn áp (PL); 7 điểm đo (MP); 2 điểm điều kiện đầu vào (SB); 3 phân tử cảm dòng (R); 7 đoạn ống nối (1, 2 ... 7). Điểm đo R trong mô hình là điểm đo hiệu suất thể tích cho ra các thông số về lưu lượng và nhiệt độ khí nạp.

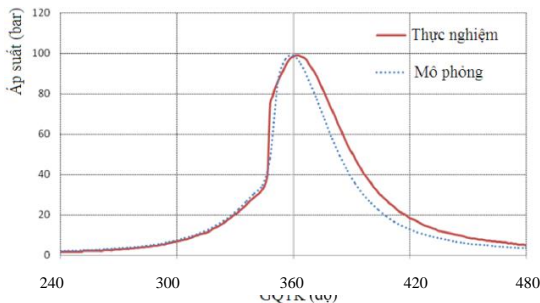


Hình 1. Mô hình động cơ AVL 5402 mô phỏng

Để đảm bảo tính chính xác của mô hình mô phỏng động cơ AVL 5402 trên AVL Boost, ta so sánh kết quả chạy mô phỏng với kết quả thực tế.



Hình 2. Áp suất xy lanh khi không phun nhiên liệu



Hình 3. Áp suất xy lanh khi có phun nhiên liệu

Áp suất xy lanh khi không phun nhiên liệu được thể hiện trong Hình 2. Động cơ được kéo quay bởi mô-tơ điện để đo đường áp suất nén. Kết quả so sánh giữa thực nghiệm và mô phỏng cho kết quả tương tự nhau. Hình 3 là kết quả áp suất xy lanh khi có phun nhiên liệu (kết quả thực nghiệm ngày 1 tháng 6 năm 2004). Động cơ hoạt động tại số vòng quay 2000 (v/p), không phun mồi, lượng nhiên liệu cung cấp cho mỗi chu kỳ hoạt động là 35 (mm³) tại áp suất phun 800 (bar), phun tại 20 độ trước điểm chết trên. Từ các kết quả trên ta có thể kết luận mô hình mô phỏng động cơ 5402 có thể được sử dụng để chạy các kết quả thay thế cho động cơ thực tế. Các kết quả mô phỏng động cơ RCCI sẽ được so sánh với các kết quả mô phỏng của mô Hình 5402 vừa thiết lập này.

3. Xây dựng mô hình mô phỏng động cơ RCCI dựa trên mô hình mô phỏng động cơ AVL 5402

RCCI là động cơ sử dụng hai nhiên liệu, vì vậy mô hình

tính toán mô phỏng sẽ xây dựng trên cơ sở này. Bằng cách kết hợp mô hình động cơ phun diesel trực tiếp và động cơ phun xăng trên đường ống nạp. Như vậy, mô hình mô phỏng động cơ RCCI sẽ dựa trên mô hình mô phỏng động cơ AVL 5402, điểm khác nhau là việc thay đổi hệ thống cung cấp nhiên liệu và điều chỉnh một số thông số về nhiên liệu.

3.1. Mô hình hệ thống nhiên liệu

Nguyên tắc làm việc của động cơ diesel là hình thành hỗn hợp nhiên liệu và không khí bên trong buồng đốt. AVL Boost không mô hình hóa hệ thống nhiên liệu của động cơ diesel thành một phần tử cụ thể nào, mà bằng cách điều chỉnh nó bằng các thông số thông qua các mô hình cháy và mô hình truyền nhiệt.

Trong trường hợp của động cơ RCCI mà nền tảng là động cơ diesel AVL 5402 được bổ sung thêm hệ thống cung cấp nhiên liệu cho xăng. Như đã đề cập ở phần trên, ta cần bố trí kim phun xăng trên đường ống nạp để việc hòa trộn hỗn hợp khí diễn ra bên ngoài buồng đốt.

Mô hình cháy AVL_MCC được sử dụng để mô phỏng quá trình cháy. Mô hình này có ưu điểm là có thể thiết lập các trường hợp mô phỏng kim phun diesel, thời điểm phun diesel, số lần phun diesel một cách dễ dàng. Ngoài ra, mô hình này gần với các thiết lập của người dùng hơn các mô hình khác.

Các thông số đầu vào để phần mềm tính toán bao gồm: Khối lượng diesel được phun vào trong một chu kỳ, số lỗ kim phun, đường kính kim phun, áp suất đường ống, độ trễ của kim, độ nâng kim, áp suất kim...

3.2. Thiết lập lượng nhiên liệu dùng cho mô phỏng

Nhiệt trị của nhiên liệu diesel và xăng khác nhau, do đó cần phải thiết lập tỷ lệ lượng nhiên liệu quy đổi giữa diesel và xăng để cho lượng năng lượng cung cấp đầu vào giống nhau đối với các trường hợp mô phỏng giữa động cơ diesel và động cơ RCCI. Đây là cơ sở cho việc thiết lập lượng nhiên liệu dùng trong mô phỏng.

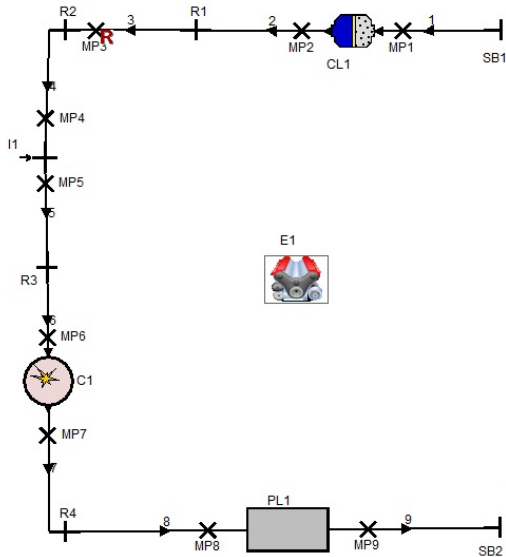
Nhiệt trị của nhiên liệu diesel và nhiên liệu xăng được chọn lần lượt là 42500 kJ/kg và 43500 kJ/kg.

Cách quy đổi từ 35 mm³ diesel như sau: 35 mm³ diesel → 35 × 10⁻⁶ lít diesel → 35 × 10⁻⁶ × 0.857 → 2.995 × 10⁻⁵ kg diesel. Lượng diesel này quy đổi ra năng lượng là tương đương 2.995 × 10⁻⁵ × 42500 = 1.273 kJ. Tương đương với mức năng lượng 1.273 kJ này, khối lượng xăng sẽ là: 1.273/43500 = 2.926 × 10⁻⁵ kg. Vậy muốn lấy 10% xăng thì ta chỉ cần lấy 10% của phần khối lượng 2.926 × 10⁻⁵ kg.

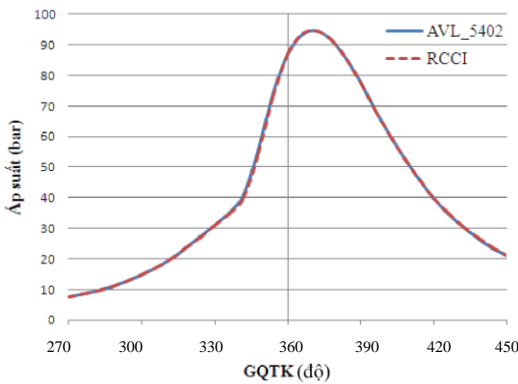
3.3. Mô hình RCCI

Mô hình động cơ RCCI được biểu diễn trong Hình 4. Mô hình bao gồm: một bộ lọc gió (CL1); một động cơ (E1); một xy lanh (C1); một kim phun xăng (I1); một bình ổn áp (PL1); chín điểm đo (MP); hai điểm điều kiện đầu vào (SB); bốn phần tử cản dòng (R); chín đoạn ống nối (1,2 .. 9).

Sau khi xây dựng mô hình RCCI, ta kiểm tra tính chính xác của mô hình RCCI bằng cách không cho phun xăng, phun diesel giống như động cơ AVL 5402 ở cùng điều kiện. Kết quả trên Hình 5 cho thấy mô hình động cơ RCCI vẫn có khả năng chạy như một động cơ diesel truyền thống. Điều đó cũng chứng tỏ mô hình RCCI đã thiết lập là chính xác.



Hình 4. Mô hình động cơ RCCI dùng cho mô phỏng trong AVL Boost

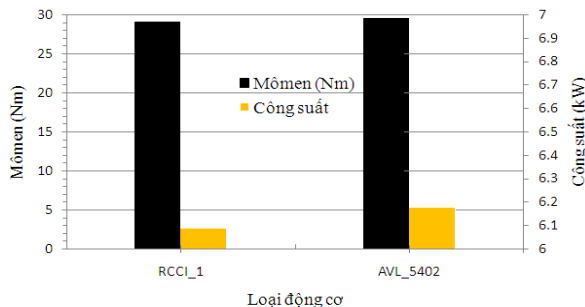


Hình 5. So sánh áp suất mô hình RCCI với mô hình AVL_5402

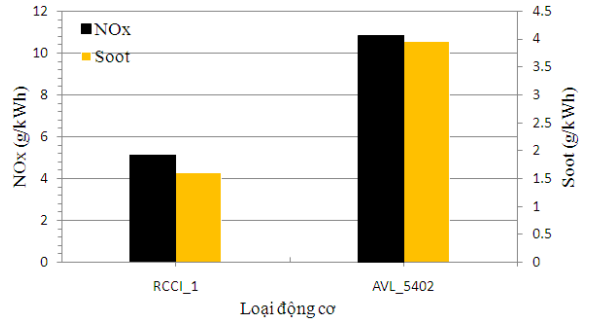
4. Mô phỏng mô hình động cơ RCCI phun xăng, phun diesel một lần (RCCI_1)

Thời điểm bắt đầu cháy ở động cơ RCCI_1 trễ hơn động cơ thời điểm bắt đầu cháy ở động cơ AVL_5402, nên khoảng thời gian cháy ở động cơ 5402 cũng dài hơn.

Mặc dù vậy, động cơ RCCI_1 đạt áp suất cực đại tại 9 độ sau ĐCT lớn hơn động cơ 5402, nhưng hiệu suất động cơ RCCI_1 lại nhỏ hơn do phần năng lượng được giải phóng thấp. Điều này có thể do sự không đồng nhất nhiên liệu sử dụng: động cơ AVL_5402 sử dụng 100% diesel, còn động cơ RCCI_1 sử dụng 95% diesel, 5% xăng (Hình 6).

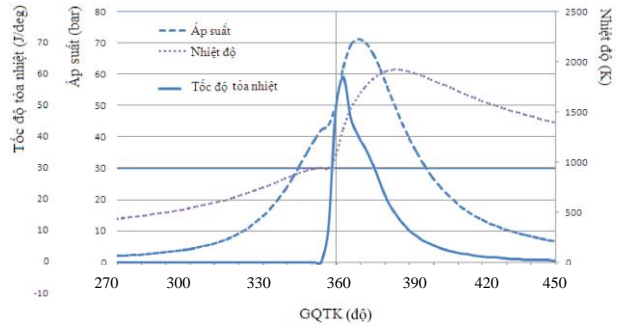


Hình 6. Đồ thị công suất, mômen động cơ RCCI_1 và động cơ AVL_5402

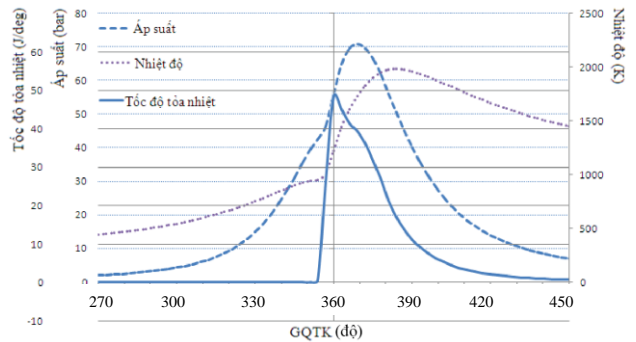


Hình 7. Đồ thị phát thải NOx, soot trên động cơ RCCI_1 và AVL_5402

Động cơ RCCI_1 có thành phần khí thải NOx thấp bởi vì có nhiệt độ cực đại buồng đốt thấp hơn (1923.36K so với 1987.90K); cùng với nhiệt độ tại vùng cháy của động cơ RCCI_1 thấp hơn (2656.16K so với 2694.11K). Soot ở trường hợp RCCI_1 ít hơn vì quá trình cháy diễn ra tốt hơn, áp suất cực đại đạt ở cùng GQTK lớn hơn, độ gia tăng áp suất lớn hơn (Hình 7).



Hình 8. Đồ thị áp suất, nhiệt độ, tốc độ toả nhiệt trường hợp động cơ RCCI_1



Hình 9. Đồ thị áp suất, nhiệt độ, tốc độ toả nhiệt trường hợp động cơ AVL_5402

Hình 8 và 9 cho ta kết quả mô phỏng phân tích sự cháy giữa mô hình RCCI_1 và AVL 5402. Hình dạng hai đồ thị không có sự khác nhau nhiều, quá trình cháy ở động cơ 5402 diễn ra sớm hơn và khoảng thời gian cháy dài hơn. Chính điều này làm cho nhiệt độ buồng đốt chậm giảm hơn so với động cơ RCCI_1.

Tốc độ toả nhiệt cực đại ở động cơ RCCI_1 là 60.5 J/deg, trong khi đó ở động cơ 5402 là 50 J/deg. Điều này chứng tỏ quá trình cháy ở động cơ RCCI_1 cháy mãnh liệt hơn.

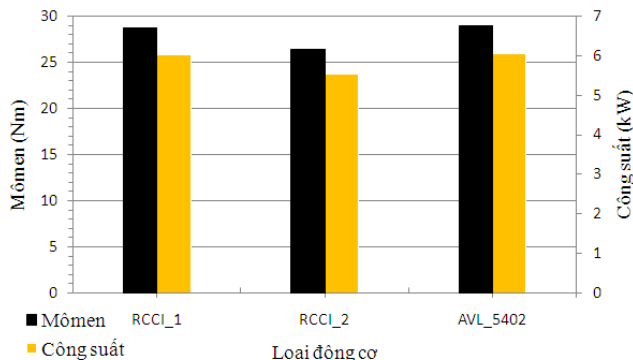
Độ dốc bên phải đồ thị tốc độ toả nhiệt ở động cơ RCCI_1 dốc hơn, điều này chứng tỏ nhiên liệu tham gia cháy trong giai đoạn cháy rút ở động cơ 5402 cao hơn và điều này cũng làm cho nhiệt độ buồng đốt chậm giảm hơn,

làm cho lượng NOx ở động cơ 5402 cao hơn.

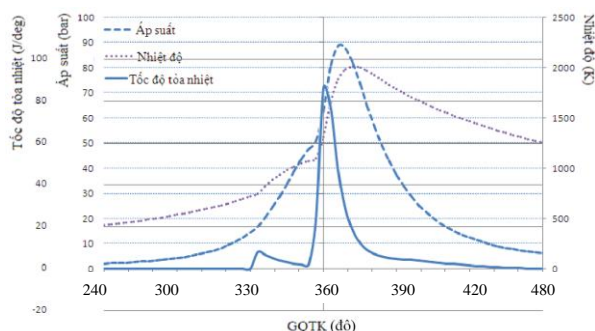
5. Mô phỏng mô hình động cơ RCCI phun xăng, phun diesel 2 lần (RCCI_2)

Tiếp theo sẽ tiến hành mô phỏng động cơ RCCI với các thông số được giữ nguyên, chỉ thay đổi cách thức phun diesel từ phun duy nhất diesel một lần thành phun diesel hai lần.

Cũng giống như trường hợp động cơ RCCI_1, mặc dù quá trình cháy động cơ RCCI_2 tốt hơn (áp suất cực đại 89.08 bar, độ gia tăng áp suất 6.65 bar/deg), nhưng hiệu suất của động cơ RCCI 2 thấp nhất, do năng lượng được giải phóng thấp (Hình 10).



Hình 10. Đồ thị mômen, công suất động cơ RCCI_1, RCCI_2 và AVL_5402



Hình 11. Đồ thị áp suất, nhiệt độ, tốc độ toả nhiệt động cơ RCCI_2

NOx của động cơ 5402 cao nhất do nhiệt độ vùng cháy cao (2725.73K), và cháy nghèo nhiên liệu hơn A/F=16.84. Động cơ RCCI_1 và RCCI_2 cháy giàu nhiên liệu hơn động cơ 5402, nhưng quá trình cháy tốt hơn nên lượng nhiên liệu chưa cháy ít hơn (Hình 11).

Đồ thị tốc độ toả nhiệt của động cơ RCCI_2 xuất hiện một đỉnh, đỉnh này xuất hiện do xăng cháy ở nhiệt độ thấp (Hình 11). Do sự cháy ở vùng này mà nhiệt độ cũng tăng cao bất thường, làm xuất hiện một đỉnh nhiệt độ thứ hai. Đồ thị áp suất cũng thay đổi theo, cũng xuất hiện một đỉnh thứ hai, so với cùng thời điểm 10 độ trước ĐCT ở động cơ RCCI_1 và 5402 thì áp suất buồng đốt ở động cơ RCCI_2 cao hơn (do xuất hiện cháy ở nhiệt độ thấp vừa nêu), nên động cơ RCCI_2 dễ dàng đạt áp suất cực đại sau ĐCT hơn.

Trong ba động cơ thì thời điểm bắt đầu cháy của động

cơ RCCI_2 là sớm nhất (-27 độ GQTK) và kéo dài nhất (155 độ GQTK). Độ dốc bên phải của đồ thị tốc độ toả nhiệt ở động cơ RCCI_2 là lớn nhất do lượng nhiên liệu tham gia trong giai đoạn cháy rất ít nhất, nên làm cho nhiệt độ buồng cháy nhanh giảm.

Tổng hợp các kết quả đạt được, ta nhận thấy động cơ RCCI với phun xăng và phun diesel hai lần có quá trình cháy xảy ra tốt hơn động cơ diesel truyền thống và động cơ sử dụng hai nhiên liệu. Tuy nhiên, hiệu suất chưa cao do mức độ giải phóng năng lượng ở động cơ RCCI còn thấp. Mặt khác, do có sự dung xăng, nên việc sử dụng động cơ AVL_5402 có tỷ số nén cao sẽ dễ gây hiện tượng kích nổ. Do vậy, ta tiến hành các cải tiến động cơ AVL_5402: Cải tiến thay đổi tỷ số nén, thay đổi thời điểm đóng xupáp nạp (IVC), thay đổi thời điểm mở xupáp nạp (IVO), thay đổi thời điểm mở xupáp xả (EVO).

6. Kết luận

Với những kết quả ghi nhận được, công nghệ RCCI đang chứng minh đây là một công nghệ rất có triển vọng. Động cơ RCCI có ưu điểm là quá trình cháy vượt trội so với động cơ diesel truyền thống: Áp suất cực đại cao, độ tăng áp suất cao, giảm được đáng kể thời gian cháy rút. Chính quá trình cháy tốt làm cho công suất, mômen, khí thải được cải thiện đáng kể so với động cơ diesel truyền thống.

Động cơ RCCI khi cho phun xăng ở thời điểm 298.88 độ (lượng phun xăng chiếm 5% tổng lượng nhiên liệu đưa vào buồng đốt), phun diesel lần đầu tiên 60 độ trước ĐCT, phun diesel lần hai là 10 độ trước ĐCT (lượng phun diesel lần 1 chiếm 30% tổng lượng diesel phun vào) thì công suất cao hơn động cơ diesel hiện hữu, lượng khí thải cũng giảm đáng kể.

Từ kinh nghiệm khi thực hiện nghiên cứu này, tác giả nhận thấy để bước đầu tiếp cận với công nghệ mới như RCCI, HCCI... bằng phần mềm mô phỏng thì việc sử dụng phần mềm AVL_Boost, là phần mềm mạnh, các kết quả đầy đủ, và dễ sử dụng cho người dùng là hợp lý, khả thi nhất. Từ những kết quả khi chạy các phần mềm này, người dùng có thể sử dụng các phần mềm cao cấp hơn như AVL_Fire để nghiên cứu chuyên sâu hơn quá trình hoạt động của động cơ trong các giai đoạn nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Directions in internal combustion engine research, Rolf D. Reitz, Combustion and Flame 160 (2013) 1–8.
- [2] Wikipedia, Engine Efficiency, http://en.wikipedia.org/wiki/Engine_efficiency.
- [3] Performance of advanced combustion modes with alternative fuels: reactivity controlled compression ignition case study, Scott Curran, Reed Hanson, Teresa Barone, John Storey, and Robert Wagner, Energy & Transportation Science Division, Oak Ridge National Laboratory.
- [4] Gasoline direct injection, Mustafa Bahattin Çelik and Bülent Özdaylan, Karabuk University, Engineering Faculty, Turkey.
- [5] Low temperature oxidation catalyst development and applications - Joseph A. Holroyd, Rochester, NY 14604.