

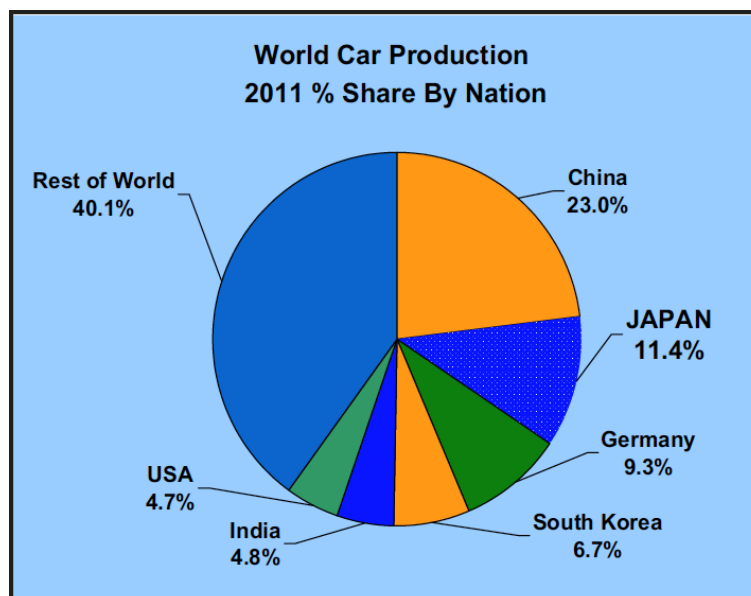
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1. Giới thiệu chung

Khuyňh hướng phát triển của động cơ đốt trong

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.

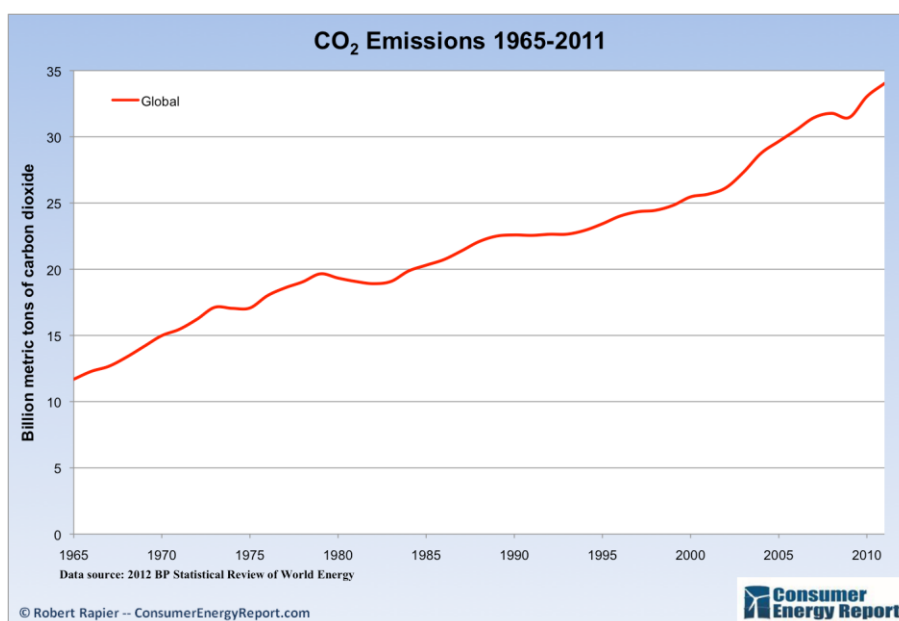
Trong năm 2012, 60 triệu ô tô con được sản xuất, tăng 50% so với thập kỉ trước. Một phần của sự gia tăng đó là do Trung Quốc trở thành thị trường tiêu thụ ô tô lớn nhất thế giới năm 2011, sản xuất một phần tư số lượng xe ô tô của thế giới. Một phần ba số lượng ô tô sản xuất ra là ở các nước liên minh 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.



Hình 1.1: Thị phần sản xuất ô tô trên thế giới năm 2011 [14].

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 dioxit (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.

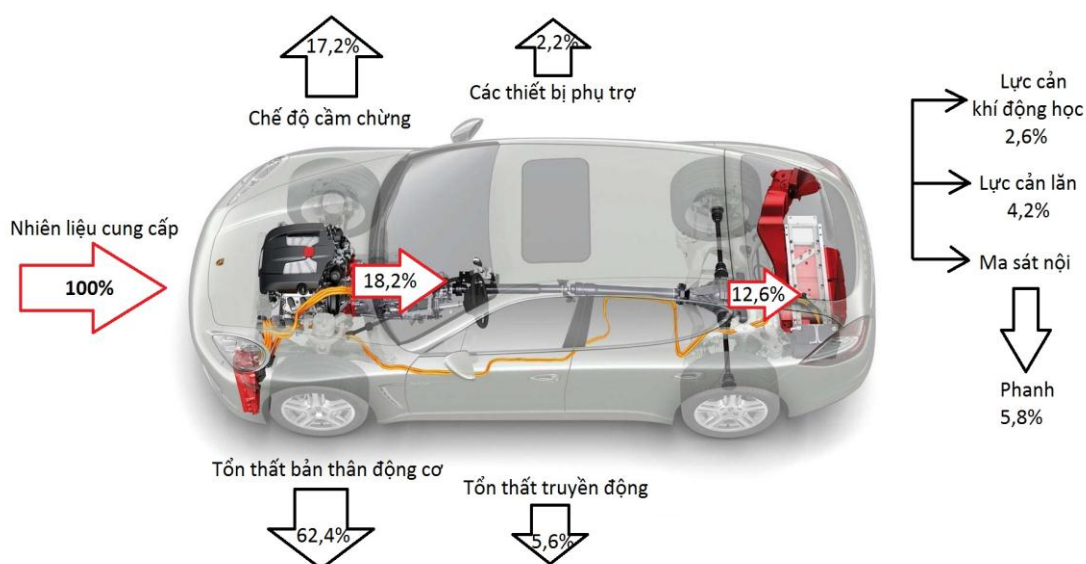


Hình 1.2: Phát thải ô nhiễm CO₂ trên thế giới từ 1965 – 2011 [15].

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



Hình 1.3: Hiệu suất sử dụng năng lượng của ô tô.

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 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 mỡ) 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 mỡ 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).
- Động cơ RCCI (Reactivity Controlled Compression Ignition).

Hướng phát triển của động cơ xăng: Giảm kích thước động cơ, tăng áp suất nạp, đưa hỗn hợp cháy về vùng cháy nghèo ($\text{Lambda} > 1$) bằng cách phun xăng trực tiếp vào buồng đốt - động cơ GDI (Gasoline Direct Injection). Trước đây hỗn hợp cháy lý tưởng có $\text{Lambda} \approx 1$, kết hợp với bộ xử lý xúc tác 3 thành phần thì vấn đề khí thải của động cơ xăng gần như được giải quyết hoàn toàn tuy nhiên hiệu suất động cơ không cao do tỉ số nén bị giới hạn bởi hiện tượng kích nổ trong buồng đốt và thất thoát nhiệt lớn. Cách tiếp cận mới hiện nay sử dụng kim phun cao áp phun xăng trực tiếp vào buồng đốt một hoặc nhiều lần ở kì nén để tạo hỗn hợp cháy nghèo, lượng nhiên liệu sẽ được điều khiển mà không cần đến bướm ga như trên động cơ xăng thông thường nên giảm được sức cản trên đường ống nạp. Góc kim phun

nhiên liệu sẽ được điều chỉnh để giảm tối thiểu hiện tượng xăng bám dính trên thành xi lanh, bugi bật tia lửa điện đốt cháy hỗn hợp, màng lửa sẽ ít có cơ hội tiếp cận với thành xi lanh nên giảm thất thoát nhiệt đáng kể. Bên cạnh đó tỉ số nén của động cơ phun xăng trực tiếp cao hơn so với động cơ xăng thông thường. Nhờ sử dụng hệ thống tuần hoàn khí thải với bộ làm mát (Exhaust Gas Recirculation Cooler) làm giảm nhiệt độ buồng đốt động cơ, bên cạnh đó khi xăng phun vào buồng đốt cũng lấy đi một lượng nhiệt trong buồng đốt (khi xăng hóa hơi), nhờ đó mà hiện tượng kích nổ được kiểm soát, động cơ đạt hiệu suất cao hơn tuy nhiên dù khả năng bay hơi của xăng tốt hơn so với diesel nhưng tính chất hòa trộn hỗn hợp cháy giống với động cơ diesel (bản chất cháy kích nổ) nên thành phần soot trong khí thải trở thành một vấn đề đáng chú ý, bộ xử lý xúc tác 3 thành phần không còn hoạt động hiệu quả đối với động cơ GDI đặt ra nhiều vấn đề cấp bách cho việc hoàn thiện động cơ GDI.

Hướng phát triển của động cơ diesel: Điều khiển thời điểm phun diesel cho thời gian hỗn hợp hòa trộn được lâu hơn, sử dụng hệ thống tuần hoàn khí thải làm giảm độ đậm của hỗn hợp và giảm nhiệt độ buồng đốt, phun diesel với áp suất cao hơn nhằm làm tăng khả năng hòa trộn của diesel với không khí (hiện tại có những động cơ diesel thương mại với áp suất phun tối đa lên đến 3000 bar). Những biện pháp nói trên tuy có tác động tích cực đến khí thải nhưng có khuynh hướng làm giảm hiệu suất cũng như nâng cao giá thành của động cơ diesel. Với quy định về phát thải ô nhiễm ngày càng khắc khe thì các hệ thống xử lý khí thải của động cơ diesel cũng ngày càng phức tạp và mắc tiền hơn. Điển hình là bộ lọc SCR (Selective Catalytic Reduction) làm giảm phát thải NO_x, SCR phun vào dòng khí thải một hợp chất của urea (AdBlue) hoặc Cabamide, hợp chất đó có tác dụng khử NO_x thành nitơ và hơi nước. SCR hoạt động rất hiệu quả tuy nhiên làm tăng tiêu hao nhiên liệu do phải trích công suất của động cơ để cung cấp năng lượng duy trì hoạt động của hệ thống. Bên cạnh đó là bộ lọc DPF (Diesel Particulate Filter) làm giảm phát thải soot, để duy trì hoạt động của DPF thì nó phải được đốt soot định kỳ, lý do soot tích tụ quá nhiều làm giảm hiệu quả của DPF cũng như làm giảm công suất của động cơ, tương tự SCR thì DPF cũng làm tăng tiêu hao nhiên liệu. Ngoài ra còn có bộ lọc ôxy hóa

DOC (Diesel Oxidation Catalyst) chuyển hóa các sản phẩm cháy chưa hoàn toàn. Kết hợp ba bộ lọc nói trên mang lại hiệu quả xử lý khí thải rất tốt, hiện tại các động cơ diesel hiện đại kết hợp với hệ thống xử lý khí thải như nêu trên có thể đạt được tiêu chuẩn khí thải Euro 4 thậm chí Euro 5 tùy theo chất lượng của diesel mà động cơ sử dụng [7].

Động cơ cháy ở nhiệt độ thấp LTC (Low Temperature Combustion):

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 NO_x 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 [14].

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 [14].

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 NO_x 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 [15].

1.2. Lý do chọn đề tài

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. Ở Việt Nam động cơ diesel được sử dụng rất rộng rãi và ngày nay động cơ diesel sử dụng hệ thống phun nhiên liệu điều khiển điện tử ngày càng phổ biến (Common Rail Direct Injection) và việc chuyển đổi từ dạng động cơ diesel này sang động cơ RCCI là điều có thể thực hiện được ở nước ta. Hơn nữa nhiều kết quả thực nghiệm cho thấy động cơ RCCI hoạt động tốt với cặp nhiên liệu ethanol và bio-diesel, hai loại nhiên liệu sinh học đang được tập trung phát triển ở Việt Nam mang lại nhiều hứa hẹn trong tương lai cho loại động cơ này.

Ý nghĩa khoa học của đề tài: Các kết quả của đề tài góp phần bước đầu trong việc nghiên cứu động cơ cháy tại nhiệt độ thấp, điển hình là động cơ RCCI trong nước.

Ý nghĩa thực tiễn: Các kết quả của đề tài cũng là cơ sở để tiến tới chạy thực nghiệm động cơ RCCI.

1.3. Mục tiêu và đối tượng của đề tài

1.3.1. Mục tiêu của đề tài

Mục tiêu của đề tài là mô phỏng hoạt động của động cơ RCCI dựa trên thông số động cơ AVL_5402.

1.3.2. Đối tượng của đề tài

Đối tượng chính của đề tài là động cơ diesel nghiên cứu một xy lanh AVL 5402 buồng cháy thống nhất, sử dụng hệ thống phun dầu điện tử.

1.4. Nội dung và phạm vi đề tài

1.4.1 Nội dung đề tài

Nội dung của đề tài này gồm có

- Thiết lập cơ sở lý thuyết về nguyên lý hoạt động của động cơ RCCI, cơ sở để đánh giá quá trình hoạt động của động cơ RCCI.
- Lập mô hình mô phỏng động cơ diesel 5402, mô hình mô phỏng động cơ RCCI.
- Chạy mô phỏng động cơ RCCI dựa trên mô hình vừa lập, sau đó đề xuất phương án cải tiến động cơ 5402 cho phù hợp với công nghệ RCCI.

1.4.2 Phạm vi đề tài

Phạm vi đề tài là nghiên cứu, mô phỏng công nghệ RCCI vào động cơ 5402 bằng phần mềm AVL Boost. Do công nghệ RCCI là công nghệ mới, khác với động cơ truyền thống nên việc tiếp cận bằng phần mềm đơn giản Boost là hợp lý.

1.5. Phương pháp thực hiện

Phương pháp thu thập, chọn lọc số liệu từ các tài liệu:

Tài liệu liên quan đến động cơ AVL 5402 và đặc tính động cơ. Tài liệu về động cơ RCCI qua sách báo, tạp chí, các đề tài nghiên cứu khoa học, các luận văn Thạc sĩ, Tiến sĩ trên mạng internet,...

Phương pháp thống kê, phân tích và tổng hợp:

Bao gồm thu thập, phân tích, xử lý, tổng hợp số liệu từ tài liệu thu thập được.

Phương pháp tính toán lý thuyết và mô phỏng:

Sử dụng phần mềm mô phỏng và các lý thuyết liên quan: Tìm hiểu sử dụng phần mềm mô phỏng AVL Boost để mô phỏng động cơ AVL 5402 và động cơ RCCI.

Phương pháp so sánh:

So sánh giữa kết quả thực nghiệm (số liệu thí nghiệm của PTNTĐ ĐCĐT) với kết quả mô phỏng động cơ AVL 5402 từ đó làm nền tảng để so sánh kết quả mô phỏng động cơ RCCI.

Phương pháp chuyên gia:

Phỏng vấn, đưa ý kiến đến chuyên gia (thầy hướng dẫn..) để nghe phân tích và nhận định. Tham khảo các kinh nghiệm, hướng dẫn từ công ty AVL.

1.6. Trình tự thực hiện luận văn

Bước 1: Xây dựng mô hình mô phỏng động cơ AVL_5402 dựa trên các thông số động cơ AVL_5402 thực tế.

Bước 2: Kiểm tra mô hình mô phỏng động cơ AVL_5402 bằng cách so sánh các kết quả mô phỏng với kết quả thực nghiệm. Khi được kết quả là mô hình mô phỏng gần với kết quả thực nghiệm thì ta tiến hành chạy mô hình mô phỏng ở các thời điểm phun khác nhau. Các kết quả này sẽ là bộ dữ liệu để so sánh với các kết quả động cơ RCCI với động cơ AVL_5402.

Bước 3: Xây dựng mô hình động cơ RCCI dựa trên động cơ AVL_5402.

Bước 4: Kiểm tra mô hình RCCI bằng cách không cho phun xăng, so sánh kết quả với động cơ AVL_5402. Khi được kết quả là mô hình mô phỏng RCCI tương đương với kết quả động cơ AVL_5402 thì ta có thể sử dụng mô hình RCCI để chạy.

Bước 5: Cho mô hình RCCI phun xăng, phun diesel một lần→ ghi nhận kết quả, nhận xét, bình luận. Kết quả sẽ được so sánh với động cơ diesel truyền thống. Mô hình này sẽ được gọi là RCCI_1.

Bước 6: Cho mô hình RCCI phun xăng, phun diesel hai lần→ ghi nhận kết quả, nhận xét, bình luận. Mô hình này sẽ được gọi là RCCI_2. Kết quả sẽ được so sánh với động cơ diesel truyền thống.

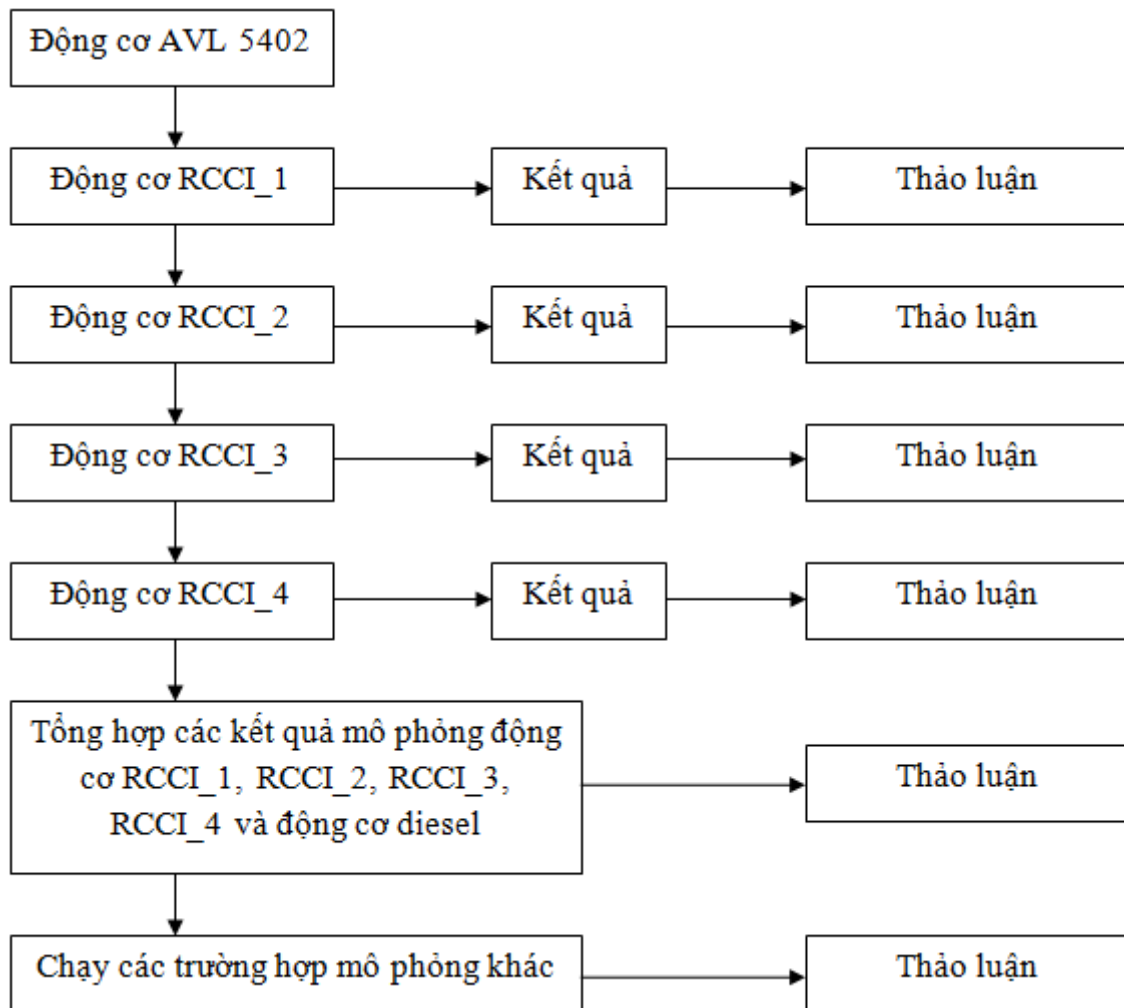
Bước 7: Dựa trên các kết quả nhận được, đề xuất các phương án cải tiến và tiến hành cải tiến động cơ AVL_5402. Tổng hợp các kết quả vừa cải tiến, tiến hành mô phỏng động cơ RCCI sau khi cải tiến. Mô hình sau khi cải tiến sẽ có tên là RCCI_3. Kết quả sẽ được so sánh với động cơ diesel truyền thống.

Bước 8: Cho mô hình RCCI_3 phun xăng, phun diesel hai lần với điều kiện thay đổi tỷ lệ phun diesel hai lần khác nhau→ ghi nhận kết quả, nhận xét, bình luận. Mô

hình này sẽ được đặt là RCCI_4. Kết quả sẽ được so sánh với động cơ diesel truyền thống.

Bước 9: Tổng hợp các kết quả của động cơ RCCI_1, RCCI_2, RCCI_3, RCCI_4 và động cơ diesel truyền thống.

Bước 10: Chạy các trường hợp mô phỏng khác.



Hình 1.4: Sơ đồ trình tự thực hiện luận văn.