

Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ trong nhiên liệu đến đặc tính làm việc và khí thải động cơ một xylanh sử dụng khí sinh học

A Study on the Effect of CO₂ Content on Engine Performance and Emission Characteristics of Single Cylinder Engine with Biogas Fuel

Trần Đăng Quốc

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội
Đến Tòa soạn: 30-10-2017; chấp nhận đăng: 18-01-2019

Tóm tắt

Bài báo trình bày một nghiên cứu về ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu đến đặc tính làm việc và đặc tính khí thải của động cơ một xylanh cấp nhiên liệu trên đường ống nạp. Động cơ nghiên cứu được mô phỏng trên phần mềm AVL Boost sau đó được hiệu chỉnh theo số liệu thực nghiệm của một động cơ thực có tỷ số nén $\varepsilon = 10,5$ sử dụng nhiên liệu không có CO₂. Các kết quả thu được từ động cơ mô phỏng với nhiên liệu 100% CH₄ sẽ được coi là thông số cơ bản để so sánh và phân tích khi lượng CO₂ tăng dần lần lượt theo thứ tự 3%, 10% và 22%. Động cơ mô phỏng làm việc ở điều kiện như: lambda bằng 1, bướm ga mở hoàn toàn, góc đánh lửa sớm được điều chỉnh để đạt mô men lớn nhất, tốc độ động cơ thay đổi trong khoảng $n = 1000 \div 2000$ vòng/phút. Các kết quả thu được từ mô phỏng chỉ ra rằng ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ đến mô men, công suất và hiệu suất nhiệt là rất lớn. Nguyên nhân chủ yếu làm giảm hiệu suất làm việc của động cơ là do cả nhiệt trị thấp và hệ số nạp bị giảm đồng thời. Tuy nhiên, sự suy giảm này phần nào được cải thiện nếu tăng tốc độ của động cơ và điều chỉnh thời điểm đánh lửa sớm hơn. Sự gia tăng hàm lượng CO₂ trong nhiên liệu sẽ là giải pháp hiệu quả để giảm NO_x mà không cần sử dụng hệ thống luân hồi khí thải (EGR).

Từ khóa: Hàm lượng CO₂, Động cơ một xylanh, Nhiên liệu thay thế, Nhiên liệu Biogas.

Abstract

This article presents the research on effect of CO₂ content on engine performance and emission characteristics of the single cylinder engine with port injection. The research engine is simulated in AVL Boost software and then the simulated engine was corrected by the experimental data of the real engine has compression ratio $\varepsilon = 10,5$ without CO₂ in supplying fuel. The obtained results from simulated engine with 100% CH₄ were considered the basic data to compare and analyse when the proportion of CO₂ in Biogas fuel was progressively enhanced such as 3%, 10% and 22%. The simulated engine operated in conditions as: $\lambda = 1$, wide open throttle, early ignition timing was varied to obtain maximum torque, engine speed was changed into the range of $n = 1000 \div 2000$ rpm. The achieved results from simulation have shown that the effect of CO₂ portion into supplying fuel on the torque, power and thermal efficiency were very strong. In this study, the main cause of reducing engine operation was clearly found out that was due to decreasing in low heat value and volumetric efficiency, simultaneously. However, the reduction of this can be compensated by the method as increasing engine speed and adjusting early ignition timing. The increase of CO₂ portion into supplying fuel will be the effective measures to decrease NO_x without using EGR system.

Keyword: CO₂ proportion, Single cylinder engine, Alternative fuel, Biogas fuel.

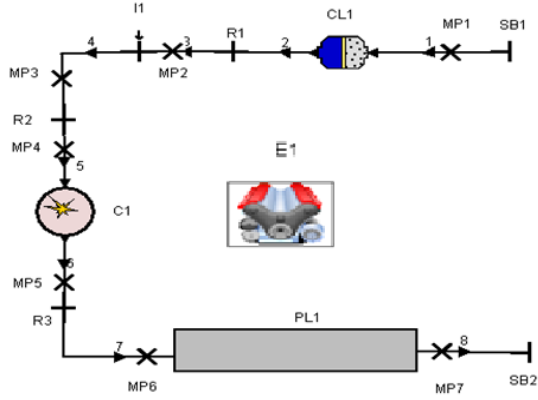
1. Giới thiệu

Nhiên liệu khí sinh học hay còn gọi là Biogas là một trong những nguồn năng lượng tái tạo đầy tiềm năng trên thế giới và ở nước ta, sử dụng nhiên liệu khí sinh học cho động cơ đốt trong sẽ không làm tăng lượng CO₂ trong khí quyển [1]. Khí sinh học được tái tạo từ nguồn rác thải sinh hoạt hoặc rác thải trong chăn nuôi ở điều kiện không có ôxi, thành phần các khí thu được sau phân hủy gồm: CH₄ = 50÷75%, CO₂

= 25÷50%, H₂S = 0÷3%, H₂ = 0÷3% và H₂O = 0÷3% [2]. Sử dụng khí sinh học làm nhiên liệu cho động cơ đốt trong sẽ là một giải pháp hữu ích để có thể cấp điện cho những vùng sâu, vùng xa và hải đảo, những vùng mà lưới điện quốc gia chưa đến được [3]. Tuy nhiên trong thành phần khí sinh học có một lượng không lớn khí H₂S rất có hại đối với môi trường sống và tuổi thọ động cơ, bởi vì khi đốt cháy H₂S sẽ tạo ra một lượng SO_x rất độc hại không những ảnh hưởng đến sức khỏe con người mà còn làm hỏng các chi tiết của động cơ đốt trong cụ thể là hệ thống nạp-thải và xylanh của động cơ, [4]. Một giải pháp được cho là

* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84) 963.915.476
Email: quoc.trandang@hust.edu.vn

thông dụng và tiết kiệm, đó là giải pháp sử dụng phoi sắt làm chất khử để loại bỏ H₂S và hiệu suất khử có thể đạt đến 99,4% [5]. Một khí thành phần nữa cũng cần được loại bỏ đó là khí CO₂, đây là loại khí không gây ra ăn mòn nhưng sẽ làm giảm nhiệt trị thấp của nhiên liệu và làm cản trở tốc độ lan truyền màng lửa.



Hình 1. Động cơ mô phỏng

Điều này được dự báo rằng lượng khí thải NO_x sẽ được giảm đi nhưng thành phần khí thải H-C không cháy hết có thể tăng lên. Một trong những yêu cầu cần thiết để khắc phục được nhược điểm trên của khí sinh học, đặc biệt là hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu tăng lên khi mà hiệu quả bộ lọc giảm [6], yêu cầu đó là tăng động năng của dòng khí trước và trong suốt quá trình cháy. Phương án kỹ thuật có thể phần nào đáp ứng được yêu cầu trên đó là tăng tốc độ làm việc và thời điểm đánh lửa sớm. Tuy nhiên, các ảnh hưởng của tốc độ động cơ và góc đánh lửa sớm theo tỷ lệ CO₂ có trong nhiên liệu đến đặc tính làm việc và khí thải của động cơ là chưa rõ ràng hoặc rất khó có thể tìm hiểu được. Vì vậy, tiến hành “Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ đến đặc tính làm việc và khí thải động cơ một xy lanh hình thành hỗn hợp bên ngoài sử dụng khí sinh học” là rất cần thiết. Để xem xét mối quan hệ giữa hàm lượng CO₂ với công suất, hiệu suất nhiệt (η_e), góc đánh lửa sớm tối ưu và các khí thải, thực hiện nghiên cứu mô phỏng trên phần mềm AVL Boost sẽ có tính khoa học và có thể tiết kiệm được chi phí nghiên cứu thử nghiệm.

2. Điều kiện và phương pháp thử nghiệm

2.1. Thành phần nhiên liệu thử nghiệm

Nhiên liệu sẽ sử dụng trong nghiên cứu này là nhiên liệu khí sinh học sau khi đã lọc bỏ hoàn toàn được thành phần H₂S và H₂O, thành phần của nhiên liệu nghiên cứu chủ yếu gồm khí Methane (CH₄) và Carbone-dioxide (CO₂). Hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu được giả định sẽ thay đổi lần lượt là 0%, 3%, 10% và 22%, các giá trị này được nhập vào phần nhiên liệu trong AVL Boost sẽ tính được các giá trị của nhiệt trị thấp (Q_{LH}) tương ứng. Nhiên liệu với

hàm lượng CO₂ = 0 được coi là nhiên liệu gốc để hiệu chuẩn mô hình ban đầu. Nhiệt trị thấp của nhiên liệu sẽ biến đổi theo hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu, các giá trị nhiệt trị thấp được phần mềm AVL Boost tính ra kết quả như bảng 1 [7].

Bảng 1. Hàm lượng CO₂ trong nhiên liệu

STT	Thành phần nhiên liệu (%)	Nhiệt trị thấp Q _{LH} (kJ/kg)
1	CH ₄ = 100 CO ₂ = 0	50000
2	CH ₄ = 97 CO ₂ = 3	49473,344
3	CH ₄ = 90 CO ₂ = 10	45730,481
4	CH ₄ = 88 CO ₂ = 22	39699

2.2. Mô phỏng và hiệu chuẩn mô hình

Động cơ nghiên cứu được mô phỏng bởi phần mềm AVL Boost (Hình 1) với các thông số cơ bản được lấy từ động cơ một xy lanh QTC2015 thuộc đề tài cấp Bộ mã số B2015-01-106. Các thông số động cơ mô phỏng được trình bày trong bảng 2. Cơ sở lý thuyết phục vụ cho nghiên cứu mô phỏng được tham khảo và lựa chọn từ tài liệu hướng dẫn của AVL Boost [8] như:

Định luật nhiệt động học thứ nhất thể hiện mối quan hệ giữa sự biến thiên của nội năng (entanpi) với sự biến thiên của nhiệt và công.

Hệ số truyền nhiệt được tính theo mô hình Woschni 1978.

Mô hình cháy Fractal dùng cho động cơ đánh lửa cưỡng bức và khí nạp đồng nhất.

Giá trị CO được tính toán dựa vào giải phương trình vi phân đối với hai phản ứng: CO + OH = CO₂ + H và CO₂ + O = CO + O₂.

Giá trị của H-C được xác định từ các nguồn chính của H-C chưa cháy theo phương pháp của D’Errico.



Hình 2. Động cơ QTC2015

Cơ chế hình thành NO_x trong mô phỏng BOOST dựa trên cơ sở của Pattas và Hafner. Quá trình hình thành của chúng được thể hiện qua sáu phương trình phản ứng theo cơ chế Zeldovich.

Hiệu chuẩn động cơ mô phỏng được tiến hành dựa trên cơ sở số liệu thực nghiệm của động cơ QTC2015 (Hình 2) tại tỷ số nén $\epsilon = 10,5$ và nhiên liệu là CH₄ = 100%. Sự sai lệch giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm lớn nhất khoảng 3%, với kết quả sai lệch này cho phép sử dụng động cơ mô phỏng để tiến hành các phương pháp thí nghiệm khác nhau.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của động cơ mô phỏng

Thông số	Ký hiệu	Giá trị
Đường kính xylanh (mm)	D	103
Hành trình piston (mm)	S	115
Số xylanh	i	1
Tốc độ định mức (v/ph)	n _{dm}	2200
Tỷ số nén (-)	ϵ	10,5
Số kỳ (-)	τ	4

2.3. Phương pháp thí nghiệm

Để thu được các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ đến đặc tính làm việc và khí thải động cơ một xylanh, các điều kiện thí nghiệm sẽ được thực hiện như sau:

Hướng đến điều kiện hòa trộn lý tưởng giữa không khí và nhiên liệu trước khi hình thành màng lửa, giá trị lambda được chọn $\lambda = 1$.

Độ mở của bướm ga (WOT: Wide Open Throttle) là 100% nhằm giảm tối đa tổn thất trên đường ống nạp.

Thời điểm đánh lửa sớm (IT: early Ignited Timing) được thực hiện trước điểm chết trên và thay đổi trong khoảng từ 10 ÷ 20 độ góc quay trục khuỷu, với bước thay đổi để đạt được giá trị mô men lớn nhất $\Delta IT = 2$.

Dải tốc độ động cơ mô phỏng thay đổi trong khoảng n = 1000 ÷ 2200 vòng/phút, bước thay đổi trong suốt quá trình thử nghiệm là $\Delta n = 200$. Kết quả thu được sẽ được xem xét về mức độ ảnh hưởng của tốc độ động cơ và hàm lượng CO₂ đến các chỉ tiêu làm việc của động cơ.

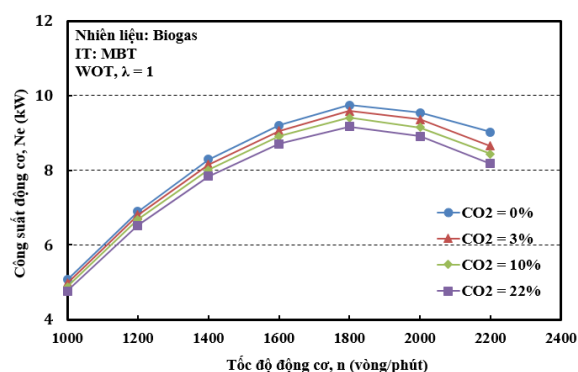
Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu, khối lượng nhiên liệu sẽ

được giữ nguyên đối với cả bốn loại nhiên liệu (0,4569 g/s).

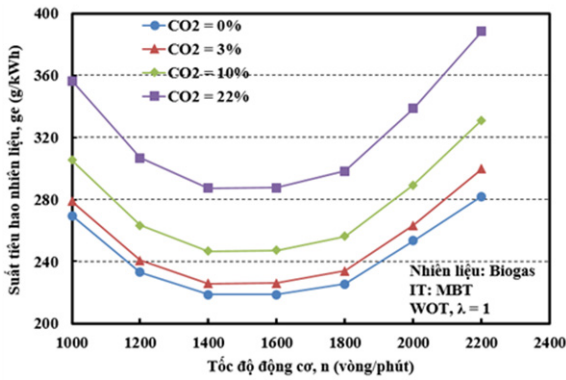
3. Phân tích số liệu

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ đến đặc tính làm việc của động cơ

Hình 3 thể hiện sự biến đổi công suất theo tốc độ động cơ ở điều kiện $\lambda = 1$, bơm ga mở hoàn toàn (WOT) và góc đánh lửa sớm được điều chỉnh để đạt giá trị mô-men lớn nhất (MBT). Nhìn chung sự biến thiên công suất theo tốc độ động cơ của bốn tỷ lệ CO₂ đều có xu hướng thay đổi như nhau, tuy nhiên, tại mỗi tốc độ động cơ giá trị công suất lại có tỷ lệ nghịch với % CO₂ có trong nhiên liệu. Trong khoảng từ 1000 vòng/phút đến 1800 vòng/phút, công suất động cơ có thể coi là một hàm đồng biến với biến số là tốc độ động cơ. Tuy nhiên, công suất động cơ lại chuyển thành hàm nghịch biến khi tốc độ động cơ lớn hơn 1800 vòng/phút và cực trị của hàm số này được tìm thấy tại tốc độ 1800 vòng/phút. Nguyên nhân làm cho công suất của động cơ thay đổi khi tốc độ động cơ tăng, có thể là do đã cải thiện được hiệu suất cháy của hỗn hợp bên trong xylanh động cơ. Nhưng khi tăng tốc độ động cơ lớn hơn nữa sẽ làm tăng ảnh hưởng của áp suất ngược đến hệ số nạp, và kết quả là công suất của động cơ có xu hướng giảm ở tốc độ lớn hơn 1800 vòng/phút. Quan sát các kết quả thu được trên hình vẽ có thể thấy rằng, dường như tốc độ cháy của hỗn hợp trong động cơ đã được cải thiện đáng kể ngay cả khi tỷ lệ CO₂ tăng. Kết quả này có thể thấy rõ ở tốc độ định mức của động cơ (2200 vòng/phút), công suất động cơ với 22% CO₂ có trong nhiên liệu biogas xấp xỉ bằng công suất của động cơ tại 1400 vòng/phút khi đã loại bỏ hoàn toàn CO₂ ra khỏi nhiên liệu. Để làm rõ hơn ảnh hưởng của CO₂ đến các thông số làm việc của động cơ cần phải xét đến suất tiêu hao nhiên liệu của bốn loại nhiên liệu Biogas khác nhau khi thay đổi tốc độ động cơ.



Hình 3. Ảnh hưởng của tốc độ đến công suất của động cơ



Hình 4. Biến đổi của suất tiêu hao nhiên liệu theo tốc độ động cơ

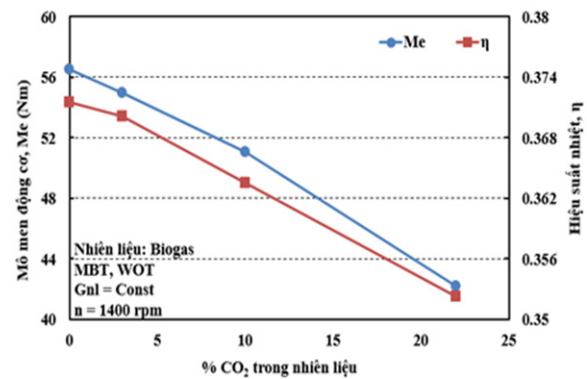
Hình 4 thể hiện ảnh hưởng của tốc độ động cơ đến suất tiêu hao nhiên liệu đối với bốn tỷ lệ CO₂ khác nhau: 0%, 3%, 10% và 22%. Theo chiều tăng của tốc độ động cơ, suất tiêu hao nhiên liệu có xu hướng giảm và sau đó lại có xu hướng tăng ở tốc độ lớn hơn. Giá trị nhỏ nhất của suất tiêu hao nhiên liệu được tìm thấy ở tốc độ 1400 vòng/phút mà không phụ thuộc vào tỷ lệ CO₂ có trong nhiên liệu. Nguyên nhân dẫn đến sự suy giảm của suất tiêu hao nhiên liệu là do cải thiện được phần nào của hiệu suất nhiệt. Tuy nhiên, mức độ cải thiện này dường như vẫn chưa đủ khi tốc độ động cơ lớn hơn 1400 vòng/phút. Nguyên nhân làm cho suất tiêu hao nhiên liệu có xu hướng tăng chủ yếu là do tỷ lệ CO₂ có trong nhiên liệu. Điều này có thể dễ dàng chứng minh bằng kết quả thu được trên hình vẽ, tại mỗi tốc độ động cơ suất tiêu hao nhiên liệu tăng khi tỷ lệ CO₂ có trong nhiên liệu tăng.

Để làm rõ hơn ảnh hưởng của thành phần CO₂ có trong nhiên liệu đến các thông số kỹ thuật của động cơ, nghiên cứu tiếp theo được tiến hành mô phỏng tại tốc độ n = 1400 vòng/phút. Khối lượng nhiên liệu cấp cho một chu trình được giữ nguyên với CH₄ = 100%, sau đó thay đổi tỷ lệ CO₂ theo thứ tự lần lượt là 3%, 10% và 22%. Hình 5 thể hiện ảnh hưởng của tỷ lệ CO₂ có trong nhiên liệu đến mô men và hiệu suất nhiệt của động cơ khi cố định lượng nhiên liệu cấp tại 1400 vòng/phút. Từ các kết quả thu được có thể thấy rõ ràng hơn ảnh hưởng của tỷ lệ CO₂ có trong nhiên liệu đến mô men và hiệu suất nhiệt của động cơ, cả mô men và hiệu suất nhiệt đều có xu hướng giảm giống nhau. Nguyên nhân làm xuất hiện xu hướng này là do tỷ lệ CO₂ có trong nhiên liệu Biogas đã làm giảm hệ số nạp và cản trở tốc độ lan truyền màng lửa ở bên trong xy lanh động cơ. Kết quả này đã chỉ ra rằng góc đánh lửa sớm của động cơ cần phải được điều chỉnh theo hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu.

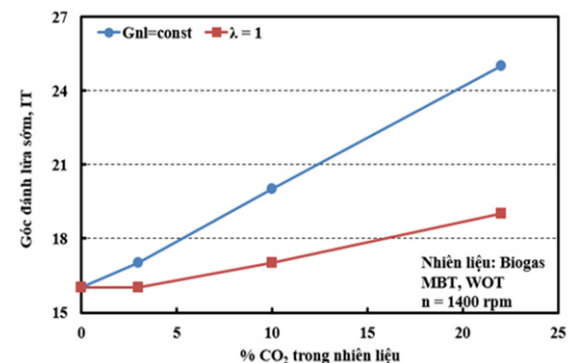
Hình 6 trình bày kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ đến giá trị của góc đánh lửa sớm tối ưu đối với hai trường hợp là khối lượng nhiên liệu

cấp không đổi ($G_{nl} = \text{const}$) và $\lambda = 1$ ở cùng điều kiện là n = 1400 vòng/phút và IT = MBT. Từ các kết quả thu được có thể thấy rằng góc đánh lửa sớm tối ưu của cả hai trường hợp giống như hàm số tuyến tính thay đổi theo hàm lượng CO₂ trong nhiên liệu, giá trị tuyệt đối của góc đánh lửa sớm tăng khi hàm lượng CO₂ tăng. Chính xác hơn là phải điều chỉnh góc đánh lửa trước điểm chết trên sớm hơn nếu hàm lượng CO₂ trong nhiên liệu tăng. Xét với trường hợp $G_{nl} = \text{const}$, các kết quả mô phỏng đã chỉ ra rằng khi hàm lượng CO₂ trong nhiên liệu tương ứng là 0%, 3%, 10% và 22% thì góc đánh lửa sớm tối ưu lần lượt là IT = 16, 17, 19 và 25 độ trước điểm chết trên. Nguyên nhân làm xuất hiện xu hướng này là do sự xuất hiện của CO₂ có trong nhiên liệu đã làm cản trở quá trình đốt cháy của hỗn hợp bên trong xy lanh động cơ. Trường hợp ($G_{nl} = \text{const}$), góc đánh lửa sớm cần phải điều chỉnh sớm hơn so với trường hợp $\lambda = 1$ bởi vì nhiệt trị thấp và năng lượng tập trung của nhiên liệu ở bên trong xy lanh động cơ đã bị giảm rất nhanh khi hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu tăng đến 22%.

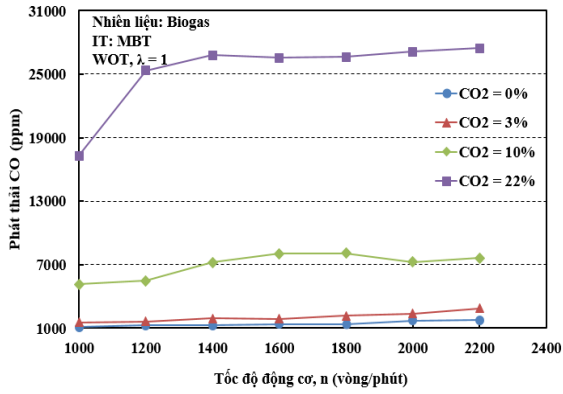
Từ các kết quả thu được ở trên có thể thấy rằng ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu đến đặc tính làm việc của động cơ là rất rõ ràng, tuy nhiên cần phải xem xét và phân tích ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ đến đặc tính khí thải của động cơ.



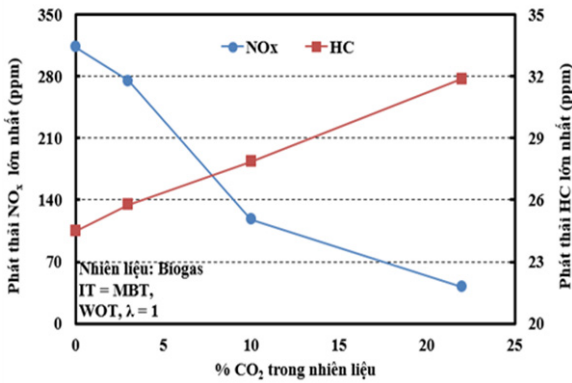
Hình 5. Ảnh hưởng của %CO₂ đến mô men và hiệu suất của động cơ



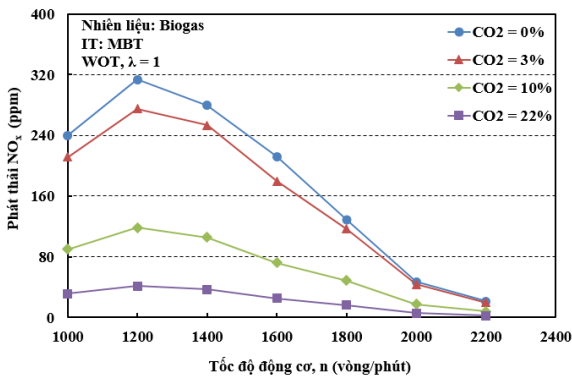
Hình 6. Ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ đến góc đánh lửa



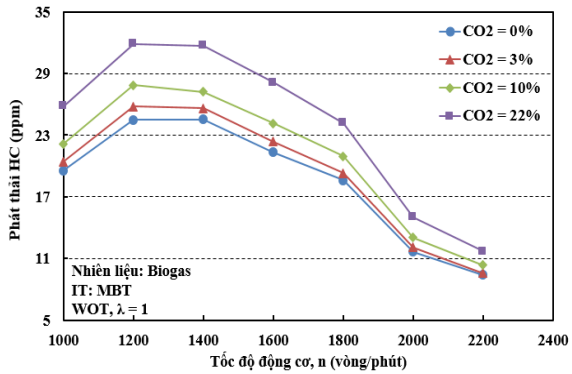
Hình 7. Phát thải CO theo tốc độ động cơ



Hình 8. Phát thải NOx và HC theo tỷ lệ CO2



Hình 9. Phát thải NOx theo tốc độ động cơ



Hình 10. Ảnh hưởng của tốc độ đến phát thải HC

3.2. Ảnh hưởng của % CO₂ đến phát thải của động cơ

Quan sát các kết quả thu được từ Hình 7 có thể nhận thấy rằng ảnh hưởng của CO₂ trong nhiên liệu đến phát thải CO tại điều kiện mô phỏng λ = 1 là tương đối giống nhau. Khi tăng tốc độ động cơ, lượng phát thải CO có xu hướng tăng dần đối với tất cả các tỷ lệ CO₂ trong nhiên liệu. Trường hợp nhiên liệu Biogas có hàm lượng CO₂ trong nhiên liệu thấp hơn 3% thì thay đổi này là không đáng kể, tuy nhiên khi hàm lượng này lớn hơn 3% thì phát thải CO tăng rất nhanh. Xét tại một vị trí tốc độ, có thể thấy được ảnh hưởng lớn của CO₂ có trong nhiên liệu đến phát thải CO là rất lớn, hàm lượng CO₂ trong nhiên liệu và phát thải CO như là một hàm đồng biến. Khi so sánh giữa nhiên liệu Biogas có CO₂ = 22% và nhiên liệu Biogas có CO₂ = 0% thì hàm lượng phát thải CO tăng gấp khoảng 25 lần. Nguyên nhân chủ yếu làm cho CO tăng là do hàm lượng CO₂ trong nhiên liệu đã làm giảm khả năng cháy của hỗn hợp ở bên trong xy lanh động cơ. Kết quả này có thể dự báo rằng lượng khí thải NO_x và H-C sẽ có sự thay đổi khác nhau.

Hình 8 thể hiện lượng phát thải NO_x và H-C lớn nhất theo sự gia tăng của hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu tại điều kiện λ = 1. Theo chiều tăng của CO₂ trong nhiên liệu, phát thải NO_x có xu hướng giảm. Nguyên nhân là do sự gia tăng thành phần CO₂ có trong nhiên liệu sẽ làm giảm nhiệt độ trong buồng cháy của động cơ. Ngược lại đối với phát thải H-C, khi tăng hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu, sẽ làm giảm khả năng bắt cháy của hỗn hợp vì vậy lượng khí thải H-C có xu hướng tăng lên. Để làm rõ hơn ảnh hưởng của CO₂ đến phát thải NO_x và H-C, cần phải xem xét ở điều kiện tốc độ động cơ thay đổi.

Hình 9 thể hiện sự ảnh hưởng của thành phần CO₂ có trong nhiên liệu đến phát thải NO_x tại điều kiện mô phỏng λ = 1. Quan sát các kết quả thu được trên hình vẽ có thể thấy rằng theo chiều tăng của tốc độ động cơ, phát thải NO_x có chung một xu hướng thay đổi giống nhau mà không quan tâm đến hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu. Trong khoảng n = 1000 vòng/phút đến n = 1200 vòng/phút, lượng phát thải NO_x có xu hướng tăng và đạt cực đại tại 1200 vòng/phút, sau đó có xu hướng giảm ở tốc độ lớn hơn. Sự khác biệt của NO_x tại hai vùng tốc độ là do cải thiện được khả năng truyền dẫn nhiệt ở bên trong buồng cháy của động cơ.

Hình 10 thể hiện sự ảnh hưởng của thành phần CO₂ có trong nhiên liệu tới phát thải HC tại điều kiện thí nghiệm với λ = 1. Cũng như phát thải NO_x, khi tăng tốc độ động cơ, phát thải H-C cũng có xu hướng tăng và đạt cực đại và giảm ở tốc độ lớn hơn. Nhưng khi xét tại cùng một vị trí tốc độ, khi tăng thành phần CO₂ có trong nhiên liệu, phát thải H-C có xu hướng

tăng. Nguyên nhân chính là do ảnh hưởng của CO₂ có trong nhiên liệu làm giảm khả năng bắt lửa của hỗn hợp.

4. Kết luận

Ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ đến đặc tính làm việc và khí thải động cơ một xy lanh hình thành hỗn hợp bên ngoài được thực hiện ở các điều kiện như: $\lambda = 1$, bướm ga mở hoàn toàn (WOT), góc đánh lửa điều chỉnh để đạt mô men cực đại (MBT), nhiên liệu sinh học được sử dụng với 4 tỷ lệ CO₂ khác nhau theo thứ tự lần lượt là 0%, 3%, 10% và 22%. Từ các phân tích kết quả ở trên có thể rút ra các kết luận sau:

Hàm lượng CO₂ có trong nhiên liệu ảnh hưởng rất lớn đến công suất, mô men và hiệu suất nhiệt của động cơ.

Xu hướng điều chỉnh góc đánh lửa sớm theo hàm lượng CO₂ và tốc độ động cơ là giống nhau, tuy nhiên ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ trong nhiên liệu đến giá trị góc đánh lửa là lớn hơn.

Ảnh hưởng của hàm lượng CO₂ đến thành phần các khí thải là lớn hơn so với tốc độ động cơ, hàm lượng CO₂ tăng sẽ làm giảm nhiệt độ bên trong buồng cháy vì vậy NO_x được giảm đáng kể. Tuy nhiên, khí thải H-C lại có xu hướng tăng nhanh là do khả năng bắt cháy của hỗn hợp giảm.

Tài liệu tham khảo

[1]. Shota Watanabe, Shuichi torii, Development study of a biomass fueled furnace and impact of moisture content on the combustion condition, International

Journal of Advanced Transport Phenomena, Vol.01, No.01, December 2012, pp 1-5.

- [2]. Muchiri N.G, Wanjii S.M, Hinga P.K, Kahiu S.N, A Review on biogas, its application as a dual-fuel on Diesel engines for power generation, ISSN 2079-6226: Proceedings of the 2012 Mechanical engineering conference on Sustainable research and innovation, Volume 4, 3rd-4th May 2012.
- [3]. Trần Đăng Quốc, Lê Anh Tuấn, Không Vũ Quang, Trần Thị Thu Hương, Nguyễn Đức Khánh, Nghiên cứu về động cơ Stirling sử dụng năng lượng tái tạo – Khả năng ứng dụng ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, số 24, tháng 10/2014, ISSN: 1859-3585.
- [4]. Hoàng Kim Giao, Công nghệ khí sinh học – Quy mô hộ gia đình, Tài liệu dùng để tập huấn cho kỹ thuật viên về khí sinh học, Hà Nội – 2011.
- [5]. Bùi Văn Ga, Trương Lê Bích Trâm, Trương Hoàng Thiện, Phạm Duy Phúc, Đặng Hữu Thành, Juliand Arnaud, Hệ thống cung cấp khí Biogas cho động cơ kéo máy phát điện 2HP, Tạp chí Khoa học và công nghệ, Đại học Đà Nẵng, số 03, 2007, trang 80 – 85.
- [6]. Brian Herringshaw, Thesis A study of biogas utilization efficiency highlighting internal combustion electrical generator units College of Food, Agricultural, and Biological Engineering, the Ohio State University, 2009.
- [7]. Mirko Barz, Năng lượng từ sinh khối nông nghiệp – Kinh nghiệm và yếu tố quyết định thành công, Diễn đàn Đức - Việt về Năng lượng sinh học ở Việt Nam, 16/09/2013.
- [8]. AVL Boost Theory, Version 2011.