

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM TÍNH NĂNG ĐỘNG CƠ DUAL FUEL BIOGAS-DIESEL EXPERIMENTAL STUDY OF PERFORMANCE OF BIOGAS - DIESEL DUAL FUEL ENGINE

Bùi Văn Ga¹, Dương Việt Dũng², Nguyễn Việt Hải², Nguyễn Văn Anh³, Võ Anh Vũ²

¹Bộ Giáo dục và Đào tạo; Email: buivanga@dongcobiogas.com

²Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

³Trường Cao đẳng Công nghiệp Thừa Thiên Huế

Tóm tắt - Bài báo trình bày kết quả thực nghiệm tính năng công tác của động cơ dual fuel biogas diesel được cải tạo từ động cơ diesel Vikyno EV2600-NB. Kết quả cho thấy áp suất cực đại trong xi lanh cũng như công chỉ thị chu trình giảm khi giảm thành phần CH₄ trong biogas hoặc/và khi tăng tốc độ động cơ. Ở chế độ tốc độ định mức, công chu trình của động cơ dual fuel biogas - diesel giảm 15% khi giảm hàm lượng CH₄ trong biogas từ 80% xuống 60%. Công chỉ thị chu trình của động cơ dual fuel đạt giá trị cực đại khi hệ số tương đương của hỗn hợp đạt 1,1. Công suất cực đại của động cơ dual fuel biogas - diesel khi chạy bằng biogas chứa 80% CH₄ và 60% CH₄ thấp hơn công suất định mức của động cơ diesel theo thứ tự 10% và 25%.

Từ khóa - biogas; động cơ biogas; động cơ dual fuel; áp suất chỉ thị; vikyno.

Ký hiệu

- D_b: Đường kính ống cung cấp biogas (mm);
- g_{ctmax}: Lượng phun diesel cực đại (g/chu trình);
- n: Tốc độ động cơ (vòng/phút);
- p_i: Áp suất chỉ thị (bar);
- P_e: Công suất có ích của động cơ (kW);
- S_o: Tiết diện lưu thông của đường ống cấp biogas khi bướm ga mở hoàn toàn (mm²);
- S: Tiết diện lưu thông của đường ống cấp biogas khi có tiết lưu (mm²);
- W_i: Công chỉ thị chu trình (J/chu trình);
- φ: Hệ số tương đương của hỗn hợp biogas - không khí;
- φ: góc quay trục khuỷu (°).

1. Giới thiệu

Thế giới đang phải đối mặt với 2 vấn đề quan trọng về cạn kiệt năng lượng truyền thống và suy thoái môi trường. Nghiên cứu thay thế nhiên liệu hóa thạch bằng các nguồn năng lượng tái tạo là giải pháp hữu hiệu để giải quyết cùng lúc những vấn đề này. Biogas là một nguồn năng lượng thay thế đầy tiềm năng vì một mặt, nó có đóng vai trò như một nhiên liệu thay thế sử dụng cho động cơ đốt trong và mặt khác, việc sử dụng nó không làm gia tăng chất khí gây hiệu ứng nhà kính trong môi trường.

Chuyển đổi biogas thành điện năng ngay tại nguồn là giải pháp hữu hiệu nhất trong sử dụng năng lượng biogas [1]. Khi sử dụng biogas làm nhiên liệu, do có tính chống kích nổ cao nên ta có thể chọn tỷ số nén của động cơ cao hơn so với động cơ xăng nên hiệu suất nhiệt của động cơ biogas được cải thiện [2]. Tuy nhiên sự hiện diện của CO₂ trong biogas làm giảm áp suất xi lanh làm giảm công suất động cơ [3].

Các loại động cơ đánh lửa cưỡng bức hay động cơ cháy do nén truyền thống đều có thể chuyển sang chạy bằng biogas. So với động cơ biogas đánh lửa cưỡng bức, động cơ

Abstract - The paper presents the result of the experimental study of performance of dual fuel biogas - diesel engine converted from a Vikyno EV2600-NB diesel engine. The results show that peak of cylinder pressure and indicated engine cycle work decrease when we reduce CH₄ fraction in biogas or/and when we increase the engine speed. At rated speed, indicated engine cycle work decreases 15% as CH₄ fraction in biogas falls from 80% to 60%. Indicated cycle work of dual fuel engine reaches peak value as fuel-air equivalence ratio is around 1.1. Maximum brake power of dual fuel biogas - diesel engine fuelled with biogas contain 80% CH₄ and 60% CH₄ lower than rated brake power of diesel engine in the order 10% and 25%.

Key words - biogas; biogas engine; dual-fuel engine; Cylinder pressure; vikyno

dual fuel biogas - diesel có rất nhiều lợi thế trong thực tế. Kết quả thực nghiệm cho thấy hiệu suất động cơ dual fuel biogas - diesel tốt hơn và mức độ phát sinh ô nhiễm trong khí thải thấp hơn động cơ biogas đánh lửa cưỡng bức [4]. Công nghệ chuyển đổi động cơ diesel sang động cơ dual fuel biogas - diesel đơn giản hơn việc chuyển đổi động cơ đánh lửa cưỡng bức thành động cơ biogas. Trong quá trình vận hành, nếu nguồn cung cấp biogas bị gián đoạn, động cơ có thể chuyển sang chạy bằng diesel mà không cần sự can thiệp kỹ thuật đặc biệt nào. Điều này rất có lợi ở những nơi sản xuất biogas quy mô nhỏ trong khu vực nông thôn, nơi luôn cần có máy phát điện dự phòng.

Động cơ nhiên dual fuel hút hỗn hợp biogas-không khí được chuẩn bị trước vào xi lanh trong kỳ nạp. Đánh lửa được thực hiện nhờ tia diesel phun mới. Ta có thể thay đổi lượng phun để điều chỉnh công suất động cơ theo yêu cầu tải bên ngoài khi động cơ làm việc với biogas nghèo [5] nhưng điều này làm giảm tính kinh tế của động cơ biogas [6].

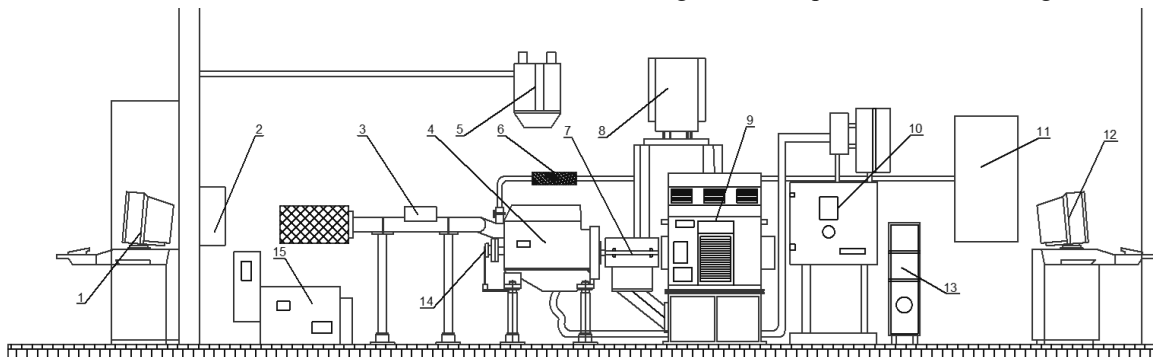
Động cơ diesel làm việc với hệ số dư lượng không khí cao nên khi chuyển thành động cơ chạy bằng biogas, chúng ta có thể tận dụng lượng không khí dư để cung cấp thêm biogas nhằm nâng cao công suất động cơ. Tippayawong và cộng sự [7] cho rằng công suất của động cơ dual fuel biogas - diesel có thể đạt giá trị tương đương công suất động cơ diesel nguyên thủy trong khi Mitzlaff và cộng sự [8] chỉ ra rằng công suất động cơ dual fuel biogas - diesel có thể cao hơn công suất động cơ diesel. Điều này cũng được khẳng định trong kết quả tính toán mô phỏng quá trình cháy của động cơ dual fuel biogas - diesel [9]. Tính toán mô phỏng cũng cho thấy rằng công chỉ thị chu trình của động cơ dual fuel đạt cực đại ứng với hệ số tương đương của hỗn hợp xấp xỉ 1. Trong nghiên cứu này, chúng tôi giới thiệu kết quả nghiên cứu thực nghiệm tính năng động cơ dual fuel biogas - diesel được chuyển đổi từ một động cơ diesel Vikyno EV2600-NB để đánh giá lại các kết quả nghiên cứu mô phỏng.

2. Bố trí hệ thống thí nghiệm

Nghiên cứu thực nghiệm tính năng động cơ dual fuel biogas - diesel được thực hiện tại phòng thí nghiệm động cơ đốt trong AVL của trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng. Sơ đồ bố trí thí nghiệm được giới thiệu trên Hình 1.

Băng thử công suất động cơ APA 204 được điều khiển và thu nhận dữ liệu nhờ hệ thống Puma. Suất tiêu hao nhiên liệu lỏng được đo bởi thiết bị AVL Fuel Balance 733S theo nguyên lý cân khối lượng. Điều khiển tay ga động cơ được

thực hiện nhờ hệ thống AVL THA 100-Throttle Actuator. Các vị trí tay ga được xác định theo độ mở bướm ga và được cài đặt ban đầu khi lắp đặt động cơ lên băng thử. Lưu lượng không khí được đo bằng lưu lượng kế ABB vận hành theo nguyên lý sợi nóng. Lưu lượng biogas được đo bằng lưu lượng kế điện tử kiểu chênh áp qua màng. Lưu lượng kế này được thiết kế, chế tạo phù hợp với dải lưu lượng biogas cần đo. Trước khi đo, lưu lượng kế được chuẩn bằng lưu lượng kế ABB để xác định được đường cong chuẩn lưu lượng theo điện áp đầu ra của lưu lượng kế.



Hình 1. Sơ đồ bố trí hệ thống thí nghiệm

1. Máy tính điều khiển trung tâm; 2. Thiết bị điều khiển bướm ga; 3. Bộ đo lưu lượng khí nạp; 4. Động cơ dual fuel thí nghiệm; 5. Hộp kết nối và khuếch đại; 6. Bộ đo lưu lượng khí biogas; 7. Khớp nối động cơ với băng thử APA; 8. Thiết bị đo tiêu hao nhiên liệu diesel; 9. Băng thử công suất APA; 10. Thiết bị giải nhiệt nước làm mát động cơ; 11. Bình chứa khí biogas; 12. Máy tính ghi dữ liệu của bộ đo 6; 13. Thiết bị đo ô nhiễm khí thải động cơ; 14. Thiết bị đo tốc độ động cơ; 15. Hệ thống làm mát dầu bôi trơn.

Thiết bị Indiset 620 gắn kết với các cảm biến đo các thông số trong buồng cháy động cơ: áp suất buồng cháy, góc phun sớm, độ nhấc kim phun, xác định vị trí TDC. Encoder 364C được sử dụng để chuyển đổi tốc độ góc của trục khuỷu động cơ sang tín hiệu số. Nguồn dữ liệu thực nghiệm được phân tích đánh giá và kết xuất bằng phần mềm chuyên dụng Concerto.

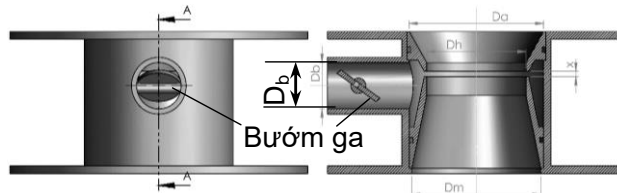
Áp suất trong buồng cháy được ghi nhận nhờ cảm biến áp suất GU12P được lắp trực tiếp trong buồng cháy động cơ. Tín hiệu của cảm biến được khuếch đại nhờ bộ khuếch đại tín hiệu điện áp 3067A01 Piezo Amplifier.

Thí nghiệm được tiến hành trước tiên bằng việc đo lượng phun diesel cực đại và lượng diesel phun môi. Khi chạy bằng biogas, lượng diesel phun môi được điều chỉnh bằng 10% lượng phun cực đại nhờ vít hạn chế bơm cao áp. Nhiên liệu biogas được lọc H_2S và CO_2 bằng NaOH trước khi nén vào bình áp lực ở áp suất 100 bar. Trước khi làm thí nghiệm, biogas được nạp vào túi chứa khí và được pha trộn với CO_2 để đảm bảo thành phần biogas theo yêu cầu. Thành phần biogas được xác định bằng máy phân tích biogas chuyên dụng GFM435.

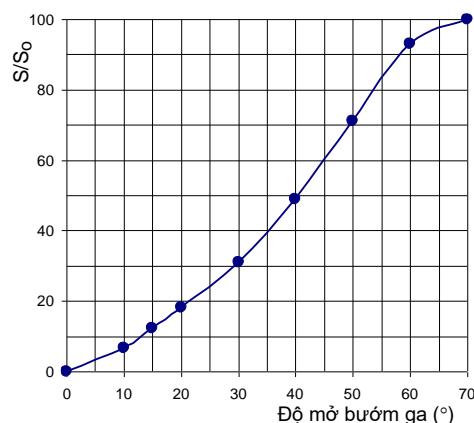
Bộ phận đóng vai trò quan trọng trong thí nghiệm này là bộ tạo hỗn hợp biogas - không khí được tính toán, thiết kế dựa trên kết quả mô phỏng ANSYS FLUENT [9]. Hình 2 giới thiệu sơ đồ bộ tạo hỗn hợp kiểu họng venturi sử dụng trong nghiên cứu. Thành phần hỗn hợp được điều chỉnh bằng cách thay đổi độ mở bướm ga đặt trên đường cung cấp biogas.

Đường kính và độ tiết lưu trên đường ống cung cấp biogas ảnh hưởng rất lớn đến hệ số tương đương của hỗn hợp. Đối với nguồn cung cấp biogas có thành phần CH_4 không thay đổi chúng ta có thể sử dụng ống cung cấp

biogas có đường kính cố định. Tuy nhiên khi sử dụng nhiều nguồn cung cấp biogas khác nhau, bộ tạo hỗn hợp cân có tính vận năng cao để động cơ có thể làm việc hiệu quả trong mọi trường hợp.



Hình 2. Bộ tạo hỗn hợp biogas - không khí



Hình 3. Quan hệ giữa độ mở bướm ga và tiết diện lưu thông trên đường ống cung cấp biogas

Trong công trình này, dựa trên kết quả tính toán mô phỏng bộ tạo hỗn hợp, chúng tôi tiến hành thí nghiệm 2 trường hợp bộ chế hòa khí. Trường hợp thứ nhất: bộ chế hòa khí có đường kính ống cung cấp biogas không đổi

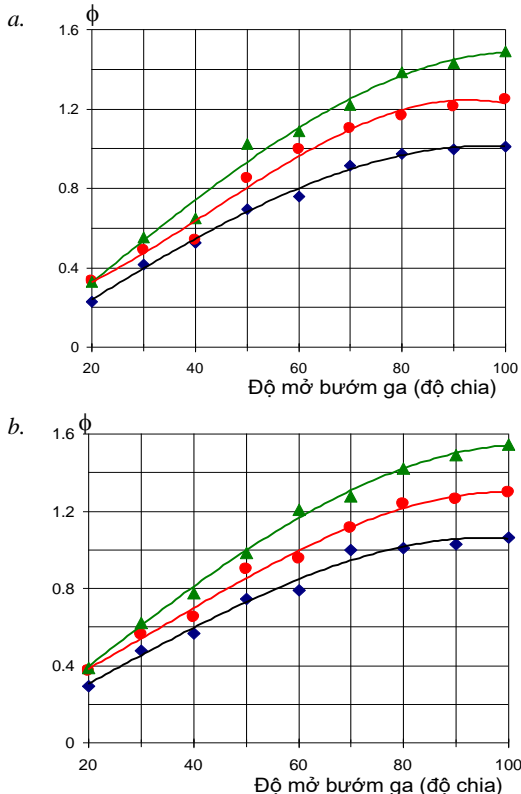
$D_b=18\text{mm}$. Trường hợp thứ hai: bộ đường kính ống cung cấp biogas D_b của chế hòa khí có giá trị 17,07mm, 14,83mm và 13,59mm theo thứ tự tương ứng với biogas chứa 60% CH_4 , 70% CH_4 và 80% CH_4 .

Hình 3 giới thiệu quan hệ giữa tiết diện lưu thông S/S₀ theo góc mở của bướm ga. Với thiết kế bộ tạo hỗn hợp như Hình 2, trục bướm ga xoay từ 0° (bướm ga đóng hoàn toàn) đến 70° độ (bướm ga mở hoàn toàn). Hình 3 cho thấy quan hệ giữa tiết diện lưu thông và góc mở bướm ga không tuyến tính. Trong thí nghiệm này ta chia góc mở từ 0° đến 70° thành 100 độ chia và lập trình điều khiển khoảng cách mở bướm ga từng 10 độ chia một.

3. Kết quả và bình luận

3.1. Điều chỉnh thành phần hỗn hợp biogas - không khí

Hình 4 giới thiệu biến thiên hệ số tương đương ϕ theo độ mở bướm ga ứng với biogas có chứa 60%, 70% và 80% CH_4 và động cơ chạy ở tốc độ 2000 vòng/phút. Đường kính ống cung cấp biogas $D_b=18\text{mm}$, không thay đổi. Kết quả này cho thấy rõ hàm lượng CH_4 trong biogas càng cao thì hệ số tương đương ϕ của hỗn hợp càng cao ứng với một độ mở bướm ga cho trước. Để đạt được hệ số tương đương $\phi=1$ khi biogas chứa 60% CH_4 , bướm ga phải mở 90 độ chia. Trong khi đó, ứng với biogas chứa 70% CH_4 , và 80% CH_4 , điều kiện này đạt được theo thứ tự ứng với độ mở bướm ga 65 độ chia và 55 độ chia.

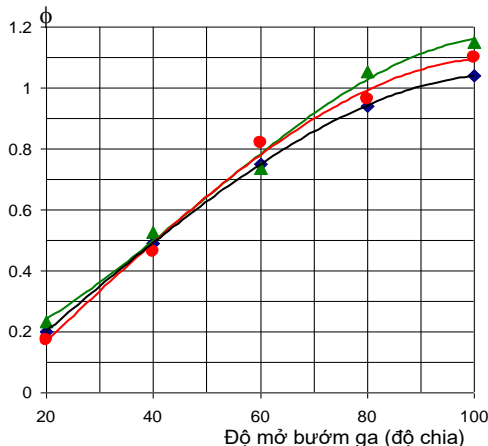


Hình 4. Ảnh hưởng của thành phần CH_4 trong biogas đến mối quan hệ giữa hệ số tương đương và độ mở bướm ga khi động cơ chạy ở tốc độ 2000 vòng/phút (a) và 1800 vòng/phút (b). $D_b=18\text{mm}$, Biogas chứa 80% CH_4 (\blacktriangle), 70% CH_4 (\bullet) và 60% CH_4 (\blacklozenge)

Lưu lượng biogas đi qua ống cung cấp tỉ lệ với tiết diện ống. Nói cách khác hệ số tương đương ϕ tỉ lệ với tiết diện lưu thông của ống cung cấp biogas. Do tiết diện lưu thông

không tuyến tính với độ mở bướm ga (Hình 3) nên biến thiên hệ số tương đương ϕ theo độ mở bướm ga trên Hình 4 cũng không tuyến tính.

Hình 5 biểu diễn biến thiên của hệ số tương đương ϕ theo độ mở bướm ga ứng với biogas có chứa 60, 70 và 80% CH_4 với đường kính ống cung cấp biogas theo thứ tự tương ứng là 17,07mm, 14,83mm và 13,59mm. Động cơ chạy ở tốc độ cố định $n=2000$ vòng/phút. Chúng ta thấy với đường kính ống cung cấp biogas đã lựa chọn đối với các biogas có chứa thành phần CH_4 khác nhau thì mối quan hệ giữa hệ số tương đương và độ mở bướm ga không khác biệt nhau nhiều.



Hình 5. Ảnh hưởng của thành phần CH_4 trong biogas đến mối quan hệ giữa hệ số tương đương và độ mở bướm ga khi đường kính ống cung cấp biogas theo đối, $n=2000$ vòng/phút, Biogas chứa 80% CH_4 , $D_b=17,07\text{mm}$ (\blacktriangle); 70% CH_4 , $D_b=14,83\text{mm}$ (\bullet) và 60% CH_4 , $D_b=13,59\text{mm}$ (\blacklozenge)

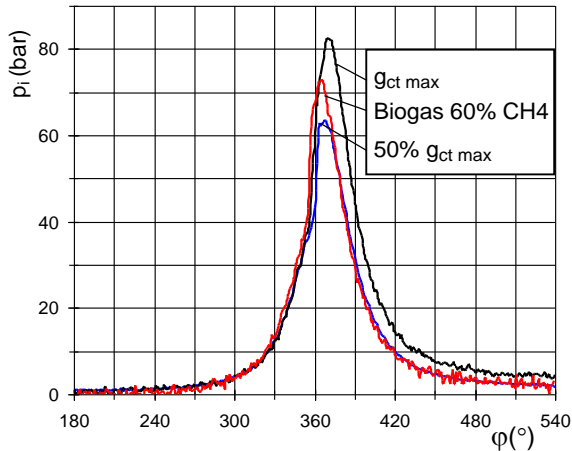
Trong quá trình vận hành động cơ dual fuel biogas-diesel, việc điều chỉnh công suất được thực hiện thông qua điều chỉnh lưu lượng biogas cung cấp cho động cơ thông qua đó điều chỉnh hệ số tương đương ϕ . Các nghiên cứu lý thuyết cho thấy công suất cực đại của động cơ đạt được khi hệ số tương đương của hỗn hợp đạt giá trị cháy hoàn toàn lý thuyết nghĩa là $\phi=1$. Trong trường hợp động cơ dual fuel cần xác định hệ số tương đương thực tế để đảm bảo công suất động cơ cực đại ứng với một chế độ tốc độ cho trước. Từ đó chúng ta mới có cơ sở để xây dựng đường đặc tính ngoài của động cơ.

3.2. Phân tích tính năng động cơ dual fuel biogas-diesel

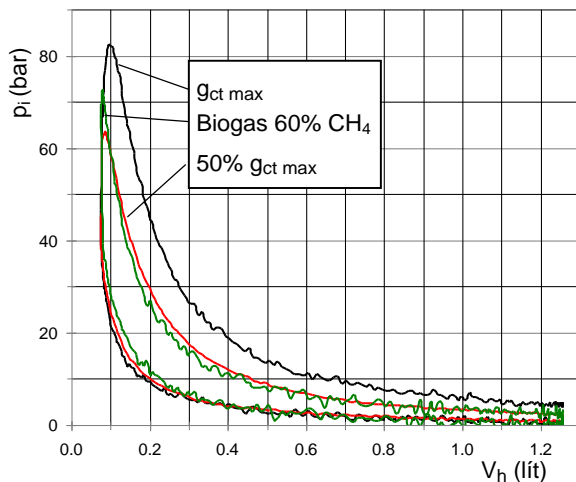
Trong nghiên cứu này, góc phun sớm của động cơ được giữ cố định ở giá trị $\phi_s=22,25^\circ$ trước ĐCT. Hình 6 giới thiệu đồ thị áp suất chỉ thị khi động cơ chạy bằng diesel ở tốc độ 2000 vòng/phút với lượng phun cực đại và với 50% lượng phun cực đại so với khi chạy bằng biogas chứa 60% CH_4 và phun mỗi 10% lượng diesel cực đại. Kết quả này cho thấy trong điều kiện này, đường cong áp suất khi chạy bằng biogas nằm giữa 2 đường cong áp suất khi chạy bằng diesel.

Hình 7 giới thiệu công chu trình của động cơ tương ứng với điều kiện thí nghiệm ở Hình 6. Công chu trình khi chạy bằng diesel với lượng phun cực đại là 1180,55J/cyc; công chu trình khi chạy bằng diesel với 50% lượng phun cực đại là 607,39J/cyc, tức chỉ bằng 51,45% so với trường hợp đầu. Công chu trình của động cơ khi chạy bằng biogas chứa 60% CH_4 là 851,65J/cyc, bằng 72% công chu trình khi chạy bằng diesel với lượng phun cực đại.

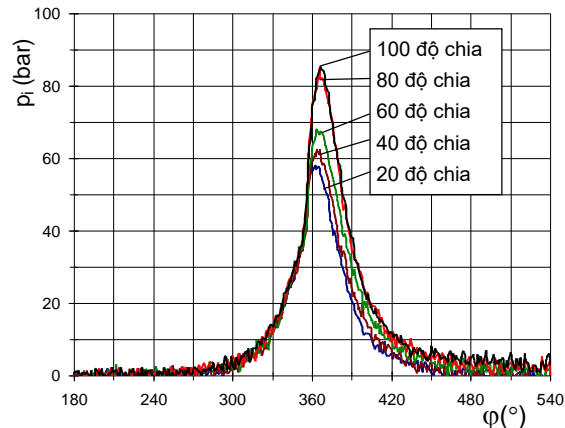
Trong thực tế khí động cơ chạy bằng diesel hoàn toàn, hỗn hợp tổng quát rất nghèo. Khi chuyển sang chạy bằng biogas, ta có thể lợi dụng lượng không khí dư để cung cấp thêm biogas nhờ đó công suất của động cơ dual fuel không giảm nhiều so với công suất của động cơ diesel.



Hình 6. Áp suất trong cylinder của động cơ ở tốc độ $n=2000$ vòng/phút khi chạy bằng biogas chứa 60% CH_4 , $\phi=1$ so với khi chạy bằng diesel với lượng phun g_{ctmax} và 50% g_{ctmax}



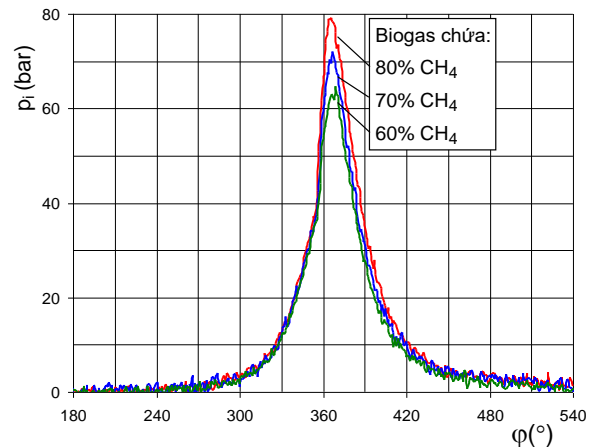
Hình 7. Đồ thị công của động cơ ở tốc độ $n=2000$ vòng/phút khi chạy bằng biogas chứa 60% CH_4 , $\phi=1$ so với khi chạy bằng diesel với lượng phun g_{ctmax} và 50% g_{ctmax}



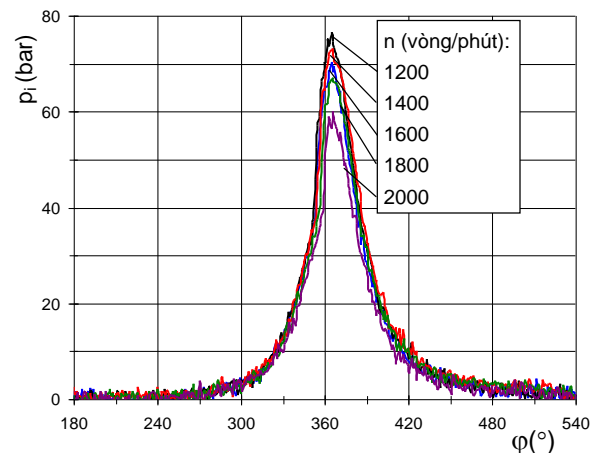
Hình 8. Ảnh hưởng của độ mở bướm ga đến áp suất trong xi lanh động cơ (Biogas chứa 60% CH_4 ; $D_b=13,59\text{mm}$; $n=1800$ vòng/phút)

Hình 8 giới thiệu biến thiên áp suất chỉ thị trong xy lanh động cơ khí chạy ở tốc độ 1800 vòng/phút với biogas chứa 60% CH_4 ứng với các độ mở bướm ga 20 độ chia, 40, 60, 80 và 100 độ chia. Theo kết quả đo lưu lượng không khí và biogas cho ở Hình 4b thì các độ mở bướm ga này tương ứng với hệ số tương đương ϕ theo thứ tự 0,3; 0,58; 0,8; 1,0; 1,05. Chúng ta nhận thấy 2 đồ thị áp suất ứng với $\phi=1$ và $\phi=1,05$ gần như trùng nhau và có giá trị áp suất cực đại cao nhất. Khi hệ số tương đương càng thấp thì đỉnh cực đại của áp suất cũng giảm và dịch chuyển về ĐCT.

Hình 9 so sánh đồ thị áp suất trong xi lanh động cơ dual fuel khí chạy ở tốc độ 2200 vòng/phút với biogas chứa 60% CH_4 , 70% CH_4 và 80% CH_4 . Chúng ta thấy cùng điều kiện vận hành, áp suất cực đại trong xi lanh tăng theo hàm lượng CH_4 trong biogas. Đỉnh đường cong áp suất càng dịch xa ĐCT khi hàm lượng CH_4 trong biogas giảm. Điều này có thể giải thích do tốc độ cháy của hỗn hợp giảm khi hàm lượng CO_2 trong biogas tăng.



Hình 9. Ảnh hưởng của hàm lượng CH_4 trong biogas đến biến thiên áp suất trong xi lanh ($n=2200$ vòng/phút; $\phi=1$)



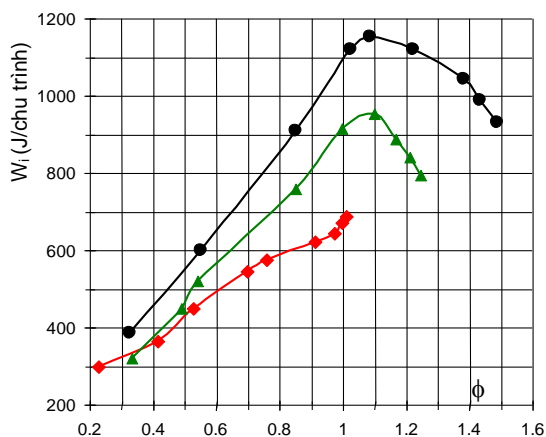
Hình 10. Ảnh hưởng của tốc độ động cơ đến đồ thị áp suất trong xi lanh (Biogas chứa 60% CH_4 ; $\phi=1$)

Ảnh hưởng của tốc độ động cơ đến đồ thị áp suất ứng với nhiên liệu biogas chứa 60% CH_4 được giới thiệu trên Hình 10. Kết quả cho thấy khi tốc độ động cơ tăng, áp suất cực đại của chu trình giảm dần đến công chỉ thị chu trình giảm. Điều này có thể được giải thích do hỗn hợp biogas-không khí có tốc độ cháy thấp so với các loại nhiên liệu truyền thống nên khi tốc độ động cơ tăng, thời gian dành

cho quá trình cháy giảm, dẫn đến hiện tượng cháy không hoàn toàn, làm giảm công chỉ thị động cơ.

Kết quả Hình 9 và Hình 10 cho thấy để cải thiện tính năng động cơ dual fuel, ta cần tăng góc phun sớm khi hàm lượng CH₄ trong biogas giảm hay khi tốc độ động cơ tăng.

Hình 11 giới thiệu biến thiên công chu trình theo hệ số tương đương của hỗn hợp. Động cơ chạy ở tốc độ 2000 vòng/phút. Đường kính ống cung cấp biogas được giữ cố định D_b=18mm. Theo Hình 4a thì với đường kính này thì khi bướm ga mở hoàn toàn, hỗn hợp có hệ số tương đương ϕ xấp xỉ 1 ứng với biogas chứa 60% CH₄. Ứng với biogas chứa 70% CH₄ và 80% CH₄ thì hỗn hợp trở nên giàu khi bướm ga mở lớn. Kết quả này cho thấy công chỉ thị chu trình đạt giá trị cực đại khi hỗn hợp hơi giàu, ϕ xấp xỉ 1,1. Công chỉ thị chu trình giảm khi hệ số tương đương lớn hơn hay nhỏ hơn giá trị này. Về mặt lý thuyết, khi $\phi=1$ thì hỗn hợp cháy tối ưu nhất và do đó cũng là vị trí mà công chu trình đạt giá trị cực đại. Đối với biogas do nhiên liệu có chứa CO₂ do đó tốc độ cháy bị làm chậm lại. Đồng thời do hàm lượng khí trơ trong hỗn hợp tăng nên xảy ra hiện tượng cháy không hoàn toàn cục bộ. Chính vì các lý do đó nên cần lượng nhiên liệu cung cấp vào buồng cháy lớn hơn lượng nhiên liệu lý thuyết để tính năng của động cơ đạt giá trị cao nhất.



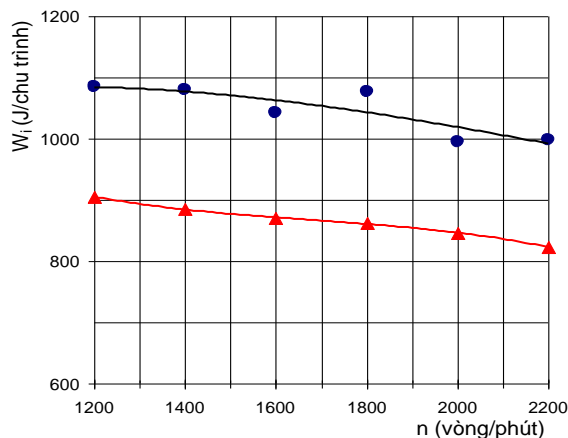
Hình 11. Quan hệ giữa công chỉ thị chu trình và hệ số tương đương ϕ khi động cơ chạy ở tốc độ $n=2000$ vòng/phút với biogas chứa 60% CH₄ (◆), 70% CH₄ (▲) và 80% CH₄ (●); D_b=18mm

Như vậy đường đặc tính ngoài của động cơ dual fuel biogas - diesel là đường đặc tính được xây dựng ứng với $\phi=1,1$.

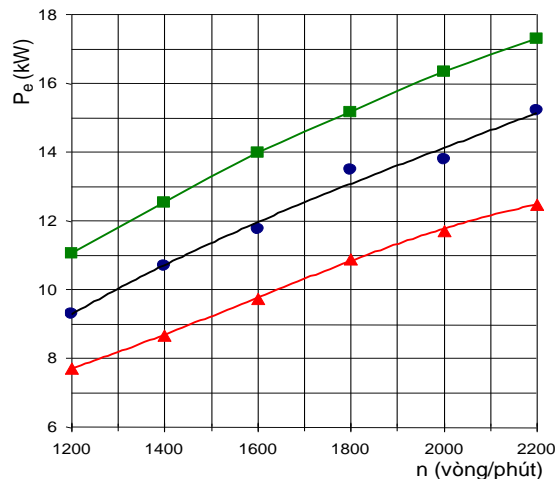
Hình 12 biểu diễn biến thiên công chỉ thị chu trình theo tốc độ động cơ chạy với biogas chứa 80% CH₄ và 60% CH₄. Hệ số tương đương của hỗn hợp được giữ cố định $\phi=1,1$. Khi tốc độ động cơ tăng thời gian dành cho quá trình cháy giảm nên lượng nhiên liệu tiêu thụ trong quá trình cháy cũng giảm dẫn đến công chu trình của động cơ bị giảm. Kết quả này cho thấy công chỉ thị chu trình giảm khoảng 100J khi tốc độ động cơ tăng từ 1200 vòng/phút lên 2200 vòng/phút.

Hình 13 giới thiệu đường đặc tính ngoài của động cơ khi chạy bằng biogas chứa 60% CH₄ và 80% CH₄ so với đường đặc tính ngoài của động cơ khi chạy bằng diesel nguyên thủy. Ở chế độ tốc độ định mức $n=2200$ vòng/phút, công suất

của động cơ dual fuel chạy với biogas chứa 80% CH₄ giảm 10% so với khi chạy bằng diesel. Khi chạy bằng biogas chứa 60% CH₄, mức độ giảm này tăng đến 25%. Tuy vậy mức độ giảm công suất của động cơ diesel khi chuyển sang chạy bằng biogas nhỏ hơn nhiều so với mức giảm công suất khi chuyển động cơ xăng sang chạy bằng biogas (có thể lên đến 40%). Đây là một trong những ưu điểm nổi bật khi chuyển động cơ diesel sang chạy bằng biogas.



Hình 12. Biến thiên công chu trình theo tốc độ khi động cơ chạy bằng biogas chứa 60% CH₄ (▲) và 80% CH₄ (●), $\phi=1,1$



Hình 13. So sánh đường đặc tính ngoài của động cơ khi chạy bằng diesel nguyên thủy (■) và khi chạy bằng biogas chứa 60% CH₄ (▲) và 80% CH₄ (●) với $\phi=1,1$

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu trên đây cho phép chúng ta rút ra được những kết luận sau:

- Cùng điều kiện làm việc, áp suất trong xi lanh, công chỉ thị chu trình và công suất có ích của động cơ tăng theo hàm lượng CH₄ trong biogas. Ở chế độ tốc độ định mức, công chu trình của động cơ EV2600-NB giảm khoảng 15% khi giảm hàm lượng CH₄ trong biogas từ 80% xuống 60%.
- Công chỉ thị chu trình của động cơ dual fuel biogas - diesel đạt giá trị cực đại ứng với hệ số tương đương khoảng 1,1.
- Công suất cực đại của động cơ dual fuel biogas - diesel EV2600-NB khi chạy ở tốc độ định mức 2200 vòng/phút thấp hơn công suất khi chạy bằng diesel 10%

ứng với biogas chứa 80% CH₄ và 25% ứng với biogas chứa 60% CH₄.

- Đường kính ống cung cấp biogas đối với động cơ dual fuel biogas - diesel EV2600-NB tối ưu thay đổi theo thành phần CH₄. Hệ số tương đương của hỗn hợp thay đổi mạnh theo độ mở bướm ga nhưng ít thay đổi theo tốc độ động cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Jeong C, Kim T, Lee K, Song S, Chun KM, Generating efficiency and emissions of a spark-ignition gas engine generator fuelled with biogas-hydrogen blends. *Int J Hydrogen Energy* 2009;34:9620-7.
- [2] Klaus von Mitzlaff, *Engines for biogas*, Published by Friedr, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft GmbH; 1988.
- [3] Huang J, Crookes RJ, Assessment of simulated biogas as a fuel for the spark ignition engine, *Fuel* 1998;77(15):1793-801.
- [4] Yusaf TF, Buttsworth DR, Saleh KH, Yousif BF, CNG-diesel engine performance and exhaust emission analysis with the aid of artificial neural network, *Appl Energy* 2010;87:1661-9.
- [5] Ga Bui Van, Nam Tran Van, Xuan Nguyen Thi Thanh, Dong Nguyen Van, Thong Nguyen Minh, Utilization of Poor Biogas in Biogas -Diesel Dual Fuel Engine, *Da Nang International Forum on Green Technology and Management-IFGTM 2011*, Danang City on July 28-29, 2011, pp. 41-50.
- [6] Bui Van Ga, Tran Thanh Hai Tung, Le Minh Tien, Le Xuan Thach, Economy analysis of different operation modes of biogas engines converted from gasoline/diesel engines, *National Conference on Fluid Mechanics*, Quinhon, 22-24/7/2010, pp.185-192.
- [7] N. Tippayawong <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511007001766> - cor1, mailto:nakorn@dome.eng.cmu.ac.th, A. Promwungkwa, P. Rerkkriangkrai: Long-term operation of a small biogas/diesel dual-fuel engine for on-farm electricity generation, *Biosystems Engineering*, Volume 98, Issue 1, September 2007, Pages 26-32.
- [8] Klaus von Mitzlaff, Moses H. Mkumbwa, Performance of A Small Diesel Engine Operating in a Dual Fuel Mode with Biogas, *Biogas Technology, Transfer and Diffusion* 1986, pp 343-354.
- [9] Le Minh Tien, Study of biogas - diesel dual fuel engine converted from single cylinder stationary diesel engine. PhD. Thesis, The University of Danang, 2014.

(BBT nhận bài: 08/10/2014, phân biện xong: 18/11/2014)