

THIẾT LẬP GIẢN ĐỒ CUNG CẤP NHIÊN LIỆU CHO ĐỘNG CƠ BIOGAS-XĂNG

A CONCEPT OF ENGINE MAP FOR ENGINE FUELED WITH BIOGAS-GASOLINE

Bùi Văn Ga¹, Bùi Thị Minh Tú², Trương Lê Bích Trâm¹, Nguyễn Đức Hoàng², Phạm Văn Quang²

¹Đại học Đà Nẵng; buivanga@ac.udn.vn

²Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; btmu@dut.udn.vn

Tóm tắt - Bài báo trình bày cách tiếp cận mới trong xây dựng giản đồ động cơ (Engine Map) dựa trên mô phỏng độ chân không trên đường nạp. Kết quả cho thấy, độ chân không cực đại đạt được ở khu vực gần họng venturi và tăng mạnh theo tốc độ động cơ. Khi đóng nhỏ bướm ga, sự phân bố áp suất chân không trên đường nạp không thay đổi nhiều so với khi bướm ga mở hoàn toàn nhưng giá trị tuyệt đối áp suất chân không giảm. Hệ số tương đương của hỗn hợp giảm đáng kể khi tăng tốc độ động cơ hoặc/ và khi mở rộng bướm ga, nên giải pháp cấp ga bằng một van chân không phổ biến hiện nay không phù hợp với động cơ chạy bằng biogas nghèo. Trong công trình này nhóm tác giả đề xuất hệ thống cấp nhiên liệu hybrid biogas-xăng. Ở bất kỳ chế độ công tác nào của động cơ, hệ số tương đương của hỗn hợp biogas-không khí đều giảm khi độ chân không trung bình tại họng venturi tăng. Đó là chính thông số được sử dụng để điều khiển việc cung cấp xăng bổ sung.

Từ khóa - Nhiên liệu tái tạo; Biogas; Động cơ biogas; Engine Map; Hệ số tương đương

1. Giới thiệu

Biogas là nguồn năng lượng tái sinh có nguồn gốc từ năng lượng mặt trời nên việc sử dụng chúng làm nhiên liệu cho động cơ đốt trong không làm gia tăng chất khí gây hiệu ứng nhà kính trong bầu khí quyển. Chất thải từ sản xuất nông nghiệp ở các nước đang phát triển là nguồn nguyên liệu dồi dào để sản xuất biogas. Việc sử dụng nhiên liệu này làm chất đốt để đun nấu từ lâu đã được phổ biến ở nông thôn. Tuy nhiên, nếu chỉ giới hạn ở mục đích sử dụng này thì qui mô tiêu thụ không lớn, hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu hóa thạch và bảo vệ môi trường không cao như mong muốn. Sử dụng biogas để làm nhiên liệu cho động cơ tĩnh tại, động cơ của phương tiện vận chuyển cơ giới sẽ mở rộng qui mô ứng dụng biogas trong thực tiễn. Đó là một trong những giải pháp thiết thực góp phần tiết kiệm nhiên liệu hóa thạch và hạn chế sự gia tăng nhiệt độ khí quyển [1].

Ở một số nước phát triển, biogas đã hòa chung vào khí thiên nhiên để cung cấp vào mạng lưới khí đốt của thành phố hay làm nhiên liệu cho ô tô, tàu hỏa. Nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng biogas trên ô tô, tàu hỏa đã được thực hiện [2-4]. Tuy nhiên, để biogas thực sự trở thành nguồn nhiên liệu thay thế thì cần nhiều nghiên cứu cơ bản cũng như phát triển kỹ thuật tin cậy ứng dụng nhiên liệu này trên động cơ đốt trong. Ở các nước đang phát triển, việc ứng dụng biogas để chạy máy phát điện, kéo máy công tác phục vụ sản xuất và đời sống ở nông thôn là giải pháp phù hợp [1], [5], [6]. Việc cung cấp biogas cho các động cơ tĩnh tại ngay từ nguồn sản xuất giúp tránh được các khó khăn phải lưu trữ, vận chuyển nhiên liệu khí. Tuy nhiên, những nghiên cứu đã công bố gần đây cho thấy tính khả thi của việc mở rộng áp dụng biogas trên các phương tiện cơ giới, đặc biệt là xe gắn máy ở những quốc gia có mật độ xe gắn máy cao như ở Việt Nam [7].

Một trong những tính chất cơ bản của nhiên liệu ảnh

Abstract - The paper presents a new approach in building up the Engine Map based on the simulation of pressure in the intake manifold. The results show that the vacuum reaches its maximum value at the throat venturi and increases significantly with engine speed. When closing down the throttle valve, the vacuum distribution in the intake manifold is not quite different from that at full opening of the valve but the absolute value of pressure decreases. The equivalence ratio of the mixture decreases when increasing engine speed or/and when opening up the throttle valve, thus, the traditional technique of gaseous fuel supplied by the vacuum valve is not appropriate for the engine fueled with poor biogas. In this work we suggest the hybrid biogas-gasoline fueling system. The supplemental gasoline amount is introduced to the biogas-air mixture only when the adjustment of equivalence ratio is needed. At any operation regimes, the equivalence ratio of the mixture decreases as the average vacuum in the intake manifold increases. Thus, this is the main parameter used for controlling the supplemental gasoline injection.

Key words - Renewable fuels; Biogas; Biogas engines; Engine Map; Equivalence Ratio

hưởng đến tính năng công tác của động cơ là giới hạn cháy và tốc độ cháy cơ bản [8]. Biogas chứa 50-70% methane và 30-50% carbonic và một ít tạp chất khác [9-10]. Đã có nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của các tạp chất đến quá trình cháy của nhiên liệu. Kết quả của các nghiên cứu này cho thấy, tạp chất ảnh hưởng mạnh đến chất lượng quá trình cháy [11-13]. CO₂ trong biogas thu hẹp giới hạn cháy và làm giảm tốc độ lan truyền lửa [11-13]. Nghiên cứu gần đây cho thấy, hỗn hợp biogas-không khí chỉ có thể bén lửa khi hàm lượng CO₂ trong biogas nhỏ hơn 62,5 % theo thể tích [14].

Việc ứng dụng rộng rãi biogas trên phương tiện giao thông cơ giới phụ thuộc vào mạng lưới cung cấp nhiên liệu. Trong khi mạng lưới này chưa phát triển thì việc sử dụng phối hợp biogas và các loại nhiên liệu khác là giải pháp hữu hiệu bởi hai lý do. Thứ nhất, các loại nhiên liệu khác không có tạp chất sẽ cải thiện tốc độ cháy của biogas, nâng cao hiệu quả quá trình cháy. Thứ hai, sự phối hợp sử dụng nhiên liệu sẽ khắc phục được khó khăn khi nguồn cung cấp biogas chưa được phát triển rộng rãi.

Đối với động cơ đánh lửa cưỡng bức truyền thống dùng bộ chế hòa khí thì cách hữu hiệu để ứng dụng biogas trên động cơ đốt trong là cung cấp nhiên liệu qua bộ tạo hỗn hợp. Một trong những nhiệm vụ quan trọng trong thiết kế, chế tạo bộ tạo hỗn hợp là xây dựng đường đặc tính cung cấp nhiên liệu [15]. Do sự đa dạng về chủng loại và kích cỡ công suất động cơ sử dụng ở nông thôn, việc nghiên cứu thực nghiệm đường đặc tính cung cấp nhiên liệu rất khó khăn và tốn kém. Do đó, việc nghiên cứu xây dựng đường đặc tính cung cấp nhiên liệu bằng phương pháp mô phỏng tỏ ra có nhiều ưu điểm [16-18]. Để điều chỉnh thành phần hỗn hợp phù hợp với các chế độ công tác động cơ, một số giải pháp kỹ thuật đã được đề xuất trong các công trình [19-20].

Để chuyển đổi động cơ đánh lửa cưỡng bức phun xăng

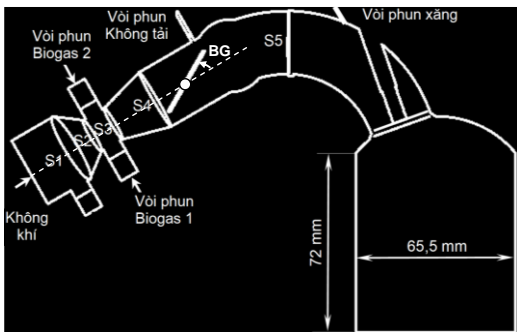
điện tử sang chạy bằng biogas thì việc đầu tiên là phải xây dựng engine map. Theo cách làm truyền thống thì việc này được thực hiện bằng thực nghiệm. Điều này đòi hỏi nhiều thời gian và đầu tư. Mặt khác thực nghiệm cũng không thể tiến hành ở tất cả các điều kiện công tác của động cơ. Với việc phát triển công nghệ thông tin ngày nay, nhiều nghiên cứu về động cơ đốt trong có thể thực hiện bằng con đường mô phỏng. Nhiều phần mềm chuyên dụng đã được thiết lập để hỗ trợ cho việc nghiên cứu mô phỏng quá trình công tác của động cơ như phần mềm KIVA, FIRE, ANSYS FLUENT... Mới đây phương pháp Artificial neural network (ANN) đã được sử dụng một cách hiệu quả để mô phỏng hiệu suất nhiệt, suất tiêu hao nhiên liệu, hệ số nạp của động cơ sử dụng biogas có thành phần CH₄ khác nhau và chạy ở các chế độ tải khác nhau [21].

Động cơ sử dụng nhiên liệu hybrid biogas-xăng hoạt động theo nguyên tắc ưu tiên cung cấp biogas trước. Khi năng lượng do biogas cung cấp không đảm bảo yêu cầu thì cung cấp bổ sung xăng. Như vậy, lượng xăng phun vào động cơ được điều chỉnh một cách linh hoạt theo chế độ công tác của động cơ, cụ thể là theo tốc độ động cơ và theo độ mở bướm ga (tải).

Trong công trình này, nhóm tác giả nghiên cứu cung cấp nhiên liệu hybrid biogas-xăng cho động cơ DA465QE lắp trên xe tải nhẹ Towner Trường Hải.

2. Mô phỏng quá trình cung cấp nhiên liệu biogas-xăng

Đường nạp động cơ được bổ sung thêm họng venturi phía trước bướm ga để cung cấp biogas theo nguyên lý hút chân không của bộ phụ kiện truyền thống [22]. Mặt cắt dọc đường nạp trình bày trên Hình 1a. Lắp đặt hệ thống cung cấp biogas cho động cơ thực tế được giới thiệu trên Hình 1b.



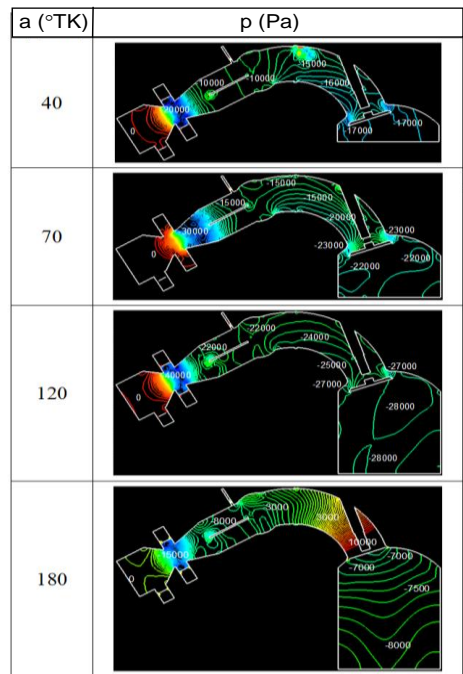
Hình 1. Sơ đồ mặt cắt dọc động cơ sau khi cải tạo (a) và lắp đặt hệ thống cung cấp biogas lên động cơ (b)

Hệ phương trình đối lưu-khuếch tán được khép kín bằng mô hình rối k-ε. Trao đổi chất được thể hiện qua mô hình Species Transport. Tia phun xăng được biểu diễn ra mô hình Eddy Breakup. Các thông số đầu vào là lưu lượng xăng C₈H₁₈ lỏng, nhiệt độ nhiên liệu, kích thước lỗ phun và qui luật phân bố hạt nhiên liệu lỏng. Chất bốc hơi là C₈H₁₈ dạng khí đồng nhất.

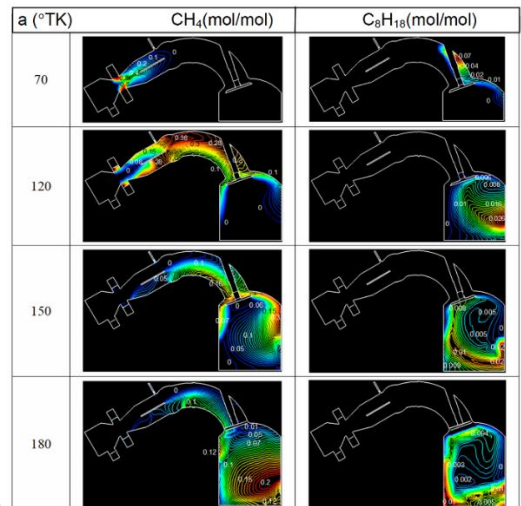
Việc đóng, mở van cung cấp nhiên liệu và xú páp nạp được mô phỏng bằng cách gán tính chất cho mặt van là wall (đóng) và interior (mở). Qui luật đóng, mở van được cài đặt trong Events.

Hỗn hợp khảo sát gồm các chất khí CH₄, C₈H₁₈, CO₂, H₂O, O₂ và N₂. Điều kiện biên gồm áp suất không khí đầu vào đường nạp, áp suất và thành phần nhiên liệu đầu vào vòi phun. Góc mở vòi phun biogas và vòi phun xăng được cài đặt trong Event và trong Menu Injection.

3. Kết quả và bình luận



a.

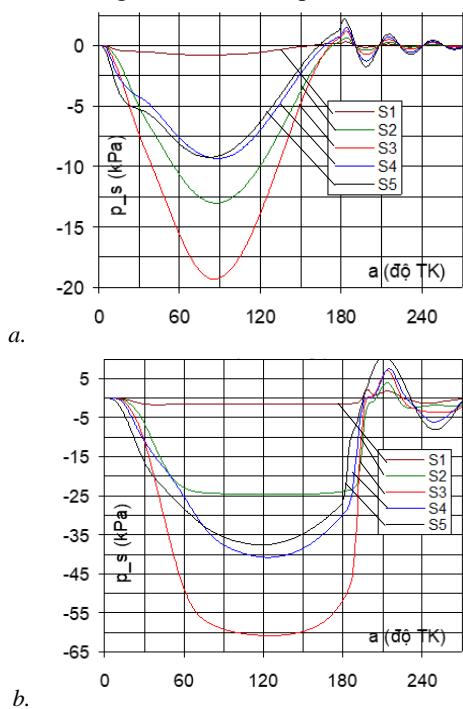


b)

Hình 2. Biến thiên đường đồng mức áp suất, nồng độ CH₄ và C₈H₁₈ trong quá trình nạp (n=3000 vòng/phút, biogas M8C2, góc phun xăng 30-60°TK, góc phun biogas 60-110°TK)

Hình 2a giới thiệu các đường đồng mức áp suất tĩnh trên đường nạp. Chúng ta thấy, trong suốt kỳ nạp, độ chân không trên đường nạp lớn nhất xuất hiện ngay tại họng venturi và lan về phía hạ lưu. Mặt cắt số 3 là vùng có độ chân không lớn nhất. Về cuối quá trình nạp, khi xú páp nạp bắt đầu đóng lại thì áp suất vùng gần xú páp tăng. Đây là do quán tính của dòng khí.

Hình 2b biểu diễn đường đồng mức nồng độ nhiên liệu CH₄ và C₈H₁₈. Biogas được phun bằng hai vòi phun đối xứng bố trí ngay tại họng venturi. Thời điểm mở vòi phun là 60°TK và đóng vòi phun tại 110°TK. Vòi phun xăng mở tại 30°TK và đóng tạo 60°TK. Sau khi nhiên liệu thóa ra khỏi các vòi phun chúng bị dòng khí kéo theo vào xi lanh. Do tia phun xăng là tia 2 pha nên sau khi phun, các hạt nhiên liệu bốc hơi mới hòa trộn với không khí. Do thời gian phun ngắn và vòi phun được bố trí gần xú páp nạp nên nhiên liệu xăng nhanh chóng được hút vào xi lanh. Trong khi đó CH₄ trong biogas có sự chậm trễ nhất định. Cuối quá trình nạp, sau khi xú páp nạp đã đóng, trên đường nạp vẫn còn một tỉ lệ đáng kể CH₄ chưa kịp hút hết vào xi lanh.



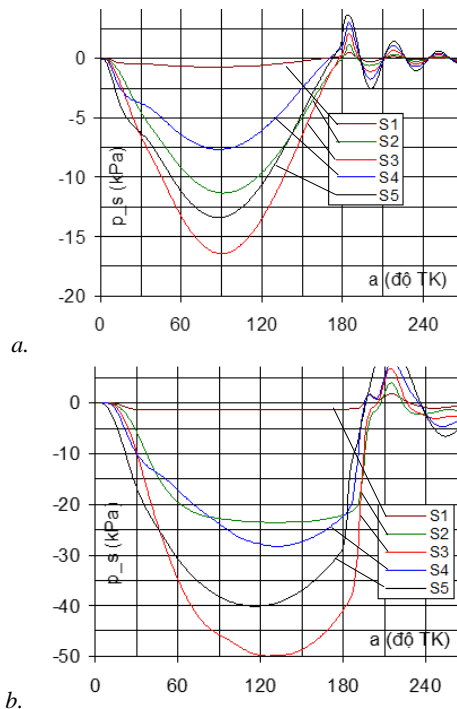
Hình 3. Biến thiên áp suất trên các mặt cắt ngang đường nạp khi động cơ chạy ở tốc độ 2000 vòng/phút (a) và 5000 vòng/phút (b) (BG=0, không phun nhiên liệu)

Hình 3a và Hình 3b cho thấy, độ chân không tại tiết diện S3 lớn nhất trong số các mặt cắt ngang khảo sát. Khi tốc độ tăng thì độ chân không tăng theo, đồng thời biên dạng đường cong áp suất mở rộng. Độ chân không cực đại tại mặt cắt 3 khi động cơ chạy ở tốc độ 5000 vòng/phút gấp 3 lần độ chân không cực đại tại mặt cắt này khi động cơ chạy ở tốc độ 2000 vòng/phút.

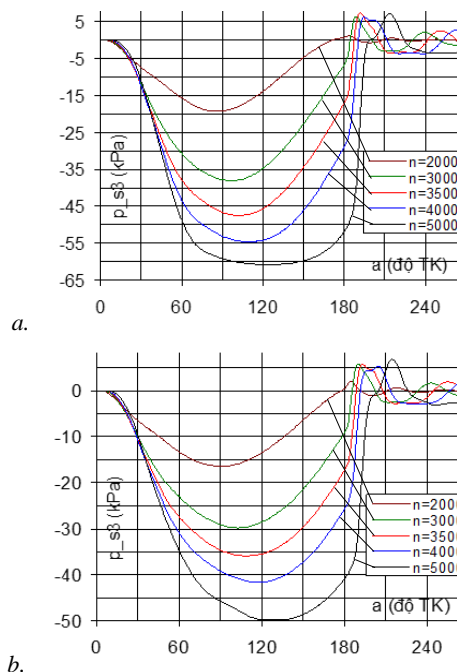
Hình 4a và Hình 4b giới thiệu biến thiên áp suất tại các mặt cắt ngang trên đường nạp khi bướm ga ở vị trí BG=30° và động cơ chạy ở tốc độ 2000 vòng/phút và 5000 vòng/phút. Chúng ta thấy profil đường cong biến thiên áp suất trên đường nạp trong trường hợp bướm ga đóng nhỏ cũng tương tự như trường hợp bướm ga mở hoàn toàn. Tuy nhiên, điểm khác biệt là độ chân không tăng ở khu vực sau bướm ga. Độ chân không

lớn nhất cũng đạt được tại mặt cắt số 3 nhưng giá trị tuyệt đối của độ chân không giảm khi bướm ga đóng nhỏ.

Hình 5a và Hình 5b giới thiệu áp suất tại mặt cắt số 3 khi động cơ chạy ở các tốc độ khác nhau ở chế độ toàn tải và ở chế độ tải cục bộ (BG=30°). Chúng ta thấy, profil của các đường cong không thay đổi nhiều khi thay đổi tải động cơ tuy nhiên giá trị tuyệt đối của áp suất thay đổi đáng kể. Trung bình độ chân không giảm 20% khi bướm ga đóng 30° so với khi mở hoàn toàn.



Hình 4. Biến thiên áp suất trên các mặt cắt ngang của đường nạp khi động cơ chạy ở tốc độ 2000 vòng/phút (a) và 5000 vòng/phút (b) (BG=30°, không phun nhiên liệu)

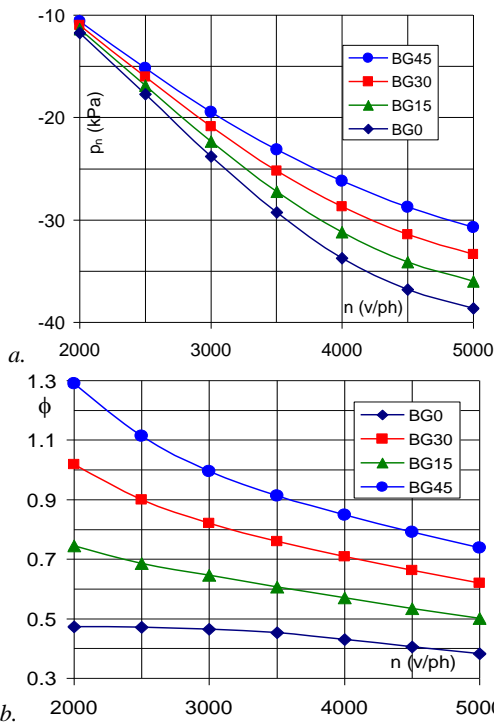


Hình 5. Ảnh hưởng của tốc độ động cơ đến biến thiên áp suất tại mặt cắt ngang số 3 khi bướm ga mở hoàn toàn (a) và BG=30°(b).

Kết quả trên cho thấy, độ chân không trên đường nạp giảm khi giảm tốc độ động cơ hoặc/và khi giảm độ mở bướm ga (giảm tải). Vì vậy, để đảm bảo quá trình cháy diễn ra hiệu quả thì chúng ta phải điều chỉnh thành phần hỗn hợp khí tốc độ hoặc/và tải động cơ thay đổi. Trong nghiên cứu này, việc điều chỉnh thành phần hỗn hợp được thực hiện bằng cách phun bổ sung xăng vào đường nạp.

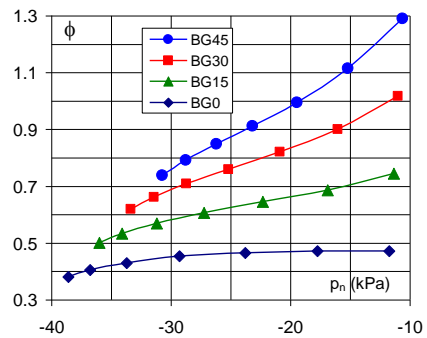
Phương thức cấp nhiên liệu khí theo kiểu hút chân không sử dụng van màng cao su [20]. Van cung cấp biogas chỉ mở khi lực hút do độ chân không tác động lên màng cao su lớn hơn lực nén của lò xo. Khi độ cứng lò xo đã cố định thì thời gian mở van phụ thuộc vào tốc độ động cơ. Hình 5a và Hình 5b cho thấy, theo nguyên lý hoạt động của van thì góc mở vòi phun khí động cơ chạy ở tốc độ cao lớn hơn khi chạy ở tốc độ thấp.

Lượng nhiên liệu cung cấp vào động cơ tỉ lệ với thời gian mở vòi phun (tính theo giây) và chênh áp giữa vòi phun nhiên liệu và đường nạp. Do đó, để đảm bảo thành phần hỗn hợp cung cấp cho động cơ có hệ số tương đương ϕ không đổi thì góc mở vòi phun phải tỉ lệ với tốc độ động cơ và độ mở bướm ga. Tuy nhiên, rất khó có thể xác định được một sức căng lò xo cố định thỏa mãn được yêu cầu này. Do đó, việc điều chỉnh lượng nhiên liệu xăng bổ sung là cần thiết.

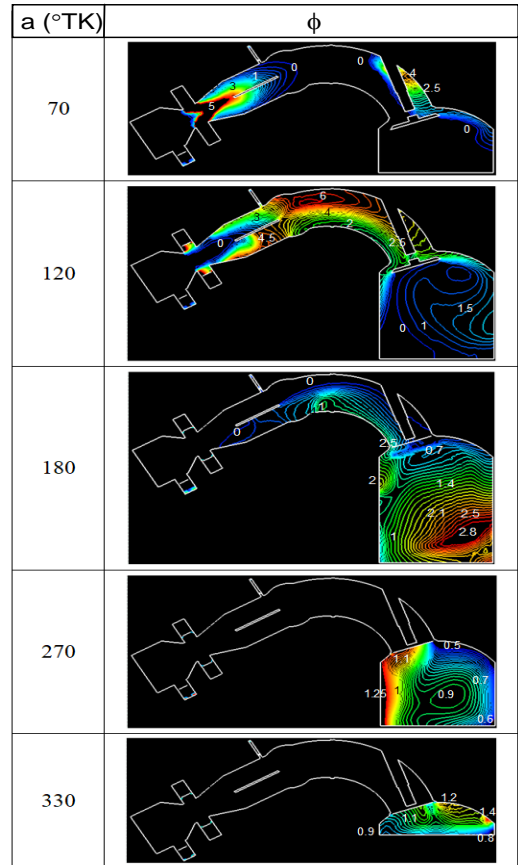


Hình 6. Biến thiên áp suất trung bình tại mặt cắt ngang số 3 (a) và biến thiên hệ số tương đương trong xi lanh (b) theo tốc độ động cơ ứng với các góc đóng bướm ga BG khác nhau (chỉ cung cấp biogas M8C2 với góc phun cố định 50 °TK, không phun xăng)

Hình 6a giới thiệu biến thiên áp suất trung bình tại mặt cắt số 3 theo tốc độ động cơ ứng với các độ mở bướm ga khác nhau. Áp suất trung bình được tính dựa trên tích phân đường cong áp suất theo góc quay trục khuỷu trong kỳ nạp chia cho khoảng góc quay trục khuỷu trong kỳ nạp. Chúng ta thấy, ở vùng tốc độ thấp, áp suất trung bình ít bị ảnh hưởng bởi độ mở bướm ga nhưng ở vùng tốc độ cao, áp suất trung bình giảm theo độ mở bướm ga.



Hình 7. Ảnh hưởng của góc đóng bướm ga BG đến biến thiên hệ số tương đương ϕ theo áp suất trung bình tại mặt cắt ngang số 3 (Biogas M8C2, góc phun 50 °TK, không phun xăng)



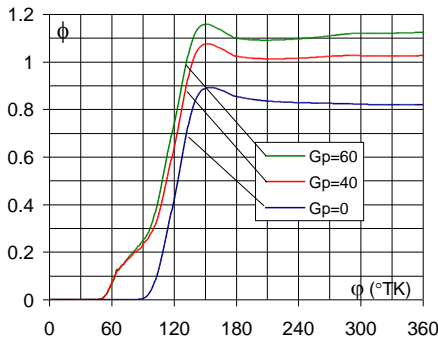
Hình 8. Đường đồng mức hệ số tương đương ϕ khi cung cấp biogas M8C2 và phun bổ sung xăng (động cơ chạy ở tốc độ 3000 vòng/phút, BG=0, góc phun xăng 30 °TK -60 °TK, góc phun biogas 60 °TK -110 °TK)

Mặc dù, khi tăng tốc độ động cơ hoặc tăng độ mở bướm ga thì độ chân không trên đường nạp tăng, góc mở vòi phun cũng tăng nhưng mức độ tăng thời gian (tính theo giây) mở vòi phun không tỉ lệ với mức độ tăng tốc độ nên hệ số tương đương giảm khi tăng tốc độ động cơ. Mức độ giảm càng cao khi bướm ga càng đóng nhỏ (Hình 6b). Giải pháp cấp ga bằng một van chân không phổ biến hiện nay [22] không phù hợp với việc cung cấp biogas nghèo cho động cơ. Với giải pháp này, nếu điều chỉnh hỗn hợp hợp lý ở tốc độ thấp thì ở tốc độ cao hỗn hợp quá loãng; nếu điều chỉnh hỗn hợp hợp lý ở tốc độ cao thì ở tốc độ thấp hỗn hợp quá đậm.

Như trên đã trình bày, hệ số tương đương của hỗn hợp phụ thuộc cả tốc độ và độ mở bướm ga. Vì thế độ chân không

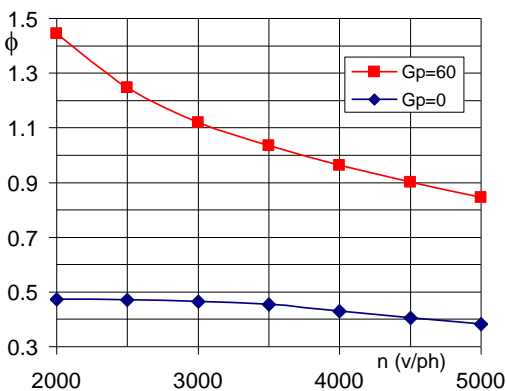
trung bình tại mặt cắt ngang số 3 có thể được xem là thông số tổng hợp nhất có thể được sử dụng để điều chỉnh thành phần hỗn hợp theo chế độ công tác của động cơ. Hình 7 giới thiệu ảnh hưởng của độ mở bướm ga đến biến thiên hệ số tương đương theo áp suất trung bình tại mặt cắt ngang số 3. Ở bất kỳ độ mở bướm ga nào cũng như bất kỳ tốc độ động cơ nào, hệ số tương đương của hỗn hợp biogas-không khí đều giảm khi độ chân không trung bình tại mặt cắt số 3 tăng.

Đường đồng mức hệ số tương đương trên Hình 8 cho thấy, đầu quá trình nạp hệ số tương đương cao tập trung ở khu vực các vòi phun nhiên liệu. Khi các vòi phun đóng, nhiên liệu khuếch tán vào không khí tạo nên vùng hệ số tương đương cao phía trên đường nạp. Khi kết thúc quá trình nạp, vùng hệ số tương đương cao tập trung trên đỉnh piston. Cuối quá trình nén, một bộ phận nhỏ nhiên liệu tập trung trên đỉnh buồng cháy, nơi đặt nền đánh lửa. Điều này sẽ tạo thuận lợi cho việc đánh lửa, nhất là khi hỗn hợp tổng quát nghèo.



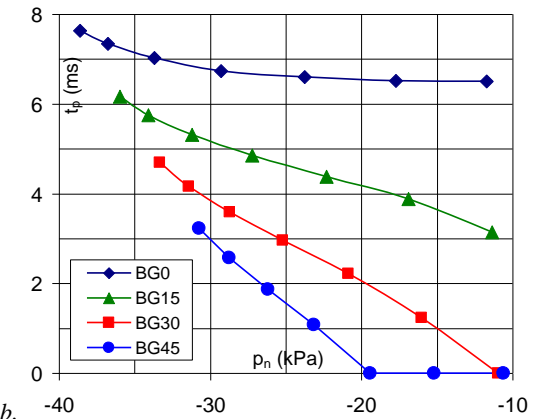
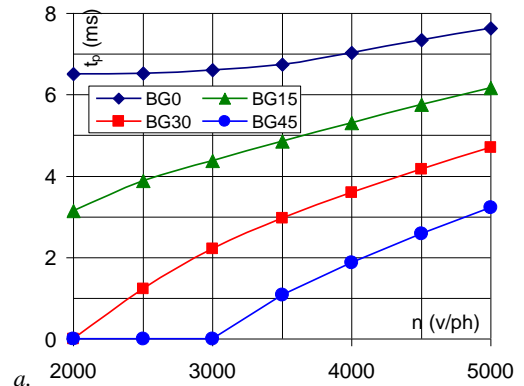
Hình 9. Ảnh hưởng góc phun xăng bổ sung đến biến thiên hệ số tương đương tổng quát trong buồng cháy khi động cơ chạy ở tốc độ 3000 vòng/phút, BG=30°, được cung cấp biogas M8C2 với góc phun 50°TK

Kết quả trên đây cho thấy, để đảm bảo hệ số tương đương $\phi=1$ thì lượng xăng phun bổ sung phải tăng khi độ chân không trung bình trên đường nạp tăng. Hình 9 giới thiệu biến thiên hệ số tương đương theo góc quay trục khuỷu trong trường hợp động cơ chạy ở tốc độ 3000 vòng/phút, bướm ga đóng BG=30° khi không phun xăng bổ sung và khi phun xăng với góc mở vòi phun 40°TK và 60°TK. Chúng ta thấy, khi góc mở vòi phun xăng 60°TK thì hỗn hợp đậm; khi góc mở vòi phun 40°TK thì hệ số tương đương xấp xỉ 1.



Hình 10. So sánh biến thiên hệ số tương đương theo tốc độ động cơ khi bướm ga mở hoàn toàn trong trường hợp động cơ chỉ được cung cấp biogas M8C2, góc mở vòi phun 50°TK và trong trường hợp phun bổ sung xăng với lưu lượng 0,5g/s, góc phun 60°TK, ở chế độ toàn tải

Hình 10 giới thiệu biến thiên hệ số tương đương theo tốc độ động cơ ở chế độ toàn tải trong trường hợp chỉ phun biogas M8C2 và trong trường hợp phun biogas với phun bổ sung xăng với góc phun 60°TK. Chúng ta thấy, trong điều kiện này thì ở tốc độ thấp, hỗn hợp đậm. Ngược lại ở tốc độ cao thì hỗn hợp loãng. Điều kiện cung cấp nhiên liệu này phù hợp với tốc độ động cơ khoảng 3500 vòng/phút. Bằng phương thức này, chúng ta có thể xác định được thời gian mở vòi phun xăng để đảm bảo thành phần hỗn hợp xấp xỉ 1 ở các chế độ vận hành khác nhau.



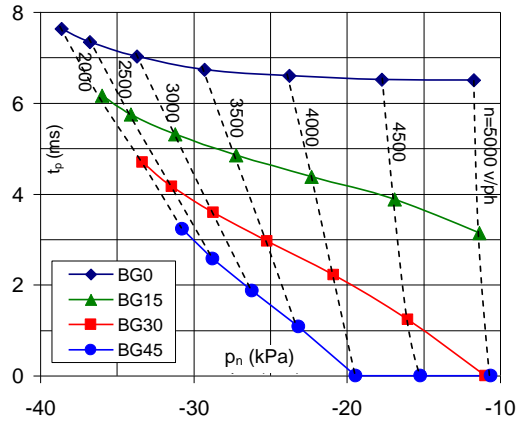
Hình 11. Biến thiên thời gian phun xăng bổ sung để đảm bảo $\phi=1$ theo tốc độ động cơ (a) và theo áp suất trung bình tại mặt cắt số 3 (b) tương ứng với các độ đóng bướm ga khác nhau (Biogas M8C2, góc mở vòi phun biogas 50°TK, lưu lượng phun xăng 0,5g/s

Hình 11a và Hình 11b giới thiệu thời gian mở vòi phun xăng theo tốc độ động cơ và theo độ chân không trung bình tại mặt cắt số 3 ứng với các chế độ tải khác nhau của động cơ. Chúng ta thấy thời gian phun xăng bổ sung tăng khi tốc độ động cơ hoặc/và khi độ mở bướm ga tăng.

Như vậy, thời gian mở vòi phun xăng để cung cấp nhiên liệu bổ sung cho động cơ chạy bằng nhiên liệu hybrid biogas-xăng phụ thuộc vào 3 thông số: tốc độ động cơ, độ mở bướm ga và độ chân không trung bình trên mặt cắt số 3. Mối quan hệ giữa thời gian mở vòi phun xăng và 3 thông số trên chính là Engine Map của động cơ chạy bằng biogas-xăng được cung cấp nhiên liệu theo phương thức hybrid.

Hình 12 giới thiệu Engine Map của động cơ DA465QE chạy bằng biogas-xăng. Động cơ nhận tín hiệu tốc độ và độ mở bướm ga để tính toán (nội suy) thời gian mở vòi phun xăng từ đó điều khiển vòi phun xăng cung cấp lượng nhiên liệu bổ sung theo yêu cầu. Thông số áp suất trung bình tại mặt cắt số 3 dùng để kiểm soát chế độ công tác của

động cơ. Ví dụ ở chế độ không tải tốc độ động cơ có thể tăng cao nhưng độ chân không tại mặt cắt số 3 thấp.



Hình 12. Engine Map của động cơ chạy bằng biogas-xăng được cung cấp nhiên liệu theo phương thức hybrid

4. Kết luận

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

- Độ chân không cực đại đạt được ở khu vực gần họng venturi và về phía hạ lưu. Độ chân không tại họng venturi tăng mạnh theo tốc độ động cơ. Thời điểm độ chân không tại họng đạt cực đại dịch chuyển dần về phía cuối quá trình nạp khi tốc độ động cơ tăng.

- Khi đóng nhỏ bướm ga, sự phân bố áp suất chân không trên đường nạp không thay đổi nhiều so với khi bướm ga mở hoàn toàn nhưng giá trị tuyệt đối áp suất chân không tại họng venturi giảm 20% khi bướm ga đóng 30 độ so với khi động cơ chạy toàn tải.

- Hệ số tương đương ϕ của hỗn hợp giảm mạnh khi tăng tốc độ động cơ hoặc/và khi mở rộng bướm ga. Giải pháp cấp ga bằng một van chân không phổ biến hiện nay không phù hợp với việc cung cấp biogas nghèo cho động cơ. Với giải pháp này, nếu điều chỉnh hỗn hợp hợp lý ở tốc độ thấp thì ở tốc độ cao hỗn hợp quá loãng; nếu điều chỉnh hỗn hợp hợp lý ở tốc độ cao thì ở tốc độ thấp hỗn hợp quá đậm.

- Độ chân không trung bình tại họng venturi có thể được sử dụng để điều chỉnh thành phần hỗn hợp theo chế độ công tác của động cơ. Ở bất kỳ độ mở bướm ga nào cũng như bất kỳ tốc độ động cơ nào, hệ số tương đương của hỗn hợp biogas-không khí đều giảm khi độ chân không trung bình tại họng venturi tăng.

- Hệ thống cấp nhiên liệu hybrid biogas-xăng gồm van chân không cung cấp biogas và hệ thống phun xăng bổ sung hoạt động theo engine map được xác lập dựa trên độ chân không trung bình tại họng venturi giúp điều chỉnh thành phần hỗn hợp phù hợp với các chế độ công tác của động cơ đồng thời cải thiện độ đồng đều của hỗn hợp, phù hợp động cơ chạy bằng nhiên liệu khí nghèo.

Cảm tạ: Các tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã hỗ trợ công trình nghiên cứu này thông qua Chương trình Khoa học - Công nghệ cấp Bộ mã số CTB.2018.DNA “Nghiên cứu phát triển hệ thống năng lượng kết hợp (hybrid) biogas-năng lượng mặt trời phù hợp với khu vực nông thôn Việt Nam”.

Ký hiệu sử dụng

$^{\circ}$ TK	Độ góc quay trục khuỷu
p	Áp suất tĩnh (bar)
n	Tốc độ động cơ (vòng/phút)
MxCy	Biogas chứa 10x% CH ₄ và 10y% CO ₂ theo thể tích
a	Góc quay trục khuỷu so với trục xi lanh (a=0°TK ứng với vị trí piston ở điểm chết trên đầu kỳ nạp)
BG	Góc đóng bướm ga: BG=0° khi bướm ga mở hoàn toàn; BG=60° khi bướm ga đóng hoàn toàn
t _p	Khoảng thời gian phun xăng (ms)
p _n	Áp suất trung bình tại mặt cắt ngang khảo sát trong kỳ nạp (Pa)
ϕ	Hệ số tương đương của hỗn hợp nhiên liệu - không khí

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bui Van Ga, Tran Van Nam, Nguyen Thi Thanh Xuan: *Utilization of biogas engines in rural area: A contribution to climate change mitigation*. Colloque International RUNSUD 2010, pp. 19-31, Universite Nice-Sophia Antipolis, France, 23-25 Mars 2010.
- [2] Yoon, S.H., Lee, C.S.: *Experimental Investigation on the Combustion and Exhaust Emission Characteristics of Biogas-Biodiesel Dual-fuel Combustion in a CI engine*. Journal of Fuel Processing Technology, Vol. 92, Issue 5, 2011, p. 992-1000.
- [3] Porpatham, E., Ramesh, A., Nagalingam, B.: *Investigation on the Effect of Concentration of Methane in Biogas when Used as a Fuel for a Spark Ignition Engine*. Journal of Fuel, Vol.87, Issue 8-9, 2008, p. 1651-1659.
- [4] Lafay, Y., Taupin, B., Martins, G., Cabot, G., Renou, B., and Boukhalfa. *Experiment study of biogas combustion using a gas turbine configuration*. Experiments in Fluids: Springer 43, pp. 395-410, 2007.
- [5] Bui Van Ga, Tran Van Nam, Bui Thi Minh Tu, Nguyen Quang Trung: *Numerical simulation studies on performance, soot and NOx emissions of dual-fuel engine fuelled with hydrogen enriched biogas mixtures*. IET Renewable Power Generation: Volume 12, Issue 10, (2018), pp. 1111-1118, DOI: 10.1049/iet-rpg.2017.0559.
- [6] Bùi Văn Ga; Phan Minh Đức; Nguyễn Văn Đông: *Phỏng đoán sự phân bố nhiệt độ và NOx trong buồng cháy động cơ đánh lửa cưỡng bức chạy bằng biogas được làm giàu bởi hydrogen*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Đại học Đà Nẵng, Vol. 1, số 11(32), 2018.
- [7] Bùi Văn Ga, Nguyễn Văn Đông, Nguyễn Văn Anh, Trương Lê Bích Trâm: *Nghiên cứu hệ thống cung cấp biogas nên cho xe gắn máy*. Tạp chí Giao Thông Vận Tải, số 12/2009, pp. 79-82, 2009.
- [8] James, L.W. Jr., Charles, C.R., Mirhd, S.S., Stephen R. H., Allen., W.W.: *Handbook on Biogas Utilization*. The Environment, Health, and Safety Division Georgia Tech Research Institute Atlanta, Georgia, 1988.
- [9] Ryckebosch E., Drouillon M., Vervaeren H.: *Techniques for transformation of biogas to biomethane*. Biomass and Bioenergy, Volume 35, Issue 5, May 2011, Pages 1633-1645.
- [10] Bond, T., and Templeton. M.R.: *History and future of domestic biogas plants in the developing world*. International Journal Energy for Sustainable Development Volume 15, Issue 4, pp. 347-354, 2011.
- [11] Hamidi N, Ilminnafik N, ING Wardana, Sabaruddin A.: *An Experimental Study of the Flammability Limits of LPG-CO₂-Air Mixtures*. The 2011 International Symposium on Advanced Engineering, Pukyong-Korea Proc, 2011.
- [12] V. Munteanu, D. Oancea, Dan Domnina Razus: *Carbon Dioxide As Inhibitor For Ignition And Flame Propagation Of Propane-Air Mixtures*. Analele Universitatii Bucuresti: Romania, 2002.
- [13] Anggono. W., Wardana. I.N.G., Lawes. M., Hughes. K.J., Wahyudi. S., Hamidi. N.: *Laminar Burning Characteristics of Biogas-Air Mixtures in Spark Ignited Premix Combustion*. Journal of Applied

- Sciences Research, 2012.
- [14] Nurkholis Hamidi: *Carbon Dioxide Effects on The Flammability Characteristics of Biogas*. Applied Mechanics and Materials Vol. 493 (2014) pp 129-133.
- [15] Bùi Văn Ga, Trần Thanh Hải Tùng: *Xây dựng đường đặc tính bộ tạo hỗn hợp của động cơ đánh lửa cưỡng bức sử dụng biogas nén*. Tạp Chí Giao Thông Vận Tải, số 11/2010, pp. 35-37.
- [16] Bùi Văn Ga, Trần Văn Nam, Lê Xuân Thạch: *Mô phỏng dòng cháy qua bộ tạo hỗn hợp động cơ biogas đánh lửa cưỡng bức bằng phần mềm Fluent*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ các Trường Đại học Kỹ thuật số 80-2011, pp. 134-138.
- [17] Bùi Văn Ga, Trần Thanh Hải Tùng, Trần Văn Nam, Lê Xuân Thạch: *Mô phỏng dòng cháy qua bộ cung cấp biogas cho động cơ biogas-xăng GATEC-21*. Hội nghị Cơ học Thủy Khí toàn quốc, Cửa Lò, 21-23/7/2011, pp.125-130.
- [18] Bui Van Ga, Tran Van Nam: *Mixer Design for High Performance Biogas SI Engine Converted from A Diesel Engine*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), <http://www.ijert.org>, Vol. 3 Issue 1, January - 2014, pp. 2743-2760.
- [19] Bằng độc quyền sáng chế số 9562 “*Hệ thống cung cấp nhiên liệu biogas cho động cơ tĩnh tại chạy bằng hai nhiên liệu biogas-xăng*”. Cục Sở hữu Trí tuệ, 16-08-2011.
- [20] Bằng độc quyền sáng chế số 6643 “*Hệ thống ba van chức năng cung cấp nhiên liệu khí cho xe gắn máy LPG/xăng*”. Cục Sở hữu Trí tuệ, 09-10-2007.
- [21] YusufKurtgoz, MustafaKaragoz, EmrahDeniz: *Biogas engine performance estimation using ANN*. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. Volume 20, Issue 6, December 2017, Pages 1563-1570.
- [22] GUIBET Jean-Claude: *Carburants et moteurs*. Editions Technip, 1997.

(BBT nhận bài: 23/5/2019, hoàn tất thủ tục phản biện: 20/9/2019)