

NGHIÊN CỨU TÍCH HỢP CÔNG NGHỆ HYBRID CHO XE HONDA LEAD 110cc DÙNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHỎNG

A STUDY ON INTEGRATION OF HYBRID TECHNOLOGY TO HONDA LEAD 110CC MOTORCYCLE USING MODELLING AND SIMULATION METHOD

Phạm Tuấn Anh¹, Nguyễn Văn Trạng², Đỗ Văn Dũng², Huỳnh Thị Minh²

¹Khoa Kỹ thuật Giao thông, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Cơ khí Động lực, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đề xuất phương án tích hợp công nghệ hybrid cho xe máy dựa trên nền xe Honda Lead 110cc. Các nội dung bao gồm, lựa chọn cấu trúc hybrid cho xe sau cải tạo; mô hình hóa và mô phỏng các hệ thống của xe máy lai, đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng dùng phương pháp mô hình hóa và mô phỏng bằng phần mềm Matlab/Simulink được trình bày. Kết quả nghiên cứu cho thấy, cấu trúc plug-in hybrid song song không phát với động cơ điện đặt trực tiếp tại bánh trước là phương án khả thi và mang lại hiệu quả kinh tế nhiên liệu cao nhất khi di chuyển hàng ngày, trong điều kiện đô thị tại Việt Nam. Xe sau cải tạo có khả năng đáp ứng được các tính năng động lực học không thua kém xe nguyên bản, trong khi mức tiêu hao nhiên liệu trung bình mô phỏng theo các chu trình thử nghiệm có thể giảm 0,317 l/100km cho trường hợp 50% tải trọng (01 người trên xe) so với xe trước cải tạo. Kết quả thu được từ đề tài đưa ra phương án tiếp cận khả thi, giúp cải tạo các xe máy hiện có, góp phần giảm bớt sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch và giải quyết vấn đề ô nhiễm không khí phát ra từ một lượng lớn các xe máy tại các đô thị lớn ở Việt Nam.

Từ khóa: Xe máy lai xăng điện; Honda Lead 110cc; Động cơ điện đặt trong bánh xe; Matlab – Simulink; Mô hình hóa và mô phỏng; Điều khiển theo quy luật.

ABSTRACT

This study introduces methods to integrate hybrid technology to two wheels motorcycle based on the platform of Honda Lead 110cc. The contents including: The general layout plan; modeling and simulation of hybrid electric motorcycle systems, evaluation of fuel economy using dynamic simulation model in Matlab/Simulink were investigated. The obtained results show that plug-in parallel hybrid electric motorcycle (PHEM) without generator mode is the most feasible and effective choice to renovate a conventional motorcycle in traffic operation condition of major cities in Vietnam. Performance characteristics of the PHEM without generator can be comparable to the original one, while the average fuel consumption of renovated one can be 0.317 l/100 km lower than the original one for load conditions of 1 person. The obtained results from this study may provide solution for integrating hybrid technology to renovate the conventional motorcycle, and perhaps make a contribution to lessen the dependence on fossil fuels and solve the problem of air pollution emitted from a larger number of motorcycles in Vietnam.

Keywords: Hybrid electric motorcycle, Honda Lead 110cc, Hub – DC motor, Matlab – Simulink, Modelling and Simulation, Rule-based control.

I. GIỚI THIỆU

Nồng độ các khí nhà kính trong bầu khí quyển vẫn đang đều đặn tăng thêm từng năm và tạo ra những biến đổi bất thường khí hậu thế giới. Các nghiên cứu gần đây cho thấy, gần một phần ba khí thải nhà kính trên thế giới có nguồn gốc từ quá trình đốt cháy các nhiên liệu hóa thạch của động cơ đốt trong dùng trên các phương tiện giao thông vận tải [1]. Ở các thành phố lớn của Việt Nam, do không gian hạn chế, mật độ dân số cao, cùng với chi phí kinh tế và tính tiện lợi cao hơn các phương tiện giao thông khác, xe máy được sử dụng làm phương tiện di chuyển cá nhân mang tính phổ biến. Nguồn phát thải của phương tiện này hiện nay chiếm một phần lớn trong tổng phát thải của các phương tiện giao thông [2].

Bên cạnh mẫu xe 04 bánh hybrid, các nghiên cứu về xe máy lai 02 bánh cũng thu hút được sự quan tâm của các hãng sản xuất xe máy và các nhà khoa học trên thế giới [3-16]. Mặc dù, các mẫu xe máy lai đã được các hãng tiến hành thương mại hóa; tuy nhiên, không nhiều công trình nghiên cứu hàn lâm [3,6-16] cho xe máy lai được thực hiện và chủ yếu chỉ tập trung nghiên cứu ở các nước châu Á như Đài Loan, Trung Quốc, Ấn Độ, v.v., nơi phương tiện xe máy chiếm một số lượng lớn.

Việt Nam là một trong các quốc gia đang phát triển có lượng xe gắn máy bình quân trên đầu người rất lớn, vấn đề giám thiêu ô nhiễm môi trường và nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của loại xe này là một vấn đề được đặt ra hết sức cấp bách. Những năm gần đây, công nghệ xe máy hybrid cũng đã thu hút được một số nghiên cứu của các nhà khoa học trong nước [17-20]. Bùi Văn Ga và cộng sự [17,18] đã thiết kế, chế tạo mẫu xe gắn máy hybrid kết hợp sự hoạt động của 02 động cơ điện đặt ở bánh trước và sau và hoạt động của động cơ nhiệt chạy bằng khí hóa lỏng LPG; tuy nhiên,

các chỉ tiêu về ô nhiễm môi trường và mức tiêu hao nhiên liệu của mẫu xe chưa được công bố. Trong khi đó, các tác giả ở Trường Đại học Bách khoa Hà Nội [19,20] lại chủ yếu tập trung vào việc khảo sát, tính toán và đưa ra các mô hình lý thuyết điều khiển.

Việc tiến hành mô hình hóa sử dụng công cụ mô phỏng như Matlab – Simulink là một trong những cách tiếp cận hiệu quả để đánh giá tính năng động lực học, tính hiệu quả kinh tế của xe sau cài tạo so với xe nền. Trên thế giới, các nghiên cứu về mô hình hóa và mô phỏng xe máy lai đã được thực hiện [6-9]; trong khi đó tại Việt Nam, các nghiên cứu về mô hình hóa và mô phỏng xe máy lai hầu như chưa được thực hiện. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp mô hình hóa và mô phỏng để giải bài toán lựa chọn cấu trúc hybrid phù hợp nhất nhằm cài tạo xe nền Honda Lead 110cc thành một chiếc xe hybrid kết hợp 02 nguồn động lực tạo ra từ xăng-diện. Các mô hình bao gồm: người lái, động cơ đốt trong và hệ thống truyền lực, động cơ điện, hệ thống lưu trữ năng lượng, máy phát, tính năng động lực học dọc của xe, và bộ điều khiển được mô hình hóa và mô phỏng bằng công cụ Matlab – Simulink. Phương pháp thực nghiệm được tiến hành để làm cơ sở xây dựng và mô hình hóa động cơ đốt trong và hệ thống truyền lực của xe nền Honda Lead 110cc, trong khi động cơ điện, máy phát và hệ thống lưu trữ năng lượng được xây dựng thông qua bản đồ thực nghiệm với số liệu sẵn có công bố từ các nhà cung cấp và các nghiên cứu trước. Các kết quả mô phỏng sẽ được đánh giá theo các chu trình chạy thử nghiệm gồm: Japan 10-15 mode, ECE R15, INDIA URBAN và WVUCITY. Các chu trình này khá phù hợp với điều kiện giao thông thành phố tại Việt Nam, xét về giới hạn tốc độ, tần số tăng – giảm tốc độ, quãng đường duy trì tốc độ ổn định và thời gian cầm chừng, v.v... Các kết quả mô phỏng được so sánh giữa xe nền và xe máy lai với thuật toán điều khiển

dè xuất; qua đó, đánh giá được tính hiệu quả, khả thi của từng phương án cải tạo và đề xuất được hướng cải tạo phù hợp.

2. CÁC PHƯƠNG ÁN BỐ TRÍ CHUNG HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG HYBRID CHO XE CÁI TẠO

2.1. Lựa chọn xe nền

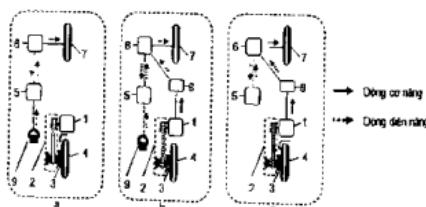
Xe Honda Lead 110cc được lựa chọn làm đối tượng để nghiên cứu, cải tạo từ một chiếc xe chạy xăng thông thường thành xe máy lai 02 bánh dùng 02 nguồn năng lượng xăng-diện. Hệ thống "U-Box" của xe có không gian rộng với dung tích 35 lít giúp dễ dàng bố trí các thiết bị gắn thêm khi chuyển đổi thành xe máy lai. Động cơ xăng của xe nền sử dụng hệ thống phun xăng điện tử (PGM-FI) tạo ra nguồn động lực dẫn động bánh xe chủ động phía sau thông qua hộp số biến thiên vô cấp (Continuously Variable Transmissions - CVT) và truyền động cuối [21].

2.2. Phương án bố trí chung hệ thống truyền động hybrid cho xe cải tạo

Để thiết kế cải tạo một chiếc xe máy thông thường thành xe máy lai, tùy vào cấu hình truyền động được lựa chọn mà các thiết bị gắn thêm lên xe nền như: động cơ điện, ác quy/pin, máy phát, bộ chuyển đổi điện, mạch điều khiển và phân phối công suất, v.v... sẽ được tích hợp. Do kiểu truyền động hybrid nối tiếp đòi hỏi động cơ điện, ác quy, máy phát cần có công suất lớn hơn so với cấu hình song song hoặc phức hợp để có thể giúp xe leo dốc và tăng tốc, ngoài ra hộp số CVT của xe nền Honda Lead sẽ không được sử dụng để dẫn động bánh xe sau mà được hoán cải để truyền cơ năng đến máy phát; kiểu truyền động này thích hợp hơn với những xe nền với động cơ có dung tích nhỏ (chẳng hạn 50cc). Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất 03 kiểu hệ thống

truyền động hybrid khả thi để lựa chọn bao gồm: Plug-in hybrid song song có và không có máy phát, hybrid phức hợp (Hình 1).

Động cơ điện một chiều không chổi than (Brushless DC motor - BLDC) loại gắn liền với bánh xe được chọn để tích hợp cho xe máy lai do tính tiện lợi của khi tích hợp cho các phương tiện không có nhiều khoảng không. Do kết cấu truyền động của xe nền Honda Lead 110cc có trục bánh xe quay cùng với cụm bánh xe và yêu cầu thiết kế phải ít thay đổi kết cấu của xe nền để giảm giá thành xe cải tạo, động cơ điện được đặt trực tiếp tại bánh trước, bánh sau được dẫn động bằng hệ dẫn động nguyên bản của xe. Mô hình này cũng được tham khảo từ các nghiên cứu của tác giả Yap [6] và Chen [7]. Từ việc tính toán động lực học của xe ở chế độ chỉ với động cơ điện [22], động cơ điện một chiều không chổi than BLW-16B của hãng Leaf Motor Technology Co. Ltd [23] có công suất 1000W được lựa chọn. Bộ 04 ác quy AP33-12 [24] được chọn làm hệ thống lưu trữ năng lượng của xe. Ác quy được chọn dựa vào điện áp và công suất của động cơ điện sao cho ác quy có khả năng phóng điện cho motor hoạt động trên một độ dài quãng đường yêu cầu.



Hình 1. Các kiểu cấu trúc hybrid đề xuất:

- a) Plug-in hybrid không có máy phát,
- b) Plug-in hybrid có máy phát,
- c) Hybrid phức hợp:

- 1) Động cơ đổi trong;
- 2) Hộp số CVT;
- 3) Truyền động cuối; 4) Bánh sau; 5) Ác quy;
- 6) Bộ phân phối công suất;
- 7) Bánh trước (Motor điện); 8) Máy phát; 9) Sac điện

Hình 1a, trình bày hệ thống truyền động kiểu plug-in hybrid song song (PHEM) không có máy phát, cả hai bánh xe trước và sau đều có khả năng cung cấp công suất độc lập hoặc đồng thời cho xe khi di chuyển trên đường. Ở dạng tổ hợp hybrid này, động cơ đốt trong (1) sẽ dẫn động bánh sau (4) thông qua hộp số CVT (2) giống cấu hình xe nguyên bản; trong khi đó, động cơ điện (7) có chức năng chính là chuyển hóa điện năng được cung cấp từ ác quy (5) thành công suất thông qua bộ điều khiển và phân phối công suất (6). Cấu hình truyền động này có tích hợp thêm hệ thống nạp ác quy từ mạng lưới điện (9). Ở kiểu truyền động loại này, trong điều kiện đường thành phố, động cơ điện sẽ được sử dụng với tần suất cao hơn để thay thế cho động cơ đốt trong thường có hiệu suất thấp ở dải tốc độ và tải thấp. Ở mức độ tải cao hơn, động cơ điện chủ yếu chỉ đóng vai trò hỗ trợ, động cơ đốt trong vẫn là nguồn dẫn động chính cho xe.

Hình 1b, minh họa hệ thống truyền động kiểu plug-in hybrid song song (PHEM) có máy phát. Sự khác biệt của các kiểu truyền động này so với kiểu PHEM không có máy phát là sự tích hợp thêm của một máy phát riêng rẽ (8). Động cơ đốt trong (1) có 02 chức năng chính, một là dẫn động bánh sau (4), hai là dẫn động máy phát (8) để cung cấp công suất cho động cơ điện (7) và nạp điện cho ác quy (5) khi mức dung lượng xuống thấp; tuy nhiên, hai chức năng này không hoạt động cùng lúc. Ngoài ra, hệ thống nạp ác quy từ mạng lưới điện (9) được tích hợp thêm cho cấu hình ở Hình 1b. Hình 1c minh họa hệ thống truyền động kiểu hybrid phức hợp. Sự khác biệt của các kiểu truyền động này so với kiểu hybrid song song có máy phát là động cơ đốt trong (1) có thể vừa dẫn động bánh sau (4), vừa có thể dẫn động máy phát (8) để cung cấp công suất cho động cơ điện (7) và nạp điện cho ác quy (5) khi mức dung lượng xuống thấp.

Do các lý do về giám tuồi thợ ác quy và độ bền của động cơ điện khi làm việc ở chế độ máy phát, chế độ phanh hãm tái sinh không được tích hợp trong nghiên cứu này cho cả 03 mô hình đề xuất.

3. MÔ HÌNH HÓA XE MÁY LAI

Hệ thống truyền lực và lưu trữ năng lượng xe máy lai được mô hình hóa thành các thành phần bao gồm: Người lái, động cơ và hệ thống truyền lực, động cơ điện, khôi lưu trữ năng lượng, thân xe và bộ điều khiển. Mỗi liên hệ giữa các khôi là các vector trạng thái tốc độ, công suất (lực hay moment), tín hiệu điện và mức SOC (State of Charge - trạng thái nạp). Mô hình được mô phỏng bằng công cụ Matlab – Simulink, trong khi các kết quả mô phỏng sẽ được đánh giá theo các chu trình chạy thử nghiệm gồm: Japan 10 – 15 Mode, ECE R15, INDIA URBAN và WVUCITY.

3.1. Mô hình hóa người lái

Người lái đưa ra yêu cầu về lực kéo và tốc độ xe thông qua vị trí tay ga. Đó là giá trị ngẫu nhiên, phụ thuộc vào quyết định của người lái khi lưu thông trên đường. Trong mô hình của hệ thống truyền lực và hệ thống lưu trữ năng lượng xe máy lai, nếu xét một cách rời rạc, lực kéo hay công suất yêu cầu có thể xem là một xích Markov, tức là xác suất của chúng chỉ phụ thuộc vào thời điểm hiện tại (t). Thông qua các chu trình chạy thử (Japan 10 – 15 Mode, ECE R15, INDIAN URBAN, WVUCITY, v.v...), tại mỗi thời điểm t , tổng lực cần (Load) tại vận tốc theo chu trình ($V_{des}(t)$) được tính toán. Sau đó, thuật toán PI được sử dụng để đưa tốc độ thực (V_{act}) tiến đến tốc độ yêu cầu (V_{des}) theo chu trình. Kết quả khi kết hợp hai thành phần này là sự mô phỏng sự thay đổi lực (F_{demand}) và công suất yêu cầu (P_{demand}) khi người lái chạy xe chỉ theo biến thời gian t . Các liêu hệ toán học được thể hiện như sau:

$$\begin{aligned} F_{\text{demand}}(t) &= F_{\text{load}}(t) + F_{\text{pl}}(t) \\ F_{\text{load}}(t) &= F_{\text{rolling}}(t) + F_{\text{aero}}(t) + F_{\text{grade}}(t) \\ F_{\text{pl}}(t) &= K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \\ e(t) &= V_{\text{demand}}(t) - V_{\text{act}}(t) \\ P_{\text{demand}}(t) &= F_{\text{demand}}(t) \times V_{\text{demand}}(t) \end{aligned} \quad (1)$$

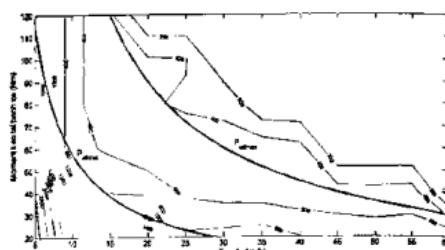
3.2. Mô hình hóa động cơ đốt trong và hệ thống truyền lực

Để xây dựng mô hình toán học cho động cơ và hệ thống truyền lực, có hai phương pháp: Mô hình hóa từng bộ phận (động cơ đốt trong, ly hợp, hộp số CVT, truyền lực cuối cùng và bánh xe) hoặc mô hình hóa cả cụm hệ thống. Đối với phương pháp cải tạo đề xuất, có một nguyên tắc là “Ít là thay đổi kết cấu xe nền”. Do đó, kết cấu từ động cơ đến bánh xe sau được giữ nguyên và không có nhu cầu phải thay đổi. Mặt khác, khi xe được thử nghiệm trên băng thử, ta có thể giả thiết rằng động cơ chỉ hoạt động ở hai chế độ: Cầm chừng và sinh công suất kéo trong số 4 chế độ: Khởi động, cầm chừng, sinh công suất kéo và ngắt. Xe chỉ khởi động một lần trước khi chạy và không tắt máy trong quá trình chạy thử nghiệm. Vì vậy, có thể mô hình hóa cả cụm hệ thống mà không cần quan tâm chi tiết đến từng bộ phận. Bằng cách đo moment kéo tại bánh sau và lượng nhiên liệu tiêu hao, mức tiêu hao nhiên liệu, g_{fuel} (g/s) khi thay đổi độ mở bướm ga, θ_{th} từ 0 – 100% và tốc độ bánh sau V từ 0 – 60 km/h, hai bảng đồ $T_k(\theta_{\text{th}}, V)$ và $g_{\text{fuel}}(T_k, V)$ (hoặc BSFC(T_k, V) đại diện cho hệ thống truyền lực từ động cơ đốt trong đến bánh sau) được xây dựng. Lượng nhiên liệu tiêu hao (G_{fuel} (g)) tính đến thời điểm t của động cơ được tính:

$$G_{\text{fuel}}(t) = \int_0^t g_{\text{fuel}}(\tau) d\tau \quad (2)$$

Hình 2, trình bày bảng đồ suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ xe Honda lead 110cc

được xây dựng từ phương pháp thực nghiệm trên băng thử xe gắn máy.



Hình 2. Bảng đồ suất tiêu hao nhiên liệu động cơ xe Honda Lead 110cc

3.3. Mô hình hóa động cơ điện

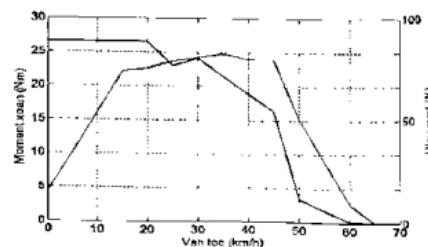
Khi hoạt động ở chế độ động cơ điện, động cơ điện cung cấp момент kéo truyền tới các bánh chủ động. Moment động cơ điện sinh ra được tính từ các mối liên hệ sau:

$$T_m = T_{m_demand} + T_{loss} + J_{mot} \frac{d\omega_m}{dt}, \quad T_m \leq T_{m_max} \quad (3)$$

Công suất và dòng điện yêu cầu cấp cho motor:

$$P_{elec} = \frac{P_m}{\eta_m}, \quad i = \frac{P_{elec}}{U_{HV}} \quad (4)$$

Trong đó, các thông số T_{m_max} , η_m (T_m, ω_m) có được từ các bảng tra thông số kỹ thuật của động cơ điện [23], một phần bảng tra được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Đặc tính moment xoắn và hiệu suất cực đại của động cơ điện

Khi động cơ điện không hoạt động, thực tế vẫn có một lượng công suất nhất định tiêu tốn cho ma sát trong động cơ điện khi quay tròn. Nếu bỏ qua lượng tiêu tốn này thì có thể xem khi động cơ điện quay tròn, công suất động cơ bằng 0.

3.4. Mô hình hóa hệ thống lưu trữ năng lượng

Một hệ thống lưu trữ năng lượng bao gồm các ác quy điện cấp nguồn cho động cơ điện hoạt động thông qua bộ phân phối công suất. Thông số điện áp (UHV), SOC của ác quy thay đổi phụ thuộc vào hai thông số chính là dòng phỏng/nạp của ác quy và nhiệt độ. Trong cấu trúc xe cải tạo, ác quy được đặt trong cỗ xe có đi kèm bộ giải nhiệt nên có thể xem giá trị nhiệt độ là cố định. Như vậy, SOC thay đổi theo cường độ dòng điện i .

$$\begin{aligned} SOC(t) &= SOC_0 - \frac{1}{3600} \int_{t_0}^t \frac{i(\tau) \eta_{batt}}{Q_i} d\tau \\ SOC(t_0) &= SOC_0 \end{aligned} \quad (5)$$

Trong đó: $Q_i(Ah)$ là dung lượng của ác quy ở chế độ dòng i và η_{batt} là hệ số Coulombic.

Một mạch điện thường được mô hình hóa thông qua mối liên hệ giữa dòng điện trong mạch và điện áp 2 đầu mạch. Điện áp 2 cực mạch:

$$U_{HV} = U_{OC} - U_r \quad (6)$$

Trong đó, điện áp khi hở mạch của nguồn phụ thuộc vào mức SOC:

$$U_{OC} = f(SOC) \quad (7)$$

Sự áp do điện trở trong ác quy:

$$U_r = i \cdot r \quad (8)$$

Điện trở trong r của ác quy thực tế cũng thay đổi theo nhiệt độ và trạng thái nạp của ác quy.

3.5. Mô hình hóa máy phát

Nếu SOC của ác quy xuống thấp hơn mức cho phép (SOC_{min}), máy phát sẽ được sử dụng để nạp điện cho ác quy cho đến khi mức SOC của ác quy đạt đến giới hạn trên (SOC_{max}). Trong nghiên cứu này, đề mô phỏng cho cấu hình minh họa ở Hình 1b và 1c, máy phát 500W được kết nối với động cơ thông qua bộ truyền bánh răng có tỉ số truyền là 1,2. Đường đặc tính của máy phát được tham khảo từ nghiên cứu [7].

3.5. Mô hình hóa tính năng động lực học đặc của xe

Mô hình động lực học đặc của xe cung cấp giá trị lực cản để tính ra gia tốc thực sự mà xe đạt được. Từ đó, vận tốc thực tế (V_{act}) của xe được tính toán để so sánh với chu trình chạy thử được sử dụng trong mô hình người lái. Mức độ phù hợp giữa hai giá trị tốc độ cho phép đánh giá khả năng động lực học của xe cải tạo và đánh giá độ tin cậy của mô hình. Các giá trị được tính toán theo các phương trình:

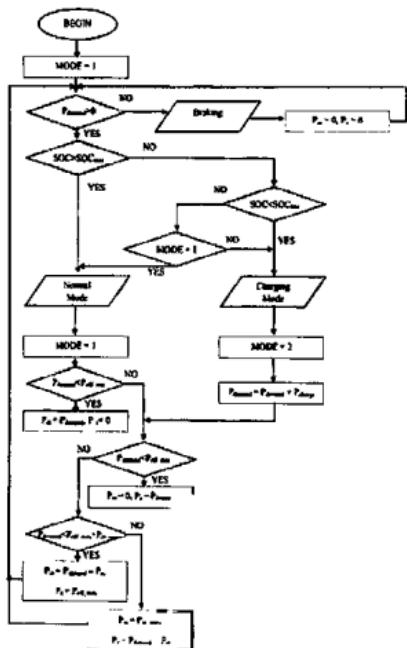
$$\begin{aligned} F_{wh} &= F_{rolling} + F_{aero} + F_{grade} + F_{acce} \\ F_{rolling} &= mgf \cos(\alpha); F_{aero} = \frac{1}{2} C_d A_f \rho V^2 \\ F_{grade} &= mg \sin(\alpha); F_{acce} = m \delta_j \dot{V} \\ V_{act}(t) &= \int_0^t \dot{V}(\tau) d\tau \end{aligned} \quad (9)$$

3.6. Mô hình hóa bộ điều khiển

Bộ điều khiển điều khiển phân phối công suất yêu cầu (P_{demand}) riêng rẽ hay đồng thời lực kéo cho bánh trước (P_m , F_{wf}) và bánh sau (P_c , F_{wr}) tùy theo các chế độ hoạt động khác nhau.

$$\begin{aligned} F_{demand} &= F_{wf} + F_{wr} + F_{brake} \\ P_{demand} &= P_c + P_m + P_{brake} \end{aligned} \quad (10)$$

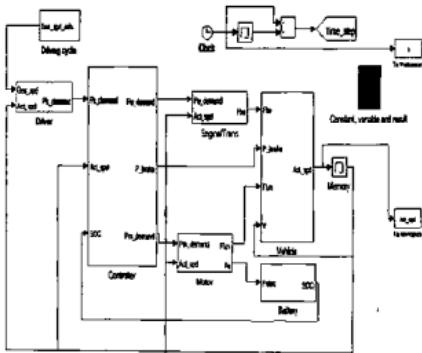
Nghiên cứu đề xuất phương pháp phân phối công suất giữa hai nguồn động lực theo quy tắc “Rule – based control” được đề cập trong các nghiên cứu [7, 25, 26]. Trong đó, hai quy tắc chủ đạo là động cơ đốt trong hoạt động trong vùng có hiệu suất tối ưu ($P_{\text{eff min}}$, $P_{\text{eff max}}$) và ác quy phải duy trì ở trạng thái tối ưu cho phỏng/nạp (SOC_{min} , SOC_{max}). Khoảng giá trị ($P_{\text{eff min}}$, $P_{\text{eff max}}$) thay đổi theo tốc độ, có được khi xem xét hai bản đồ công suất và suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ. Như vậy, có ba thông số đầu vào chính của bộ điều khiển là công suất yêu cầu của người lái P_{demand} , trạng thái nạp ác quy SOC và tốc độ thực tế của xe V_x . Dựa vào ba thông số chính này, chế độ điều khiển được chia thành: Chế độ kéo, chế độ sạc, chế độ giám tốc. Lưu đồ thuật toán phân phối công suất Rule – based control đề xuất được thể hiện như Hình 4.



Hình 4. Lưu đồ thuật toán điều khiển xe máy hybrid

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG MÔ HÌNH XE MÁY HYBRID

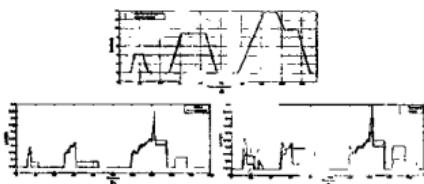
Mô hình 03 kiểu hệ thống hybrid mô tả ở Hình 1b, 1c, 1d được cụ thể hóa thành các khối trong Matlab/Simulink. Mô phỏng bắt đầu từ vận tốc phỏng theo chu trình chạy thử nghiệm theo thời gian t. Các thông số vận tốc, moment, công suất, v.v... Được tính theo các liên hệ toán học và các bảng tra thực nghiệm. Cấu hình xe hybrid phức hợp và plug-in hybrid song song có và không có máy phát lần lượt được mô phỏng để đánh giá tính hiệu quả và khả thi của từng cấu hình. Các kết quả bao gồm: Mức độ đáp ứng tốc độ yêu cầu của chu trình, mức tiêu hao nhiên liệu ở chế độ kéo, mức tiêu hao nhiên liệu ở chế độ sạc và quãng đường di chuyển của các cấu hình truyền động khác nhau sẽ lần lượt được so sánh. Số đồ họa mô hình các bộ phận xe hybrid trong Matlab/Simulink được thể hiện trên Hình 5:



Hình 5. Sơ đồ khối xe máy hybrid trong Matlab/Simulink

Kết quả mô phỏng các phương án theo các chu trình khác nhau cho thấy cả ba phương án: Hybrid phức hợp, plug – in hybrid có và không có máy phát đều đảm bảo được tính năng động lực học của xe sau cải tạo so với xe nền. Hình 6, trình bày một kết quả tiêu biểu

khi mô phỏng phương án xe máy hybrid phức hợp ở chế độ 50% tải (01 người trên xe) theo chu trình ECE R15. Mức độ đáp ứng tốc độ yêu cầu của chu trình được thể hiện ở Hình 6a, trong khi Hình 6b và 6c so sánh lượng tiêu hao nhiên liệu của xe hybrid phức hợp so với xe nền ở chế độ kéo và chế độ sạc. Do phải dẫn động máy phát, có thể nhận xét mức tiêu hao nhiên liệu của động cơ đốt trong ở chế độ sạc (Hình 6c) cao hơn ở so với chế độ kéo.



Hình 6, kết quả mô phỏng xe hybrid phức hợp ở chế độ 01 người theo chu trình ECE R15: a) Đáp ứng tốc độ; b) Mức tiêu hao nhiên liệu ở chế độ kéo so với xe nền; c) Mức tiêu hao nhiên liệu ở chế độ sạc so với xe nền.

Bảng 1, so sánh tính kinh tế nhiên liệu thu được từ kết quả mô phỏng theo bốn chu trình ở chế độ 50% tải của 03 cấu hình đề xuất so với xe nền. Tổng hợp trong suốt quá trình chạy theo các chu trình, khi SOC của ác quy ban đầu bằng 0,95 cho đến khi xuống mức 0,5 và được sạc lại đến mức 0,95, xe hybrid phức hợp tốn 2,05 kg xăng cho quãng đường 100 km mô phỏng theo chu trình ECE R15. Với khối lượng riêng của xăng khoảng 0,77 kg/l, lượng nhiên liệu tiêu hao trên 100 km di chuyển theo chu trình ECE R15 của xe hybrid phức hợp là 2,664 l, cao hơn xe nền 0,217 l. Ở các chu trình khác, các kết quả mô phỏng cũng cho thấy cấu hình truyền động hybrid phức hợp luôn có mức tiêu hao nhiên liệu trên 100 km cao hơn so với xe nền. Do xe phải sạc ác quy khi bắt đầu chu trình mô phỏng (không tích hợp hệ thống nạp ác quy từ mạng lưới điện), trong chế độ sạc, động cơ điện hạn chế hoạt động và công suất lại tăng thêm do dẫn động máy phát, nên trong suốt quá trình chạy tiêu hao nhiên liệu của xe

máy HEM phức hợp cao hơn xe nền; Bên cạnh đó tự trọng của xe tăng lên khi tích hợp các thiết bị gắn thêm.

Đối với cấu hình plug-in hybrid song song (PHEM) có máy phát, do tích hợp hệ thống nạp ác quy từ mạng lưới điện, nên khi bắt đầu mô phỏng theo chu trình mức lưu trữ của ác quy luôn ở trạng thái đầy (SOC_{max}), nên khi bắt đầu chu trình, chế độ sạc pin không được kích hoạt. Tiêu hao nhiên liệu của chế độ này luôn thấp hơn so với cấu hình hybrid phức hợp, mức này thậm chí còn được cải thiện tốt hơn so với xe nền khi chạy theo 03 chu trình gồm: ECE R15, Japan 10-15 Mode, và Indian Urban; tuy nhiên, tiêu hao nhiên liệu cao hơn so với xe nền khi chạy theo chu trình WVUCITY.

Kết quả mô phỏng cho thấy cấu hình plug-in hybrid song song (PHEM) không có máy phát có mức tiêu hao nhiên liệu thấp nhất trong 03 cấu hình đề xuất theo 04 chu trình thử nghiệm. Tính trung bình trên cả bốn chu trình, xe PHEM không có máy phát chỉ tiêu tốn 2,376 l cho 100 km di chuyển và thấp hơn mức tiêu thụ của xe nền là 0,317 l. Ở cấu hình này, công suất động cơ điện trung bình chiếm 35,49% trong tổng công suất phát ra của cả 02 nguồn động lực xăng-diện; quãng đường di được cho đến khi mức SOC xuống 0,5 trung bình là 84,8 km. Cấu hình này đạt mức tiêu hao nhiên liệu thấp nhất là 2,072 l/100 km khi chạy theo chu trình ECE R15 và quãng đường xe di được là 53,751 km từ khi ác quy đầy (SOC_{max}) cho đến khi dung lượng còn 50%. Quãng đường di chuyển khoảng 50 km hoàn toàn đáp ứng được nhu cầu di lại hằng ngày trong các thành phố lớn tại Việt Nam, cấu hình PHEM không có máy phát do đó có tính khả thi cao để cải tạo xe Honda Lead 110 cc từ chiếc xe chạy xăng thành xe máy lai, góp phần giảm bớt sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch và giải quyết vấn đề ô nhiễm không khí phát ra từ một lượng lớn các xe máy tại các đô thị lớn ở Việt Nam.

Bảng 1. Kết quả tính kinh tế nhiên liệu khi mô phỏng theo 04 chu trình ở chế độ 50% tải (01 người trên xe)

Chu trình	Chi tiêu	Xe nền	PHEM phức hợp	PHEM có máy phát	PHEM không máy phát
ECE R15	G _{fuel} (l/100km)	2,447	2,664	2,354	2,072
	L _{hybrid} (km)				53,751
JAPAN 10 - 15 MODE	G _{fuel} (l/100 km)	2,907	3,034	2,852	2,866
	L _{hybrid} (km)				146,892
WWU CITY	G _{fuel} (l/100 km)	3,055	3,184	3,123	2,521
	L _{hybrid} (km)				61,588
INDIAN URBAN	G _{fuel} (l/100 km)	2,363	2,493	2,214	2,045
	L _{hybrid} (km)				76,866

5. KẾT LUẬN

Những kết quả và kết luận rút ra từ nghiên cứu này có thể được tóm gọn bao gồm:

Nghiên cứu đã bước đầu đề xuất được 03 cấu hình khả thi gồm: Hybrid song song, plug-in hybrid có máy phát và plug-in hybrid không có máy phát nhằm chuyển đổi xe Honda Lead 110cc thành xe máy lai.

- Nghiên cứu đã xây dựng được mô hình toán học cho các bộ phận trong hệ thống truyền lực và hệ thống lưu trữ năng lượng trên xe máy lai và đề xuất phương pháp điều khiển phân phối công suất Rule – based control.

- Kết quả mô phỏng cho thấy cấu hình plug-in hybrid không có máy phát đạt mức tiêu hao nhiên liệu thấp nhất là 2,072 l/100 km khi chạy theo chu trình ECE R15 và quãng đường xe có thể di được là 53,751 km từ khi ắc quy đầy (SOC_{max}) cho đến khi dung lượng còn 50%.

Quãng đường di chuyển khoảng 50 km hoàn toàn đáp ứng được nhu cầu di lại hàng ngày trong các thành phố lớn tại Việt Nam, cấu hình này có tính khả thi cao để cải tạo xe Honda Lead 110cc từ chiếc xe chạy xăng thành xe máy lai, góp phần giảm bớt sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch và giải quyết vấn đề ô nhiễm không khí.♦

Ngày nhận bài: 10/01/2017

Ngày phản biện: 12/02/2017

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Silva C, Ross M, Farias T (2009); Evaluation of energy consumption, emissions and cost of plug-in hybrid vehicles, Energy Conversion Management; Vol. 50, No. 7, pp. 1635-1643.
- [2]. Phan Thị Quỳnh (2007), *Ý tưởng nghiên cứu giảm thiểu ô nhiễm không khí ở Tp.Hồ Chí Minh*.
- [3]. W. K. Yap and V. Karri (2010), Performance simulation and predictive model for a parallel hybrid electric scooter drive, International Journal of Energy Research, Vol. 34, pp. 67-83. http://en.wikipedia.org/wiki/Piaggio_MP3
- [4].

- [5]. <http://www.hermotocorp.com>
- [6]. W. K. Yap and V. Karri (2008), Modeling and Simulation of a Hybrid Scooter, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, Vol.2, No.11, pp.1229-1234.
- [7]. B. Chen, Y. Wu, Y. Huang, and C. Huang (2004), Modeling and Control of Hybrid Electric Motorcycle with Direct-Driven Wheel Motor, SAE Technical Paper 2004-01-1054.
- [8]. K.B. Sheu (2008), Simulation for the analysis of a hybrid electric scooter powertrain, Applied Energy, Vol. 85, pp. 589–606.
- [9]. W. K. Yap and V. Karri (2010), Performance simulation and predictive model for a multi-mode parallel hybrid electric scooter drive, International Journal of Energy Resources, Vol.34, pp.67–83.
- [10]. B. Asaei, M. Habibidoost (2013), Design, simulation, and prototype production parallel hybrid electric motorcycle, Energy Conversion and Management, Vol. 71 , pp. 12–20
- [11]. S. Amjad, R. Rudramoorthy, S. Neelakrishnan, K. S. R. Varman, T.V. Arjunan (2011), Evaluation of energy requirements for all-electric range of plug-in hybrid electric two-wheeler, Energy, Vol. 36, pp.1623-1629.
- [12]. K. B. Sheu, T. H. Hsu (2006), Design and implementation of a novel hybrid-electric-motorcycle transmission, Applied Energy, Vol. 83, pp.959–974
- [13]. K. B. Sheu (2007), Conceptual design of hybrid scooter transmissions with planetary gear-trains, Applied Energy, Vol. 84, pp.526–541.
- [14]. K. B. Sheu (2007); Analysis and evaluation of hybrid scooter transmission systems, Applied Energy, Vol. 84, pp.1289–1304.
- [15]. T.W. Ching, and K.U. Chan (2009); A Full Hybrid Electric Scooter, EEE Electrical Power & Energy Conference, 978-1-4244-4509-7/09.
- [16]. C. C. Tong, W. S. Jwo (2007); *An assist-mode hybrid electric motorcycle*, Journal of Power Sources, Vol. 74, pp. 61–68.
- [17]. Bùi Văn Ga, Nguyễn Quân (2008), *Xe gắn máy hybrid điện-gas*, Tạp chí Giao thông Vận tải, số 1+2/2008, pp. 49-51 và 68.
- [18]. Bùi Văn Ga, Nguyễn Quân, Nguyễn Việt Hải, Nguyễn Hương (2009); *Thiết kế xe gắn máy hybrid*, Ký yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 11, Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh, pp.88-94.
- [19]. *Nghiên cứu, tính toán cấu hình xe máy hybrid*, Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [20]. *Nghiên cứu thuật toán điều khiển xe máy hybrid*, Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [21]. *Honda Motors Vietnam (2009)*, Honda Lead 110cc Service Manual.
- [22]. Phạm Tuấn Anh, Đinh Quốc Trí, Nguyễn Duy Anh, Phùng Trí Công, Nguyễn Đình Tuyên, Huỳnh Thanh Công, *Nghiên cứu tích hợp công nghệ hybrid cho xe Honda Lead 110cc*, Hội nghị Khoa học và Công nghệ Toàn quốc về Cơ khí - Động lực 2016, Hà Nội - Việt Nam
- [23]. <http://www.leafmotor.com/electric-bike-motors/pblw-16b-electric-motorcycle-motor.pdf>
- [24]. <http://apollovn.com/upload/files/AP33-12.pdf>
- [25]. Karen L. Butler, Mehrdad Ehsani, Preyas Kamath (1999), A Matlab-Based Modeling and Simulation Package for Electric and Hybrid Electric Vehicle Design, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 48, No. 6, pp.1770-1778.
- [26]. Jinming Liu and Huei Peng (2008); Modeling and Control of a Power-Split Hybrid Vehicle, IEEE transactions on control systems technology, Vol. 16, No. 6, pp.1242 – 1251.