

**NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO BỘ ĐIỀU KHIỂN PHỐI HỢP
 NGUỒN ĐỘNG LỰC CHO XE HYBRID**

**RESEARCH DESIGN AND MANUFACTURE OF A POWER DISTRIBUTION
 CONTROL UNIT FOR HYBRID VEHICLES**

**TRẦN VĂN ĐĂNG^{1,2,*}, KHỔNG VŨ QUẢNG¹, TRẦN ĐĂNG QUỐC¹,
 NGUYỄN KHẢ TRƯỜNG AN¹**

¹*Viện Cơ khí động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội*

²*Khoa Cơ khí động lực, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên*

**Email liên hệ: trandang.utehy@gmail.com*

Tóm tắt

Giảm phát thải và tiêu hao nhiên liệu cho phương tiện cơ giới là một vấn đề nóng hổi, đang thu hút được sự quan tâm của các nhà nghiên cứu. Một trong những giải pháp thực hiện được mục tiêu này là sử dụng hệ động lực hybrid. Bài báo này sẽ tiến hành nghiên cứu, chế tạo một hệ thống hybrid hỗn hợp kiểu đồng tốc với hệ dẫn động bằng bộ truyền vô cấp lắp đặt trên xe. Kết quả nghiên cứu cho thấy động cơ đốt trong sẽ luôn làm việc ổn định tại chế độ tối ưu khi tải ngoài thay đổi. Qua đó, suất tiêu hao nhiên liệu và lượng phát thải của xe sẽ giảm. Kết quả của bài báo này là một đóng góp đáng kể trong quá trình thiết kế và phát triển xe hybrid ở Việt Nam.

Từ khóa: Xe hybrid, động cơ đốt trong, động cơ điện.

Abstract

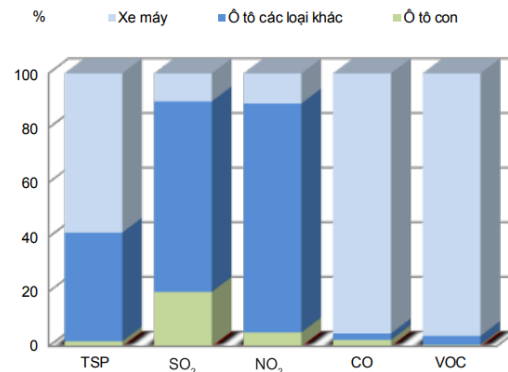
Reducing emissions and fuel consumption for vehicles is a hot issue, attracting the attention of researchers. One of the solutions to achieve this goal is to use a hybrid powertrain. This paper will research and manufacture a synchronous hybrid system with a stepless transmission system installed on the vehicle. Research results show that the internal combustion engine will always work stably at the optimal mode when the external load changes. Thereby, the fuel consumption rate and emissions of the vehicle will be reduced. The result of this paper is a significant contribution in the process of designing and developing hybrid vehicles in Vietnam.

Keywords: Hybrid electric vehicles, internal combustion engine, electric motor.

1. Giới thiệu

Quá trình phát triển kinh tế - xã hội của các quốc gia trên thế giới đã gây ra những ảnh hưởng nặng nề đến môi trường. Nó làm cho môi trường sống của loài người bị biến đổi và ngày càng xuống cấp.

Ở Việt Nam, ô nhiễm môi trường tại các thành phố lớn đã và đang trở thành một vấn đề cấp bách. Hình 1 cho thấy khí thải từ các phương tiện giao thông cơ giới đường bộ đóng góp nhiều nhất trong tổng lượng phát thải gây ô nhiễm môi trường không khí đô thị. Các khí thải chủ yếu bao gồm: SO₂, NO₂, CO, bụi (TSP, PM₁₀, PM_{2,5}).



Hình 1. Tỷ lệ đóng góp phát thải các chất gây ô nhiễm không khí do các phương tiện giao thông cơ giới đường bộ toàn quốc năm 2019 [3]

Một trong những giải pháp để nâng cao hiệu suất và giảm ô nhiễm môi trường từ phương tiện giao thông sử dụng nhiên liệu xăng hoặc diesel là sử dụng nhiên liệu thay thế như xăng sinh học, diesel sinh học, khí CNG, LPG,...[1]. Đặc biệt là hướng tới phương tiện giao thông sử dụng nguồn năng lượng điện hoặc hydro. Như vậy để sử dụng năng lượng điện hoặc hydro trên phương tiện giao thông cần một trong hai giải pháp đó là thay thế hoàn toàn nguồn năng lượng từ ĐCĐT (Động cơ đốt trong) là: xe điện (BEV) hoặc xe sử dụng pin nhiên liệu (FCV) hoặc phối hợp nguồn

năng lượng từ ĐCĐT với (Động cơ điện) ĐCĐ (xe hybrid) [2].

Tuy nhiên nếu sử dụng xe điện (BEV) thì sẽ gặp những khó khăn, như thời gian sạc pin, quãng đường xe chạy được sau mỗi lần sạc, cũng như việc quy hoạch và xây dựng cơ sở hạ tầng các trạm sạc cũng là một vấn đề rất lớn đối với việc phát triển dòng xe BEV này. Chính vì vậy để phù hợp với mục tiêu giảm ô nhiễm môi trường và không làm ảnh hưởng đến quá trình sử dụng cũng như sự thay đổi về cơ sở hạ tầng thì việc phát triển xe hybrid ở Việt Nam là một hướng đi phù hợp trong giai đoạn hiện nay, nhất là đối với các phương tiện cá nhân thì xu hướng này hoàn toàn phù hợp với chiến lược phát triển phương tiện giao thông “sạch” được thể hiện trên Hình 2.



Hình 2. Chiến lược phát triển xe sử dụng năng lượng điện và hydro

Trong bài báo này sẽ đề cập đến công nghệ chế tạo xe hybrid, trong đó bộ phối hợp công suất giữa ĐCĐ và ĐCĐT được thiết kế một cách công phu như đã đề cập [4]. Ấc quy được sử dụng làm thiết bị lưu trữ điện và cung cấp điện cho ĐCĐ hoạt động. Bộ điều khiển trung tâm có tính năng quản lý và phân phối năng lượng, sự giao tiếp giữa bộ điều khiển, ĐCĐ, ĐCĐT và người lái xe để phù hợp với tải ngoài thường xuyên thay đổi.

2. Các phương pháp phối hợp nguồn động lực

(a) Xe hybrid kiểu nối tiếp, trong đó ĐCĐT, kết hợp với máy phát điện, cung cấp năng lượng sạc cho pin và cung cấp năng lượng điện cho ĐCĐ, ĐCĐ cung cấp mô men xoắn cho các bánh xe.

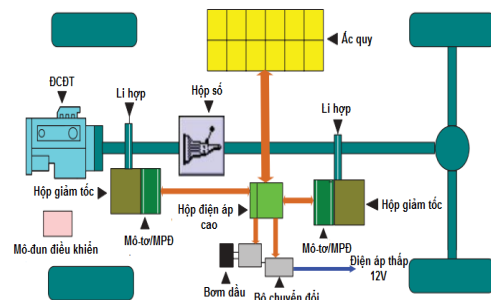
(b) Xe hybrid kiểu song song là sử dụng ĐCĐT hoặc ĐCĐ hoặc cả hai để dẫn động bánh xe, ĐCĐ hoạt động như một máy phát điện để sạc lại pin trong quá trình phanh tái sinh hoặc khi ĐCĐT sản xuất nhiều năng lượng hơn mức cần thiết để dẫn động bánh xe [2].

(c) Xe hybrid kiểu hỗn hợp là sử dụng ĐCĐT hoặc ĐCĐ hoặc cả hai để dẫn động bánh xe. Mặc dù sở hữu

các tính năng ưu việt của cả xe hybrid kiểu nối tiếp và song song, xe hybrid kiểu hỗn hợp tương đối phức tạp và tốn kém hơn. Tuy nhiên, hệ thống này đã được sử dụng trong một số xe hybrid hiện đại nhờ áp dụng các công nghệ điều khiển và sản xuất tiên tiến.

Trong xe hybrid kiểu hỗn hợp, ĐCĐ, máy phát điện, ĐCĐT và bánh xe của xe có thể được liên kết với nhau thông qua một hoặc nhiều bộ bánh răng hành tinh hoặc các thiết bị khác. Hình 3 cho thấy sơ đồ hệ thống hybrid hỗn hợp. Trong đó năng lượng do ĐCĐT và ĐCĐ cung cấp được phân chia và truyền đến các bánh xe thông qua hai đường dẫn: nối tiếp và song song. Các đường dẫn dẫn qua máy phát điện được kết nối với hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS) tới ĐCĐ đến các bánh xe. Trong đường dẫn này, năng lượng cơ học của ĐCĐT được chuyển đổi thành năng lượng điện thông qua máy phát điện và năng lượng điện có thể một phần năng lượng sạc cho ắc quy và một phần năng lượng thông qua ĐCĐ để dẫn động bánh xe hoặc toàn bộ năng lượng đến ĐCĐ để dẫn động bánh xe. Trong đường dẫn song song, động cơ được kết nối thông qua bánh răng cùng với hệ thống truyền lực liên kết. Trong đường dẫn này, năng lượng cơ học của ĐCĐT được truyền một phần hoặc toàn bộ đến các bánh xe, và phần không được truyền tới các bánh xe sẽ được chuyển đổi thành năng lượng điện thông qua máy phát điện để sạc ắc quy. Nếu công suất ĐCĐT không thể đáp ứng công suất yêu cầu của xe, ĐCĐ sẽ cung cấp thêm mô men xoắn tới các bánh xe qua hệ thống truyền động. Xe hybrid kiểu hỗn hợp là sự kết hợp giữa hai kiểu nối tiếp và song song. Nó cho phép hệ thống truyền động ĐCĐ điều chỉnh tải ĐCĐT để đạt được mức tiết kiệm nhiên liệu tối ưu [2, 4].

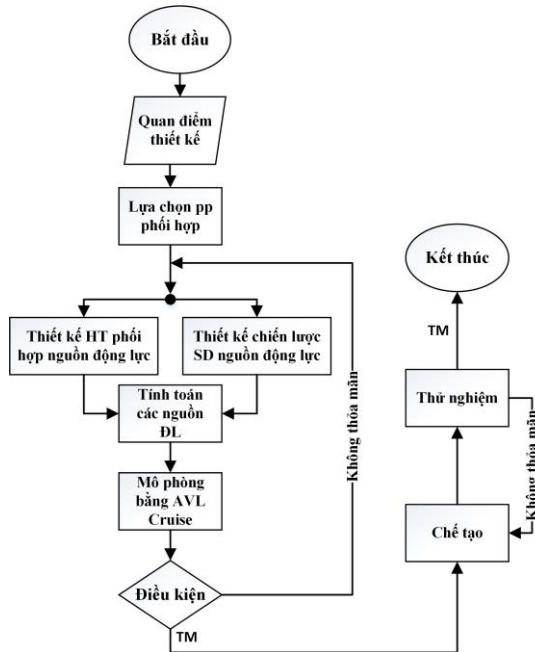
Như vậy xe hybrid kiểu hỗn hợp sẽ phát huy được ưu điểm của xe hybrid kiểu nối tiếp khi chạy trong thành phố và ưu điểm của xe hybrid kiểu song song khi chạy ngoài xa lộ mang lại hiệu quả cao cho xe hybrid.



Hình 3. Sơ đồ cấu tạo xe hybrid hỗn hợp

3. Cơ sở tính toán các nguồn động lực xe hybrid

3.1. Xây dựng quy trình tính toán thiết kế hệ động lực xe hybrid



Hình 4. Sơ đồ quy trình thực hiện tính toán thiết kế hệ động lực xe hybrid

Sơ đồ quy trình thực hiện tính toán thiết kế hệ động lực xe hybrid thể hiện trên Hình 4. Quy trình cho thấy việc tiến hành bao gồm 9 bước, các bước thực hiện được diễn giải như sau:

- **Bước 1:** Xác định quan điểm thiết kế. Đã có rất nhiều quan điểm thiết kế cho xe hybrid của các hãng xe và các nhà nghiên cứu khác nhau nhưng trong nghiên cứu này đã chọn quan điểm thiết kế lấy ĐCĐT là nguồn động lực chính, ĐCĐ là nguồn động lực phụ trợ.

- **Bước 2:** Tiến hành lựa chọn phương pháp để phối hợp công suất của các nguồn động lực từ các phương pháp đã được sử dụng trong thực tế và các nghiên cứu khoa học.

- **Bước 3:** Thiết kế, tính toán hệ thống phối hợp các nguồn động lực trên xe hybrid.

- **Bước 4:** Song song với việc thiết kế hệ thống phối hợp ở bước 3 là việc xây dựng chiến lược sử dụng và quản lý các nguồn động lực.

- **Bước 5:** Tính toán các thông số đặc trưng, xây dựng các đường đặc tính của các nguồn động lực là ĐCĐ và ĐCĐT.

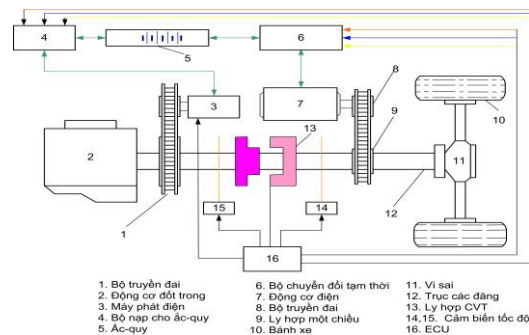
- **Bước 6:** Đưa các thông số đã tính toán, chọn lựa vào phần mềm AVL- Cruise để tiến hành mô phỏng và đưa ra kết quả mô phỏng.

- **Bước 7:** Đánh giá kết quả chạy mô phỏng của phần mềm AVL-Cruise sử dụng các điều kiện về suất tiêu hao nhiên liệu và lượng phát thải của ĐCĐT. Nếu thỏa mãn thì sẽ chuyển sang bước kế tiếp, còn nếu không thỏa mãn thì phải quay lại bước 3 và bước 4.

- **Bước 8:** Nếu thỏa mãn điều kiện ở bước 7 thì sẽ đến bước chế tạo sản phẩm theo thông số mô phỏng và đã tinh chỉnh của phần mềm AVL-Cruise.

- **Bước 9:** Đưa sản phẩm đi thử nghiệm và lấy các thông số thử nghiệm để kiểm nghiệm lại mô hình mô phỏng của phần mềm AVL-Cruise [4].

3.2. Thiết kế hệ động lực hybrid



Hình 5. Sơ đồ hệ động lực hybrid

Ngoài việc đáp ứng được các quy định về động học và điều kiện hoạt động của xe như trình bày ở trên, đối với hệ động lực hybrid cần phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Bộ phối hợp các nguồn động lực phải đảm bảo hoạt động ổn định, tin cậy, kết hợp dễ dàng hai nguồn động lực ĐCĐ và ĐCĐT;

- Trong quá trình làm việc, khi ở tốc độ thấp thì nguồn động lực từ ĐCĐ hoạt động chính, ở tốc độ trung bình thì ĐCĐT hoạt động, còn khi tăng tốc hoặc leo dốc thì cả hai nguồn động lực cùng hoạt động. Nguồn ắc quy được nạp từ máy phát điện và sạc bên ngoài.

Để đáp ứng các yêu cầu này, một hệ động lực hybrid như thể hiện trên Hình 5 có thể đáp ứng các chế độ làm việc của hệ động lực hybrid với vận tốc (V) phù hợp từng chế độ chạy như sau:

- **Vận tốc V1:** Vận tốc xe phù hợp với cận dưới trong dải làm việc tối ưu của ĐCĐT và vận tốc cho phép xe chạy trong khu vực đông dân cư tương ứng với V_{xe} khi có ĐCĐ chạy độc lập;

- **Vận tốc V2:** Vận tốc xe phù hợp với cận trên trong dải làm việc tối ưu của ĐCĐT và vận tốc cho phép xe chạy ngoài khu vực đông dân cư tương ứng với V_{xe} khi có ĐCĐT chạy độc lập;

- **Vận tốc V3:** Vận tốc xe chạy ngoài khu vực dân

cư hoặc chạy trên đường cao tốc tương ứng với trường hợp cả hai nguồn động lực cùng làm việc.

- Vận tốc V_{max} là vận tốc lớn nhất xe có thể đạt được.

Chế độ hoạt động chỉ bằng ĐCD: Khi xe chạy trong thành phố với tốc độ vừa phải, ta cho xe chạy hoạt động bằng nguồn động lực ĐCD. Ly hợp điện mở, ĐCD 7 truyền chuyển động qua ly hợp một chiều 9 và truyền tới bộ vi sai và tới bánh xe.

Chế độ hoạt động nạp điện cho ắc quy: Khi xe đứng yên hoặc đang chuyển động phát hiện ắc quy yếu thì bộ điều khiển sẽ quyết định để ĐCĐT hoạt động và truyền chuyển động cho máy phát điện để nạp điện cho ắc quy.

Chế độ hoạt động chỉ bằng ĐCĐT: Khi tốc độ xe đạt đến tốc độ cho phép, ly hợp điện từ 13 đóng lại, thông qua khớp nối một chiều truyền tới bộ vi sai rồi đến bánh xe.

Chế độ hoạt động bằng cả hai nguồn động lực: Khi ra khỏi thành phố hoặc khi cần hoạt động với tốc độ cao, leo dốc. Lúc này ly hợp điện từ đóng và cả hai nguồn động lực đều truyền tới bộ vi sai và ra bánh xe.

3.3. Phân chia tỷ lệ công suất

Tỷ lệ công suất của ĐCĐT và ĐCD thuộc hệ động lực hybrid được thể hiện bằng hệ số hybrid (HF), được định nghĩa như sau [2]:

$$HF = \frac{N_{DCD}}{N_{DCD} + N_{DCDT}} = \frac{N_{DCD}}{N_{tong}} \quad (1)$$

Trong đó: N_{DCD} và N_{DCDT} là công suất có ích lớn nhất của ĐCD và ĐCĐT; N_{tong} là tổng công suất yêu cầu.

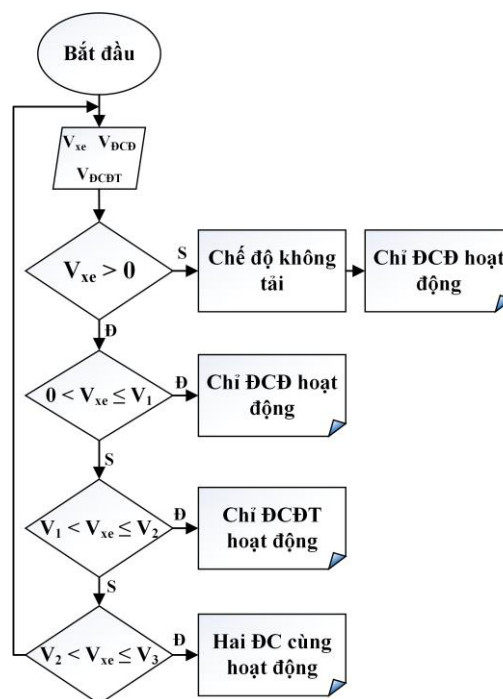
3.4. Chiến lược phối hợp các nguồn động lực trên xe hybrid

Để có thể phối hợp nhịp nhàng, hiệu quả ĐCD và ĐCĐT, ta phải dựa vào vận tốc của xe, các quy định về tốc độ của xe cơ giới cũng như tình trạng tham gia giao thông của các phương tiện hiện hành. Do vận tốc của xe có quan hệ trực tiếp với công suất của hệ động lực cũng như vận tốc của các nguồn động lực nên vận tốc của xe sẽ được chia làm các khoảng nhỏ, phù hợp với các quy định quy chuẩn và đặc tính của các nguồn động lực. Với mỗi khoảng, sẽ có các phương án phối hợp các nguồn động lực riêng để đảm bảo sự chính xác và tối ưu.

Từ các quy tắc và mốc vận tốc nêu trên, ta tiến hành xây dựng sơ đồ tổng quan về chiến lược phối hợp các nguồn động lực trên xe hybrid dưới dạng sơ đồ

khởi như thể hiện trên Hình 6.

Với sơ đồ thể hiện trên Hình 6 cho thấy các chiến lược cơ bản để phối hợp công suất của ĐCD và ĐCĐT, các vùng tốc độ khác nhau của xe sẽ có các cách phối hợp các nguồn động lực khác nhau. Ở chế độ không tải, ĐCD sẽ được cấp điện và sẵn sàng hoạt động khi vận ga, ĐCD sẽ tiếp tục hoạt động độc lập cho đến mốc vận tốc V_1 . Từ vận tốc V_1 đến V_2 sẽ chỉ có ĐCĐT hoạt động bởi đây là dải vận tốc mà ĐCĐT sẽ có suất tiêu hao nhiên liệu thấp và lượng phát thải nhỏ. Với vận tốc từ V_2 đến V_3 thì do đây là vùng cần có công suất lớn nên sẽ kết hợp công suất của cả ĐCĐT và ĐCD.



Hình 6. Chiến lược điều khiển tổng quan xe hybrid

4. Tính toán hệ động lực xe hybrid

4.1. Yêu cầu chung

Trong quá trình thiết kế xe truyền thống, công suất cực đại của động cơ được xác định trên cơ sở một số tính năng kỹ thuật của xe, ví dụ: Tính năng động lực học, tính năng việt dã,... được đặt ra khi thiết kế. Đối với xe hybrid, các nguồn động lực khác nhau cần có sự phối hợp sao cho tổng công suất cung cấp cho bánh xe chủ động phải bằng công suất cực đại của động cơ ở xe truyền thống có tính năng kỹ thuật tương đương, mà công suất của mỗi nguồn động lực còn phải được lựa chọn sao cho cả hệ thống làm việc với các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật - môi trường cao nhất có thể.

Để thực hiện đánh giá tính khả thi của phương án phối hợp nguồn động lực giữa ĐCĐT và ĐCD, cần thiết phải có bước tính toán nguồn động lực.

Sự cần thiết cho việc quản lý năng lượng các nguồn động lực xe hybrid được xác định và tính toán theo một chiến lược cụ thể nhằm điều khiển cho sự hoạt động liên tục của hệ phối hợp.

So sánh đối chứng giữa xe sử dụng ĐCĐT trên xe truyền thống với xe hybrid nhằm đánh giá mức phát thải và tiêu hao nhiên liệu. Nếu các công thức toán học được đánh số, phải chắc chắn rằng các số được đánh liên tục.

4.2. Tính toán xác định nguồn động lực cho xe hybrid

4.2.1. Các chế độ vận hành của xe hybrid

Các chế độ vận hành xe như sau [5]:

- **Chế độ 1:** tốc độ tối đa cho phép khi xe đi trong thành phố và khu vực đông dân cư là $V_1 = 30\text{km/h}$, khi đó chỉ có ĐCĐ làm việc.

- **Chế độ 2:** trường hợp có tốc độ giao động từ V_1 đến V_2 tức từ 30 đến 40 km/h, ở chế độ này, chỉ có ĐCĐT hoạt động tương ứng $V_2 = 40\text{km/h}$.

- **Chế độ 3:** tốc độ khi xe chạy ở khu vực ngoại ô là $V_3 = 40 \div 60$ (km/h), khi đó xe sử dụng phối hợp cả hai nguồn động lực.

- **Chế độ 4:** tốc độ cực đại khi xe chạy bằng cả hai nguồn động lực ĐCĐT và ĐCĐ, tốc độ $V_{max} = 60 \div 80$ (km/h).

4.2.2. Tính toán xác định công suất hệ động lực xe hybrid

Khi xe làm việc ở V_{max} , công suất nguồn động lực của xe được tính theo công thức:

$$N_{eV_{max}} = \frac{1}{\eta_t} (G_{t\mu} V_{max} + K.F.V_{max}^3) \quad (2)$$

Trong đó: G là trọng lượng toàn bộ của xe và được tính theo công thức:

$$G = (G_t + G_0 + G_{dcdt} + G_{dcd} + G_{aq} + G_{khac}) \quad (3)$$

Theo thiết kế, $G_0 = 300\text{kg}$ là trọng lượng bản thân xe; $G_{dcdt} = 35\text{kg}$ là khối lượng ĐCĐT; $G_{dcd} = 25\text{kg}$ là khối lượng ĐCĐ; $G_{aq} = 120\text{kg}$ là khối lượng bình ắc quy; $G_{khac} = 20\text{kg}$ là khối lượng các thành phần khác; $G_t = (m_1 + m_2)n$ (kg) là tải trọng chuyên chở.

Giả thiết: $m_1 = 60\text{kg}$ là trọng lượng của một người; $m_2 = 15\text{kg}$ là trọng lượng hành lý của một người; $n = 2$ là lượng người theo thiết kế. Với thiết kế xe 2 chỗ, nên $G_t = 150\text{kg}$. Từ các giá trị trên thay vào công thức ta có $G = 650\text{kg}$.

Lực cản chính diện của xe $F = 0,8.B_0.H$. Trong đó các thông số được xác định như sau: chiều rộng cơ sở của xe thiết kế là $B_0 = 1495\text{mm}$; chiều cao toàn bộ của xe thiết kế là $H = 1485\text{mm}$. Thay số vào công thức ta

có $F = 0,8.1495.1485 = 1776060$ (mm²). Với hệ số liên quan đến hình dạng khí động học (K) trong khoảng $0,020 \div 0,035$ (Ns²/m⁴) nên ta chọn $K = 0,02$ Ns²/m⁴.

Lực cản tổng cộng $\Psi = f \pm i = f$ với f là hệ số cản lăn của đường, f xác định theo biểu thức:

$$f = f_0 \times \left(1 + \frac{v^2}{1500}\right)$$

Ở đây, chọn $f_0 = 0,018$ (trong điều kiện đường nhựa tốt), $V_{max} = 80\text{km/h} = 22\text{m/s}$.

$$\text{Vậy: } f = 0,018 \left(1 + \frac{22^2}{1500}\right) = 0,0238 = \Psi$$

$$N_{eV_{max}} = \frac{1}{0,9} \left(\frac{650.0,0238.80}{270} + \frac{0,02.1,776.80^3}{3500} \right) = 10,87\text{ml} = 8,11\text{kW}$$

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của ĐCĐT - Piaggio 150cc

TT	Đặc tính kỹ thuật	Ký hiệu	Giá trị
1	Kiểu động cơ	V3ie 150cc	
2	Số xi lanh/ cách bố trí	i	1
3	Loại nhiên liệu	xăng	
4	Công suất cực đại	kW/v/ph	8,7/7500
5	Mô men cực đại	N.m/v/ph	12/5000
6	Tỷ số nén	-	10.5:1
7	Số kỳ		4
8	Dung tích công tác	cm ³	154,8
9	Đường kính x Hành trình	mm x mm	58,0 x 58,6

Trên cơ sở kết quả tính toán ở trên, ta xét thấy động cơ Piaggio 150cc với các thông số thể hiện trên Bảng 1 là phù hợp để lựa chọn.

4.2.3. Tính toán công suất ĐCĐ

ĐCĐ phát huy được vận tốc lớn nhất khi nó chạy trên đường bằng, không kéo móc, khi ấy vận tốc tối đa là 40 (km/h). Áp dụng công thức (2) với:

$G = 650\text{kg}$ là trọng lượng toàn tải;

$f = 0,018$ là hệ số cản lăn của đường;

$V_{DCĐ} = 40$ km/h là tốc độ cực đại của xe ở tay số truyền thẳng khi chạy trên đường tốt, nằm ngang;

$K = 0,02\text{Ns}^2/\text{m}^4$ là hệ số cản không khí.

Thay số vào công thức trên, ta tính được:

$$N_v = \frac{1}{0,9} \left(\frac{650.0,0238.40}{270} + \frac{0,02.1,776.40^3}{3500} \right) = 3,27\text{ (ml)}$$

Vậy công suất ĐCĐ cần dùng là 3,27 mã lực tương ứng với 2,4kW.

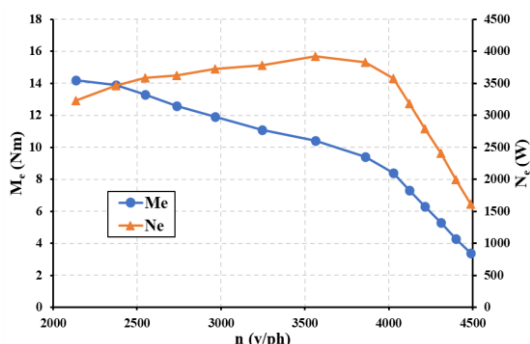
- Đối với ĐCĐ một chiều dùng cho mô hình xe hybrid thì ĐCĐ một chiều không chổi than là phương án sử dụng tốt nhất về công suất cũng như an toàn;

- Công suất được chọn có $N_{echon} > N_v$ như vậy với ĐCĐ có $N_{ed} = 3kW$ hoàn toàn phù hợp với công suất được chọn.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của động cơ điện

TT	Tên	Giá trị	Đơn vị
1	HPM3000B		Motor
2	Công suất định mức	3	kW
3	Số vòng quay định mức	3500	v/ph
4	Số vòng quay cực đại	6000	v/ph
5	Hiệu điện thế	48	V
6	Dòng điện định mức	100	A
7	Khối lượng	25	kg

Đồ thị đặc tính mômen, công suất theo tốc độ ĐCĐ được thể hiện trên như trên Hình 7.



Hình 7. Đồ thị 3D mối quan hệ giữa tốc độ, M_e và g_e của ĐCĐT

4.2.4. Tính toán xác định công suất của ĐCĐT

Theo công thức (1) với $N_{ĐCĐ} = 3kW$,

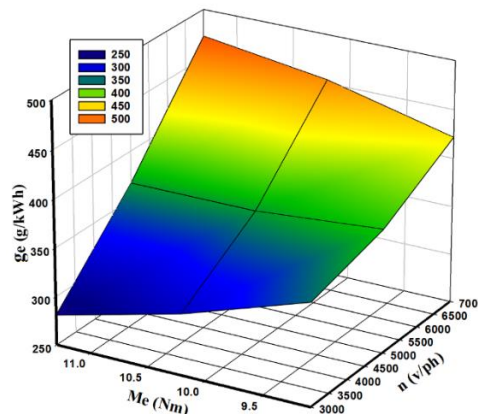
$N_{tong} = 8,7kW$ thì HF tính như sau:

$$HF = \frac{N_{ĐCĐ}}{N_{ĐCĐ} + N_{ĐCĐT}} = \frac{3}{3 + 8,7} = \frac{3}{11,7} = 0,35$$

Với HF = 0,35 thì $N_{ĐCĐT} = 5,7kW$.

Hình 8 thể hiện mối quan hệ giữa tốc độ, mô men và tiêu hao nhiên liệu của ĐCĐT. Có thể thấy dải tốc độ có suất tiêu hao nhiên liệu thấp và mô men cao nhất là dải tốc độ từ 4000 đến 6000 (v/ph). Dải tốc độ này là vùng làm việc tối ưu của ĐCĐT. Tuy nhiên, ở tốc độ 3000v/ph, với các chế độ làm việc có mô men thấp thì lượng tiêu thụ nhiên liệu cũng ở mức thấp, trong

khoảng từ 250 đến 340 (g/kWh). Vì vậy, dải tốc độ từ 3000 đến 4000 (v/ph) có thể được sử dụng ở các chế độ không cần công suất cao mà vẫn có thể đạt suất tiêu hao nhiên liệu thấp. Vậy ĐCĐT sẽ có dải làm việc từ 3000 đến 6000 (v/ph), ở các chế độ cần công suất và tốc độ cao thì ĐCĐT có thể làm việc ở ngoài vùng làm việc tối ưu để ưu tiên cho công suất đầu ra của xe hybrid.

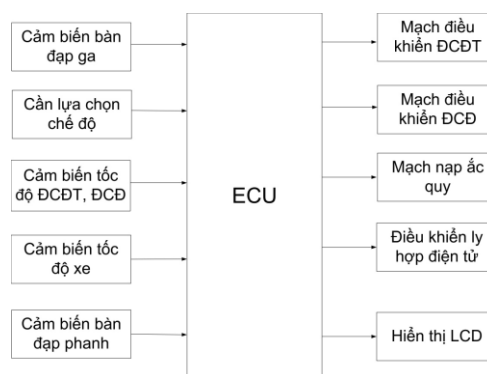


Hình 8. Đồ thị đặc tính mômen, công suất theo tốc độ động cơ điện

Như vậy dựa vào phân tích trên thì ĐCĐT dùng cho xe hybrid được chọn là động cơ Piaggio 150cc làm việc tại vùng có $n = 3000 \div 6000$ (v/ph) có $P = 2,8 \div 6,3$ (kW); $M = 9,6 \div 11,7$ (Nm).

5. Thiết kế hệ thống điều khiển nguồn động lực xe

5.1. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển và chức năng làm việc của các khối điều khiển



Hình 9. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển điện tử

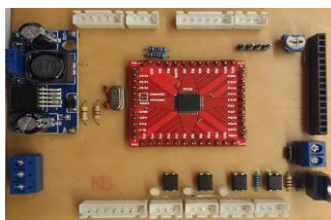
Sơ đồ hệ thống điều khiển gồm 3 khối chính là khối đầu vào, khối xử lý trung tâm và khối đầu ra như thể hiện trên Hình 9. Nhiệm vụ của khối đầu vào bao gồm việc thu thập các tín hiệu đo lường từ các cảm biến, tín hiệu điều khiển từ thiết bị điều khiển và gửi

tới bộ xử lý trung tâm. Bộ xử lý trung tâm sau khi nhận tín hiệu sẽ tiến hành chuyển đổi, tính toán, phân tích và truyền các tín hiệu điều khiển đến khối đầu ra. Khối đầu ra bao gồm thiết bị hiển thị và các mạch điều khiển các cơ cấu chấp hành [7].

5.2. Bộ xử lý trung tâm

Đây chính là bộ não của hệ thống điều khiển điện tử, ECU chứa các thuật toán điều khiển lập trình được viết và cài đặt sẵn trong bộ nhớ thường là EFROM của ECU. Trong quá trình làm việc, ECU sẽ tiến hành thu thập các thông số đầu vào (input), tính toán chuyển đổi và phân tích các giá trị này. Tùy thuộc vào bộ giá trị các thông số này mà ECU sẽ quyết định lựa chọn chương trình thích hợp và chuyển đổi thành các xung tín hiệu điều khiển ở đầu ra (output) cho các mạch điều khiển ĐCĐ, ĐCĐT, mạch nạp và cuộn dây điện từ khóa mở máy phát.

Để đảm bảo khả năng điều khiển mềm dẻo của hệ thống, ta lựa chọn phương án xây dựng bộ xử lý trung tâm bằng vi điều khiển. Các vi điều khiển thích hợp cho các thiết kế nhỏ với các thành phần thêm vào tối thiểu nhằm thực hiện các hoạt động hướng điều khiển. Một vi điều khiển là một mạch đơn chứa bên trong một CPU và các mạch khác để tạo nên một hệ máy tính đầy đủ. Ngoài CPU, các bộ vi điều khiển còn chứa bên trong chúng các bộ nhớ RAM, ROM, mạch giao tiếp nối tiếp, mạch giao tiếp song song, bộ định thời gian và các mạch điều khiển ngắt. Tất cả đều hiện diện bên trong một vi mạch. Một đặc trưng quan trọng của bộ vi điều khiển là hệ thống ngắt được thiết kế bên trong chip. Vì vậy, trong các thiết kế hướng điều khiển các bộ vi điều khiển đáp ứng với các tác động bên ngoài theo thời gian thực như Hình 10.



Hình 10. Mạch điều khiển trung tâm

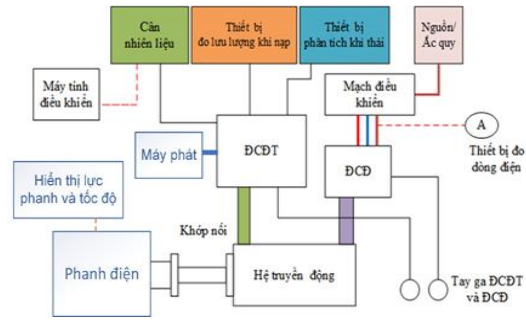


Hình 11. Mô hình lắp hoàn thiện cùng các thiết bị đo

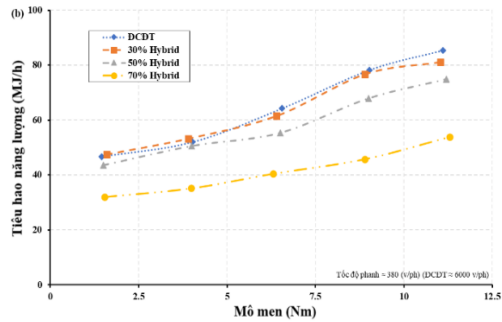
Hệ thống thử nghiệm bao gồm mô hình phối hợp nguồn động lực xe hybrid và các thiết bị dụng cụ đo được lắp đặt hoàn chỉnh như thể hiện trên Hình 11.

5.3. Sơ đồ bố trí thử nghiệm

Sơ đồ toàn bộ hệ thống thử nghiệm bao gồm ĐCĐT, ĐCĐ và hệ thống truyền động, các thiết bị đo được thể hiện trên Hình 12 và hình ảnh thực tế sau khi lắp đặt hệ thống thử nghiệm được thể hiện trên Hình 11.



Hình 12. Sơ đồ hệ thống thử nghiệm



Hình 13. So sánh tiêu hao năng lượng ở các chế độ tốc độ khác nhau

6. Kết quả thử nghiệm và thảo luận

6.1. Kết quả về tiêu hao năng lượng

Trên đồ thị Hình 13 thể hiện so sánh đặc tính kinh tế của hệ thống hybrid khi chỉ có ĐCĐT, ĐCĐ và phối hợp hai nguồn động lực.

Khi hệ thống hoạt động chế độ phối hợp công suất, vị trí tay ga của ĐCĐT cắt giảm lần lượt 30%, 50% và 70%, đồng thời dòng điện cung cấp cho ĐCĐ tăng lên để duy trì được mômen không đổi. Kết quả đo đạc và đánh giá tính kinh tế năng lượng của hệ thống tại các tốc độ khác nhau được thể hiện trên Hình 13. Tính kinh tế năng lượng được xác định theo công thức sau đây:

$$E = m_{xang} \times LHV_{xang} + P_{ĐCĐ} \times 3,6$$

Trong đó:

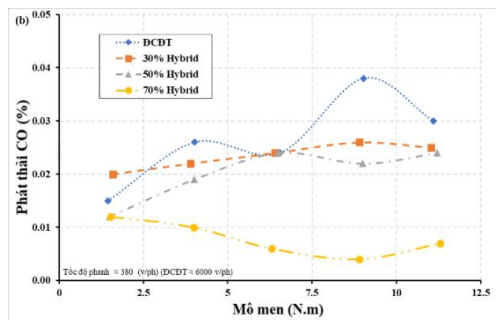
- E là tổng năng lượng tiêu thụ, (MJ/h);
- m_{xang} là lượng nhiên liệu xăng tiêu thụ, (kg/h);
- LHV_{xang} là nhiệt trị thấp của nhiên liệu xăng, (MJ/kg);

- $P_{ĐCĐ}$ là công suất động cơ điện, (kW).

Kết quả thể hiện trên Hình 13 cho thấy, khi hệ thống hoạt động ở chế độ phối hợp, mức tiêu thụ năng lượng của hệ thống giảm đáng kể. Hệ thống hoạt động có hiệu suất chuyển đổi năng lượng tốt hơn ở vùng tốc độ thấp và giảm dần ở các vùng tốc độ cao. Tương tự, vùng tải cao thì việc phối hợp hai nguồn năng lượng có lợi ích hơn so với vùng tải thấp, tại cùng một giá trị tốc độ. Tại tốc độ động cơ ổn định 6000 v/ph, tiêu hao năng lượng giảm 1,38%, 9,8% và 35,88%.

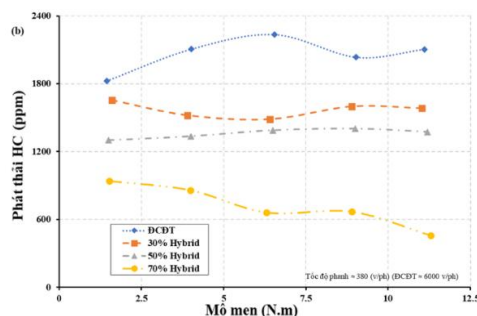
6.2. Kết quả về thành phần khí thải của động cơ

Kết quả trên Hình 14 thể hiện diễn biến phát thải CO khi sử dụng ĐCĐT và phối hợp nguồn động lực ĐCĐT và ĐCĐ. Kết quả cho thấy, khi tăng tỷ lệ hỗ trợ của ĐCĐ thì lượng phát thải CO giảm mạnh. Tại tốc độ 6000v/ph, phát thải CO giảm lần lượt 6,1%, 21,8% và 64,5% khi phối hợp hai nguồn động lực.



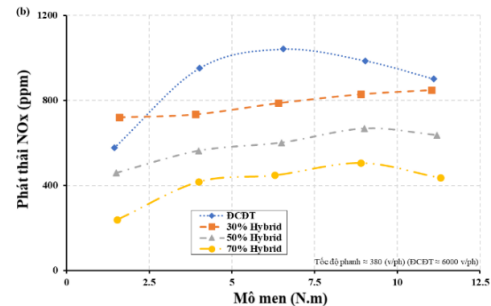
Hình 14. So sánh phát thải CO giữa ĐCĐT của xe truyền thống và xe hybrid

Kết quả trên Hình 15 thể hiện diễn biến phát thải HC trong trường hợp chỉ sử dụng nguồn động lực ĐCĐT so với trường hợp phối hợp các nguồn động lực. Diễn biến HC có sự thay đổi theo xu hướng khác nhau ở các vùng tốc độ và chế độ tải. tại tốc độ 6000v/ph thì phát thải HC có xu hướng giảm ít hơn. Cụ thể, HC giảm 23,3%; 33,8% và 64,7% ở tốc độ 6000v/ph Điều này có thể được lý giải như sau: tại vùng tốc độ thấp, hỗn hợp nhiên liệu không khí tương đối nhạt do hệ số dư lượng không khí lambda lớn hơn.



Hình 15. So sánh phát thải HC giữa ĐCĐT của xe truyền thống và xe hybrid

Kết quả trên Hình 16 cho thấy lượng phát thải NO_x có xu hướng giảm khi hệ thống hoạt động ở chế độ phối hợp hai nguồn động lực. Tại tốc độ 6000v/ph giá trị này là 33%, và 54,4% và 36,1% và 45,3%.



Hình 16. So sánh phát thải NO_x giữa ĐCĐT của xe truyền thống và xe hybrid

7. Kết luận

- Hệ thống động lực được thiết kế và chế tạo ổn định khi hoạt động kết hợp cả hai nguồn động lực cũng như hoạt động riêng lẻ của mỗi nguồn động lực.

- Khi hoạt động ở tốc độ thấp nguồn năng lượng điện được sử dụng do vậy việc phát thải ô nhiễm là không có, khi sử dụng ĐCĐT thì mức phát thải giảm đi đáng kể so với khi chạy nguồn năng lượng ĐCĐT cho xe truyền thống.

- Từ các kết quả thử nghiệm, ta thấy được lượng phát thải của xe hybrid đã giảm đáng kể so với xe truyền thống (chỉ sử dụng nguồn động lực là ĐCĐT) khi có ĐCĐ hỗ trợ nguồn động lực chính là ĐCĐT với NO_x giảm từ 8,8% đến 70%, HC giảm từ 10,8% đến 65%, CO giảm từ 6,1% đến 81% ở các chế độ phối hợp khác nhau của ĐCĐT và ĐCĐ.

- Lượng tiêu hao năng lượng của xe hybrid so với xe truyền thống cũng giảm từ 3,3% đến 35,88% so với xe truyền thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Anh Tuấn. *Nhiên liệu thay thế dùng cho động cơ đốt trong*. NXB Bách khoa Hà Nội, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. IBSN: 978-604-95-0171-5, 2017.
- [2] Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Stefano Longo, and Kambiz Ebrahimi. *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*. IEEE Industrial Electronics Magazine. Vol.12, Issue: 4, Dec. 2018, pp.46-48, 2018.
- [3] Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia 2019. Bộ Tài nguyên và Môi trường.

- [4] Wei- Liu (2013) *Introduction to Hybrid vehicle System Modeling and Control*.8 March 2013. ISBN: 9781118308400.
DOI: 10.1002/9781118407400.
- [5] Bộ Giao thông vận tải. *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về động cơ xe mô tô, xe gắn máy điện (QCVN 90:2019/BGTVT)*. Cục Đăng kiểm Việt Nam, Bộ Giao thông vận tải, 2019.
- [6] Nguyễn Hữu Cẩn, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng. *Lý thuyết ô tô máy kéo*. NXB Khoa học Kỹ thuật, 1996.
- [7] Lê Văn Doanh. *Các bộ cảm biến trong kỹ thuật đo lường và điều khiển*. NXB Khoa học Kỹ thuật, 2007.

Ngày nhận bài:	29/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	09/8/2021
Ngày duyệt đăng:	15/8/2021