

ỨNG DỤNG MATLAB – SIMULINK MÔ PHỎNG HỆ THỐNG TRUYỀN LỰC XE HYBRID SỬ DỤNG HỘP SỐ KIỂU HAI CHẾ ĐỘ

MATLAB – SIMULINK APPLICATION TO SIMULATE HYBRID VEHICLE POWER TRANSPORT SYSTEM USING DUAL-MODE TRANSMISSION

Lưu Thế Duyệt, Đồng Minh Tuấn*, Khổng Văn Nguyên, Trần Bùi Bông

Khoa Cơ khí Động lực, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

*Email: tuangiabonhi@gmail.com

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, hệ thống truyền lực sử dụng hộp số kiểu hai chế độ đã và đang được các hãng xe nghiên cứu và ứng dụng trên các dòng xe hybrid khác nhau. Bài báo trình bày những kết quả chính trong việc nghiên cứu quá trình truyền lực trên ô tô hybrid, quá trình phối hợp các nguồn công suất của hộp số kiểu hai chế độ. Đồng thời, thực hiện mô phỏng hệ thống bằng phần mềm MATLAB - SIMULINK. Bài báo đã trình bày kết quả mô phỏng nhằm mục đích phân tích, đánh giá đặc tính hệ thống truyền lực xe hybrid. Các kết quả mô phỏng cho thấy xe hybrid sử dụng hộp số kiểu hai chế độ kiểm soát quá trình phối hợp nguồn công suất hiệu quả hơn các xe sử dụng hệ thống truyền lực thông thường. Việc tối ưu hóa quá trình phối hợp nguồn công suất là một trong các yếu tố giúp cải thiện tính năng kinh tế nhiên liệu và ô nhiễm môi trường.

Từ khóa: Xe hybrid; Xe hybrid sử dụng hộp số kiểu hai chế độ; Hệ thống truyền lực.

ABSTRACT

In recent years, car manufacturers have researched and applied the powertrain system using dual-mode gearboxes on various hybrid vehicles. This article presents the main results in the study of the powertrain process on hybrid vehicles, the process of coordinating the power sources of dual-mode gearboxes. At the same time, the system is simulated using MATLAB-SIMULINK software. The article presents the simulation results to analyze and evaluate the characteristics of hybrid vehicle powertrain systems. The simulation results show that hybrid vehicles using dual-mode gearboxes control the power source coordination process more effectively than vehicles using conventional powertrains. Optimizing the power source coordination process is one of the factors that helps improve fuel economy and reduce environmental pollution.

Keywords: Hybrid vehicles; Hybrid vehicles use dual-mode transmissions; Powertrains.

Các từ viết tắt:

TT	Ký hiệu	Ý nghĩa
1	ICE	Động cơ đốt trong
2	HEV	Ô tô hybrid
3	MG1, MG2	Động cơ/máy phát điện số 1 và 2
4	PG1, PG2, PG3	Bộ hành tinh thứ nhất, thứ hai, thứ ba
5	FG1, FG2, FG3, FG4	Tỉ số truyền cố định số 1, 2, 3, 4
6	EV1, EV2	Chế độ hoạt động khi xe chạy trong dải tốc độ thấp, cao

1. TỔNG QUAN

Hiện nay, với sự gia tăng nhanh chóng số lượng ô tô khiến mức tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch truyền thống tăng cao gây nguy cơ cạn kiệt nhanh nguồn nhiên liệu này [1]. Mặt khác, nguồn ô nhiễm chiếm tỉ lệ lớn nhất đến từ các phương tiện giao thông sử dụng động cơ truyền thống. Trong quá trình làm việc, động cơ truyền thống phát sinh ra nhiều thành phần khí thải độc hại như: CO, HC, NOx, SOx,... có ảnh hưởng xấu đến môi trường và sức khỏe con người [2].

Để đạt được mục tiêu giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải môi trường, các dòng xe chạy bằng điện và pin nhiên liệu đã được đầu tư nghiên cứu và phát triển [3]. Tuy nhiên, công nghệ này rất phức tạp, chi phí sản xuất lớn không thể đáp ứng tất cả các nhu cầu khác nhau liên quan đến khả năng di chuyển cá nhân, tính bền vững và tính khả thi. Trong giai đoạn hiện nay, xe hybrid có ý nghĩa quan trọng và đóng vai trò là phương tiện chuyển tiếp từ các dòng xe truyền thống sang lĩnh vực xe năng lượng mới (năng lượng xanh).

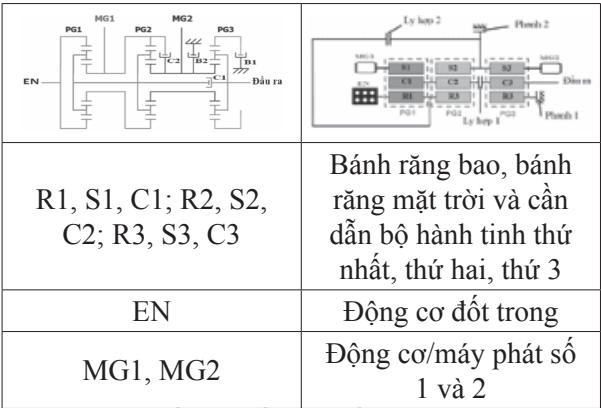
Bài báo tập trung nghiên cứu về phương thức kết hợp nguồn công suất trên hệ thống truyền lực hybrid sử dụng hộp số hai chế độ trên ô tô hiện nay. Đồng thời, tiến hành mô phỏng bằng phần mềm chuyên dụng nhằm làm rõ quy luật vật lý xảy ra trong hệ thống.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Hệ thống truyền lực xe hybrid sử dụng hộp số hai chế độ

Hệ thống truyền lực của xe hybrid loại này sử dụng hộp số tự động vô cấp với ba bộ bánh răng hành tinh, kết hợp với hai phanh và

hai bộ ly hợp. Khi nối hoặc ngắt các phanh, các ly hợp tùy theo trạng thái hoạt động của xe sẽ tạo ra sáu chế độ hoạt động khác nhau bao gồm: chế độ EV1, chế độ EV2 và bốn chế độ tỉ số truyền cố định (FG1, FG2, FG3, FG4). Cấu trúc của hộp số loại này được thể hiện trong Hình 1 [4], [7].



Hình 1. Sơ đồ hộp số hai chế độ trang bị trên xe hybrid

Hộp số hai chế độ với ba bộ hành tinh (PG1, PG2, PG3), hai động cơ điện/máy phát (MG1, MG2), hai phanh và hai bộ ly hợp. Các chế độ hoạt động thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Hoạt động của ly hợp và phanh cho HEV hai chế độ [5], [7]

TT	Trạng thái	Phanh 1	Ly hợp 1	Phanh 2	Ly hợp 2
1	EV1	Đóng	Mở	Mở	Mở
2	FG1	Đóng	Mở	Mở	Đóng
3	FG2	Đóng	Đóng	Mở	Mở
4	EV2	Mở	Đóng	Mở	Mở
5	FG3	Mở	Đóng	Mở	Đóng
6	FG4	Mở	Đóng	Đóng	Mở



2.2. Các chế độ vận hành của hộp số hai chế độ [5], [6], [7]

2.2.1. Chế độ EV1 (Chế độ phân chia công suất đầu vào)

Chế độ này được kích hoạt khi xe chạy ở tốc độ thấp. Xe ở chế độ EV1 nếu phanh 1 ở trạng thái “Đóng”, còn ly hợp 1, ly hợp 2, phanh 2 được kích hoạt ở trạng thái “Mở”. Các phương trình mô tả cho chế độ chia tách đầu vào (EV1) được viết như sau:

$$T_{MG1} = -\frac{1-n_1n_2}{1+n_2} T_e; T_{MG2} = -(1+n_1) \frac{n_2}{1+n_2} T_e + \frac{n_3}{1+n_3} T_{out} \quad (1)$$

$$\omega_{MG1} = \frac{1+n_2}{1-n_1n_2} \omega_e - n_2 \frac{1+n_1}{1-n_1n_2} \frac{1+n_3}{n_3} \omega_{out}; \omega_{MG2} = \frac{1+n_3}{n_3} \omega_{out} \quad (2)$$

$$\eta_{e1} = \frac{T_{out}}{T_e} \frac{\omega_{out}}{\omega_e} = (1+n_1 + \frac{\eta_{MG2}}{\eta_{MG1}} (\rho - 1 - n_1)) \frac{1}{\rho} \quad (3)$$

Trong đó: T_{MG1} , T_{MG2} , T_e , T_{out} (N.m) lần lượt là mô men của MG1, MG2, ICE và trục đầu ra; ω_{GM1} , ω_{GM2} , ω_{out} (v/p) là tốc độ của MG1, MG2 và trục đầu ra; n_1 , n_2 , n_3 là tỉ số truyền của các bộ hành tinh PG1, PG2, PG3, ρ , ρ_{21} , ρ_{22} là tỉ số truyền tốc độ, η_{e1} , η_{MG1} , η_{MG2} (%) lần lượt là hiệu suất truyền của chế độ EV1 và động cơ máy phát MG1, MG2.

2.2.2. Chế độ EV2 (Chế độ phân chia hỗn hợp)

Khi tốc độ xe tăng, để có thể giảm mức tiêu hao nhiên liệu và tăng công suất đầu ra, hệ thống thực hiện chuyển từ chế độ từ EV1 sang EV2 (chế độ chia tách hỗn hợp). Chế độ EV2 được kích hoạt khi ly hợp 1 ở trạng thái “Đóng”. Chế độ EV2 được diễn tả qua phương sau:

$$T_{MG1} = -\frac{1-n_1n_2}{1+n_2} T_e + \frac{1}{1+n_2} T_{out}; T_{MG2} = -(1+n_1) \frac{n_2}{1+n_2} T_e + \frac{n_3}{1+n_3} T_{out} \quad (4)$$

$$\omega_{MG1} = -\frac{1}{n_1} \omega_e + \frac{1+n_1}{n_1} \omega_{out}; \omega_{MG2} = -\frac{1}{n_1n_2} \omega_e - \frac{1-n_1n_2}{n_1n_2} \omega_{out} \quad (5)$$

$$\eta_{e2} = \frac{1}{\rho} \frac{\rho_{e21}(\rho - \rho_{e22}) \frac{\eta_{MG2}}{\eta_{MG1}} - \rho_{e22}(\rho - \rho_{e21})}{(\rho - \rho_{e22}) \frac{\eta_{MG2}}{\eta_{MG1}} - (\rho - \rho_{e21})} \quad (6)$$

Trong đó: T_{MG1} , T_{MG2} , T_e , T_{out} (N.m) lần lượt là mô men của MG1, MG2, ICE và trục đầu ra; ω_{GM1} , ω_{GM2} , ω_{out} (v/p) lần lượt là tốc độ của MG1, MG2 và trục đầu ra; n_1 , n_2 , n_3 là tỉ số truyền của các bộ hành tinh PG1, PG2, PG3, ρ , ρ_{21} , ρ_{22} là tỉ số truyền tốc độ, η_{e2} , η_{MG1} , η_{MG2} (%) lần lượt là hiệu suất truyền của chế độ EV2 và động cơ máy phát MG1, MG2.

2.2.3. Chế độ tỉ số truyền cố định

Chế độ tỉ số truyền cố định là chế độ trung gian khi chuyển từ EV1 sang EV2 và ngược lại. Tùy theo trạng thái đóng mở của các ly hợp và phanh, bộ hành tinh sẽ tạo ra bốn tỉ số truyền.

- Tỷ số truyền cố định số 1 (FG1): Chế độ được thực hiện khi ly hợp 2 và phanh 1 được ở trạng thái “Đóng”, ly hợp số 1 và phanh 2 ở trạng thái “Mở”. FG1 được sử dụng để tăng mô men xoắn đầu ra trong quá trình tăng tốc xe.

- Tỷ số truyền cố định số 2 (FG2): Chế độ được thực hiện khi ly hợp 1, phanh 1 ở trạng thái “Đóng” và ly hợp 2, phanh 2 ở trạng thái “Mở”. FG2 là số chuyển tiếp từ EV1 sang chế độ EV2.

- Tỷ số truyền cố định số 3 (FG3): Chế độ được thực hiện khi ly hợp 1 và ly hợp 2 ở trạng thái “Đóng”, phanh 1 và phanh 2 ở trạng thái “Mở”. Khi đó, công suất đầu ra là sự kết hợp của ba nguồn công suất đầu vào.

- Tỷ số truyền cố định số 4 (FG4): Chế độ được thực hiện khi phanh 2 khóa MG2 và ly hợp 1 ở trạng thái “Đóng”. FG4 kích hoạt trong trường hợp xe đột ngột tăng tốc trong thời gian ngắn.

Phương trình diễn tả tỉ số truyền cố định của bộ hành tinh được viết như sau:

$$k_1 T_{MG1} + k_2 T_{MG2} = -k_e T_e + T_{out} \quad (7)$$

$$\omega_{MG1} = k_1; \omega_{MG2} = k_2; \omega_e = k_3 \quad (8)$$

Trong đó: k_1, k_2, k_e lần lượt là tỉ số tốc độ thành phần so với đầu ra của MG1, MG2 và động cơ nhiệt (ICE). Các giá trị k_1, k_2, k_e được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Tỷ số truyền cho chế độ FG

TT	k	FG2	FG2	FG3	FG4
1	k_1	$(1+n_3)/n_3$	$(n_3-n_2)/n_3$	1	$1+n_2$
2	k_2	$(1+n_3)/n_3$	$(1+n_3)/n_3$	1	0
3	k_e	$(1+n_3)/n_3$	$(n_1 n_2 + n_3)/n_3$	1	$1-n_1 n_2$

2.3. Chiến lược điều khiển xe hybrid hai chế độ [7]

Chế độ hoạt động được bắt nguồn từ quan điểm của nhu cầu mô men xoắn của bánh xe. Hàm mục tiêu được xác định để tối đa hóa mô men xoắn đầu ra $T_{out}(V, T_e, T_{MG1}, T_{MG2})$ theo ràng buộc của công suất ắc quy. Thuật điều khiển thể hiện theo nguyên tắc sau:

Mục tiêu: $\text{Max}(T_{out}(V, T_e, T_{MG1}, T_{MG2}))$

Các điều kiện ràng buộc:

$$\begin{cases} P_b < P_{b\max}; 0 \leq V \leq V_{\max}; 0 \leq T_e \leq T_{e\max} \\ -T_{MG1\max} \leq T_{MG1} \leq T_{MG1\max}; -T_{MG2\max} \leq T_{MG2} \leq T_{MG2\max} \\ 0 \leq \omega_e \leq \omega_{e\max}; -\omega_{MG1\max} \leq \omega_{MG1} \leq \omega_{MG1\max}; -\omega_{MG2\max} \leq \omega_{MG2} \leq \omega_{MG2\max} \end{cases} \quad (9)$$

Trong đó: P_b là công suất của ắc quy (kW), V là vận tốc tối ưu của ô tô (km/h), T_e là mô men xoắn của động cơ, T_{MG1}, T_{MG2} là mô men động cơ MG1 và MG2. Hàm mục tiêu được thiết lập để tối ưu hóa đầu ra: $\text{Max}(T_{out}(V, T_e,$

$T_{MG1}, T_{MG2}))$ dưới điều kiện $P_b < P_{b\max}$. Việc chọn chế độ vận hành cần đảm bảo giảm thiểu mức tiêu thụ nhiên liệu trong khi vẫn đáp ứng được mô men bánh xe theo yêu cầu. Lựa chọn chế độ vận hành xác định thông qua hàm:

Mục tiêu: $\text{Min}(\text{FC}(\text{mode}))$

Điều kiện ràng buộc:

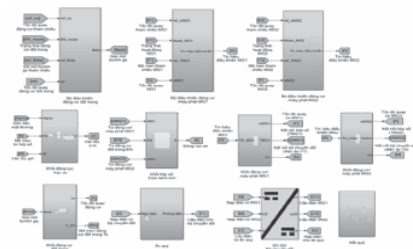
$$T_{out}(\text{mode}) \leq T_{out\max}(\text{mode})$$

Trong đó: $\text{FC}(\text{mode})$ là mức tiêu thụ nhiên liệu cho chế độ hoạt động nhất định; $T_{out}(\text{mode})$ là mô men xoắn đầu ra tối đa có sẵn của chế độ đã chọn.

3. MÔ PHỎNG

3.1. Sơ đồ mô phỏng xe hybrid sử dụng hộp số hai chế độ

Ứng dụng phần mềm chuyên dụng MATLAB – SIMULINK mô phỏng các khối chức năng, từ đó liên kết các khối để tạo thành một hệ thống hoàn chỉnh. Sơ đồ mô phỏng xe hybrid sử dụng hộp số hai chế độ được thể hiện trên Hình 2. Sơ đồ mô phỏng gồm các khối chính sau: Khối bộ điều khiển các chế độ hoạt động của xe; Khối bộ điều khiển động cơ nhiệt (ICE); Khối bộ điều khiển motor điện; Khối động cơ nhiệt; Khối động lực học xe; Khối hộp số; Khối ắc quy; Khối bộ chuyển đổi [8], [9].



Hình 2. Sơ đồ mô phỏng các hệ thống xe hybrid sử dụng hộp số hai chế độ

3.2. Khảo sát và đánh giá kết quả

*Thông số mô phỏng:

Tiến hành mô phỏng xe hybrid sử dụng hộp số hai chế độ với các giá trị thông số của hệ thống được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Giá trị thông số xe mô phỏng [10].

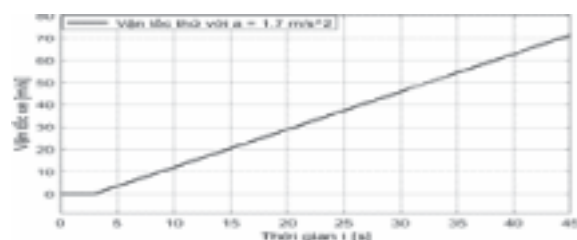
Thông số xe				Thông số động cơ (ICE)			
TT	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	TT	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	G	2680	kg	6	$P_{e\max}$	248	kw
2	a	1.4	m	7	$n_{pe\max}$	5100	v/p
3	L	1.6	m	8	$n_{mem\max}$	4100	Ns/m
4	h_g	0.5	m	9	$T_{e\max}$	498	N.m
5	r_{bx}	0.4	m	10	$n_{e\max}$	6000	v/p
Động cơ/máy phát MG1, MG2				Thông số ắc quy			
TT	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	TT	Ký hiệu		
11	$P_{MG\max}$	60	kw	14	Loại: Ni - MH		
12	T_{MG}	300	N.m	15	$P_{aq\max}$	40	kW
13	n_{MG}	9000	v/p	16	$V_{\max}$	300	Vôn

Trong đó: G là trọng lượng ô tô; a là khoảng cách từ trọng tâm đến cầu trước; L là chiều dài cơ sở xe; h_g là chiều cao trọng tâm xe; r_{bx} là bán kính bánh xe; $P_{e\max}$ là công suất cực đại của động cơ; $n_{pe\max}$ là tốc độ vòng quay lớn nhất ứng với công suất cực đại; $T_{e\max}$ là mô men lớn nhất của động cơ; $n_{mem\max}$ là tốc độ vòng quay ứng với mô men lớn nhất; $n_{e\max}$ là tốc độ vòng quay lớn nhất của động cơ; $P_{MG\max}$, $T_{MG\max}$, $n_{MG\max}$ lần lượt là công suất, mô men, tốc độ cực đại của MG1, MG2; $P_{aq\max}$, $V_{\max}$ là công suất, điện áp lớn nhất của ắc quy.

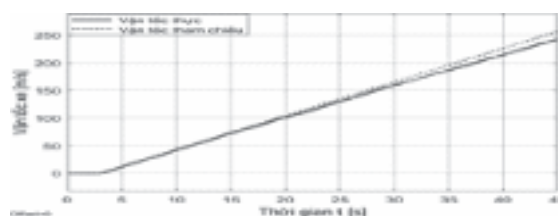
*Quá trình tiến hành mô phỏng thực hiện qua phương án khảo sát sau:

Thực hiện mô phỏng hệ thống động lực ô tô hybrid kiểu hai chế độ trên mô hình mô phỏng đã xây dựng trong trường hợp xe tăng tốc từ giây thứ 3 và giữ nguyên gia tốc không

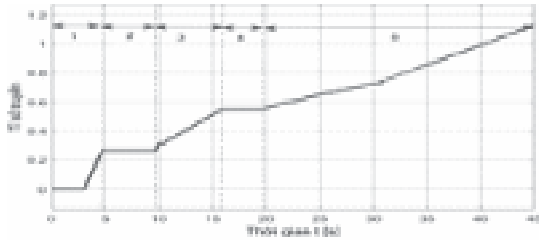
đổi $a = 1.7 \text{ m/s}^2$ cho đến hết thời gian 45s. Quá trình mô phỏng thu được một số kết quả cụ thể như sau đây.



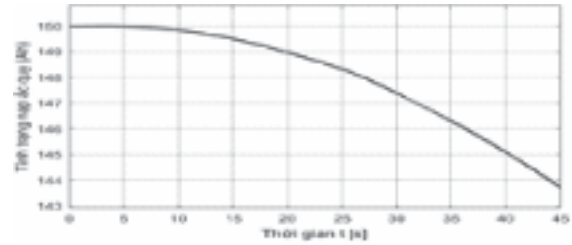
Hình 3. Đường biểu diễn giá trị vận tốc thử với gia tốc $a = 1.7 \text{ m/s}^2$



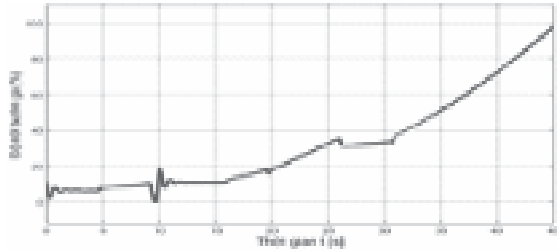
Hình 4. Đường biểu diễn giá trị vận tốc thực và vận tốc tham chiếu



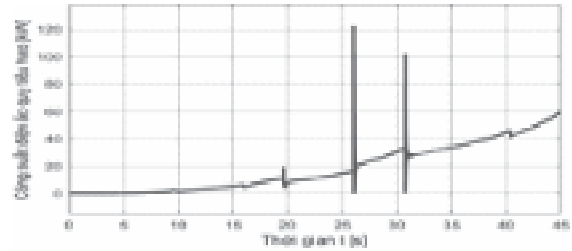
Hình 5. Đường biểu diễn giá trị tỉ số truyền



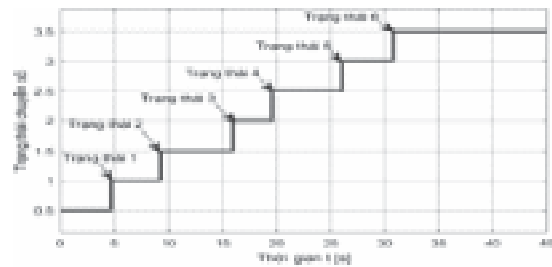
Hình 10. Đường biểu diễn giá trị điện nạp ắc quy (pin)



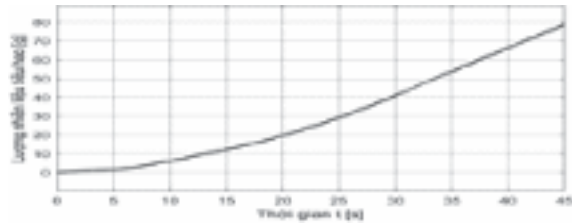
Hình 6. Đường biểu diễn giá trị độ mở bướm ga



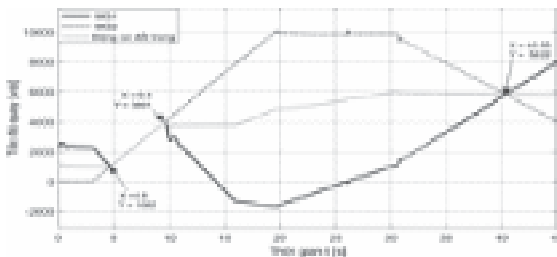
Hình 11. Đường biểu diễn giá trị công suất tiêu hao của ắc quy (pin)



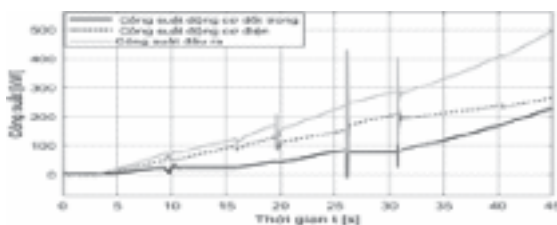
Hình 7. Đường biểu diễn giá trị trạng thái chuyển số



Hình 12. Đường biểu diễn giá trị lượng nhiên liệu tiêu hao



Hình 8. Đường biểu diễn giá trị tốc độ quay MG1, MG2, ICE



Hình 9. Đường biểu diễn giá trị công suất điện, động cơ đốt trong, công suất tổng

Trên Hình 4 diễn tả kết quả mô phỏng vận tốc xe, phân tích kết quả cho thấy hệ thống đáp ứng tốt với yêu cầu chuyển động, ở các giá trị vận tốc nhỏ hơn 100 km/h vận tốc thực của xe gần như trùng với vận tốc tham chiếu, giá trị vận tốc thực của xe chỉ có sự chênh lệch tương đối nhỏ so với vận tốc tham chiếu khi vận tốc xe đạt đến giá trị 103 km/h. Trên Hình 5 diễn tả kết quả tính toán tỉ số truyền của hệ thống truyền lực (tốc độ động cơ đốt trong /tốc độ bán trục). Phân tích kết quả cho thấy ứng với 6 giai đoạn chuyển số Hình 7 thì tỉ số truyền có sự thay đổi khác nhau, trong đó: có 2 giai đoạn tỉ số truyền cố định là giai đoạn 1 (4.72s - 9.46s) và 2 (15.82s - 19.66s); 4 giai đoạn tỷ số truyền thay đổi ứng với chế độ chia công suất

đó là chế độ bắt đầu chia công suất, chia công suất đầu vào và chia công suất hỗn hợp. Trên Hình 6 diễn tả kết quả mô phỏng giá trị độ mở bướm ga. Phân tích kết quả cho thấy ban đầu độ mở bướm ga tương đối nhỏ khoảng 11° , sau đó tăng lên 19° trong khoảng thời gian (9.46s - 11s), và ổn định khoảng 11° trong khoảng (11s - 17s) và tăng mạnh trở lại lên giá trị cực đại xấp xỉ 100° độ tại 45s. Trên Hình 7 diễn tả kết quả mô phỏng trạng thái chuyển số. Từ đồ thị cho thấy có 6 giai đoạn chuyển số ứng với các chế độ: 1) Chế độ bắt đầu làm việc ứng với (0s - 4.72s); 2) Chế độ tỉ số truyền cố định (4.72s - 9.46s); 3) Chế độ chia công suất đầu vào (9.46s - 15.82s); 4) Chế độ tỉ số truyền cố định (15.82s - 19.66s); 5) Chế độ chia công suất hỗn hợp (19.66s - 32.26s); 6) Trạng thái chia công suất hỗn hợp (32.26 - 45s). Trên Hình 8 diễn tả kết quả mô phỏng tốc độ của các trục động cơ đốt trong, trục các tổ hợp động cơ/máy phát MG1, MG2. Kết quả cho thấy giá trị các tốc độ có sự thay đổi tương ứng với các thời điểm chuyển chế độ làm việc tại: 4.8s; 9.4s; 19.7s; 30.2s và 40.15s. Trên Hình 9 diễn tả kết quả mô phỏng công suất điện, động cơ đốt trong, công suất tổng đầu ra. Phân tích kết quả cho thấy giá trị công suất thay đổi mạnh tại thời điểm 3.5s và tăng tuyến tính trong giai đoạn tiếp theo. Giá trị công suất điện đạt 265.41 kW, công suất động cơ đốt trong đạt 230.4 kW, công suất tổng cộng 494.45 kW tại 35s. Trên đồ thị có những điểm nhiễu tăng giảm đột biến tương ứng với các giai đoạn chuyển số. Trên Hình 10 diễn tả kết quả mô phỏng mức tiêu thụ điện năng của pin theo (Ah) ampe giờ. Công suất tối đa là 150 Ah và tối thiểu là 143 Ah. Có thể quan sát thấy mức giảm 6.18 Ah. Điều này cho thấy pin được sử dụng ngay từ thời điểm ban đầu. Dung lượng nạp pin tại thời điểm gia tốc có giá trị 150 Ah sau đó giảm dần theo đường bậc 2 xuống còn 143.82 Ah trong khoảng 45s. Trên Hình 11 diễn tả kết quả mô phỏng giá trị công suất

điện tiêu hao của pin. Tổng thất pin tối đa được quan sát thấy lên đến khoảng 57.56 kW sau 45s thực hiện. Một số đột biến tồn thất pin lên đến 122.14 kW. Các đột biến trong biểu đồ tồn thất là khi thay đổi chế độ hoạt động. Trên Hình 12 diễn tả kết quả mô phỏng giá trị lượng nhiên liệu tiêu hao trong quá trình làm việc. Mức tiêu thụ nhiên liệu tối đa được quan sát thấy lên đến khoảng 79.3 gam. Lượng nhiên liệu liên tục tăng theo đường cong tuyến tính và đạt giá trị lớn nhất 79.3 gam tại thời điểm 45s.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu và mô phỏng quá trình làm việc xe hybrid sử dụng hộp số kiểu hai chế độ, từ đó phân tích và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến tính kinh tế nhiên liệu theo điều kiện vận hành như: trạng thái chuyển số, tỉ số truyền lực, quá trình phân chia công suất, tốc độ các trục đầu vào đầu ra, công suất tiêu hao pin, trạng thái nạp pin, lượng tiêu hao nhiên liệu.

Kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống truyền lực sử dụng hộp số kiểu hai chế độ phù hợp với các xe hybrid có công suất lớn và có hiệu suất truyền động tốt nhất khi xe chạy tốc độ cao hoặc tăng tốc. Hiệu suất truyền động của xe phụ thuộc vào tốc độ, mô men xoắn đầu vào và tỷ số tốc độ. Trong đó, tỷ số tốc độ là yếu tố quyết định nhất.

Bài báo đã xây dựng được cơ sở lý thuyết hệ thống truyền lực xe hybrid với hộp số kiểu hai chế độ sử dụng bộ hành tinh để phối hợp các nguồn công suất. Kết quả nghiên cứu có thể làm tài liệu tham khảo trong thiết kế ô tô hybrid mới, cải tiến ô tô truyền thống thành ô tô hybrid. ❖

Ngày nhận bài: **03/4/2025**

Ngày phản biện: **25/4/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Anh Tuấn, et al. (2017), “*Nhiên liệu thay thế dùng cho động cơ đốt trong*”. NXB. Bách Khoa Hà Nội, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [2]. Phạm Minh Tuấn (2012), “*Khí thải động cơ và ô nhiễm môi trường*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [3]. Mikhail Granovskii, et al. (2006), “*Economic and environmental comparison of conventional, hybrid, electric and hydrogen fuel cell vehicles*”. Journal of Power Sources. Vol.159, pp.1186-1193.
- [4]. Ho, T.-T.; Hwang, S.-J. (2019), “*Configuration synthesis of two-mode hybrid transmission systems with nine-link mechanisms*”. Mech. Mach. Theory, 142, 103615.
- [5]. Hwang, Hsiu-Ying. (2020), “*Developing Equivalent Consumption Minimization Strategy for Advanced Hybrid System-II Electric Vehicles*”. Energies, 13(8), 2033.
- [6]. A. Du and H. Cai. (2011), “*An analytic foundation for the Two-mode hybrid transmission with a comparison to other hybrid vehicle power split transmissions*”. Proc. Int. Conf. Transp. Mech. Electr. Eng. TMEE 2011, pp. 803-808.
- [7]. Jeongmin Kim, et al. (2011), “*Mode Control Strategy for a Two-Mode Hybrid Electric Vehicle Using Electrically Variable Transmission (EVT) and Fixed-Gear Mode*”. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 60(3), 793-803.
- [8]. Khổng Văn Nguyên, Trần Văn Thoan, Đồng Minh Tuấn, Lê Anh Vũ (2022), “*Ứng dụng máy tính trong thiết kế và tính toán ô tô*”. NXB. Khoa học và Kỹ Thuật.
- [9]. [Http://www.mathworks.com/products/stateflow/](http://www.mathworks.com/products/stateflow/) truy cập ngày 18/04/2025.
- [10]. W. Zhuang, X. Zhang, D. Zhao, H. Peng, L.Wang (2016), “*Optimal design of three-planetary-gear power-split hybrid powertrains*”. Int. J. Automot. Technol., vol. 17, no. 2, pp. 299-309.