

NGHIÊN CỨU KHẢO SÁT THÔNG SỐ VẬN HÀNH CỦA XE TOYOTA PRIUS TRÊN CHU TRÌNH THỬ EDC BẰNG PHẦN MỀM ADVISOR

RESEARCH SURVEY OF OPERATION PARAMETER OF TOYOTA PRIUS CAR ON EDC CYCLE WITH ADVISOR SOFTWARE

LÊ NGỌC HUY^{1,a}, PHẠM HỮU LỘC², NGUYỄN ANH TUẤN², LÊ MINH¹

¹Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

²Trường Cao Đẳng Lý Tự Trọng

^aTác giả liên hệ: lehuy.oto@gmail.com

Nhận bài(Received):24/8/2023; Phản biện (Reviewed):08/9/2023 ; Chấp nhận(Accepted):29/9/2023

TÓM TẮT

Trong bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu về xe hybrid được mô hình hóa bằng phần mềm Advisor. Một chu trình lái xe tiêu chuẩn là chu trình EDC (Euro Driving Cycle) để mô phỏng lái xe trong thành phố. Nghiên cứu này tập trung vào xem xét chiến lược quản lý năng lượng dựa trên quy tắc phân chia công suất trong các mô hình hệ thống truyền lực hybrid để so sánh hiệu suất giữa chế độ chỉ sử dụng động cơ đốt trong và chế độ hybrid. Tổng cộng, mức tiết kiệm nhiên liệu, mức tiêu thụ năng lượng và tổn thất trong các mô hình hệ thống truyền động động cơ đốt trong và xe hybrid được theo dõi và so sánh dựa trên hiệu suất trung bình và phân tích công suất toàn diện để theo dõi các nguồn năng lượng. Kết quả nghiên cứu cho thấy lợi ích của xe hybrid điện (HEV) trong việc giảm tiêu thụ năng lượng và tiết kiệm nhiên liệu..

Từ khóa: ô tô hybrid, chu trình EDC, Advisor.

ABSTRACT

In this paper, research results are presented on hybrid vehicles modeled by Advisor. A standard driving cycle is the EDC cycle to simulate city driving. This study focuses on examining the power division rule-based energy management strategy in hybrid powertrain models to compare the performance between the EV-only mode and the hybrid mode. In total, fuel economy, energy consumption, and losses in the IWT and HEV powertrain models are tracked and compared against average performance and comprehensive power analysis to track energy sources. Research results show the benefits of hybrid electric vehicles (HEVs) in reducing energy consumption and saving fuel...

Keywords: hybrid Vehicles, EDC cycle, Advisor.

1. GIỚI THIỆU

Xe hybrid là một loại phương tiện giao thông kết hợp sử dụng hai nguồn năng lượng khác nhau để vận hành, thường là một động cơ đốt trong và một động cơ điện. Mục tiêu của công nghệ hybrid là kết hợp lợi ích của cả hai nguồn năng lượng, tạo ra một hệ thống truyền động thông minh và tiết kiệm nhiên liệu.[1]

Động cơ đốt trong trong xe hybrid thường sử dụng nhiên liệu như xăng hoặc Diesel để tạo ra công suất. Động cơ này có thể hoạt động ở hiệu suất cao trong khoảng tốc độ nhanh và có thể sạc lại hệ thống pin cao áp trong xe. Pin cao áp thường được sử dụng để cung cấp công suất cho động cơ điện trong xe, giúp giảm tiêu thụ nhiên liệu và khí thải.[2]

Động cơ điện trong xe hybrid được cung cấp năng lượng bởi pin cao áp, thường là pin lithium-ion. Động cơ này có thể tự động sạc lại bằng cách hấp thụ và lưu trữ năng lượng từ quá trình phanh hoặc từ động cơ đốt trong khi hoạt động ở chế độ phục hồi năng lượng. Động cơ điện cũng có khả năng cung cấp công suất trực tiếp cho bánh xe, đồng thời làm giảm sự tiêu thụ nhiên liệu và khí thải.

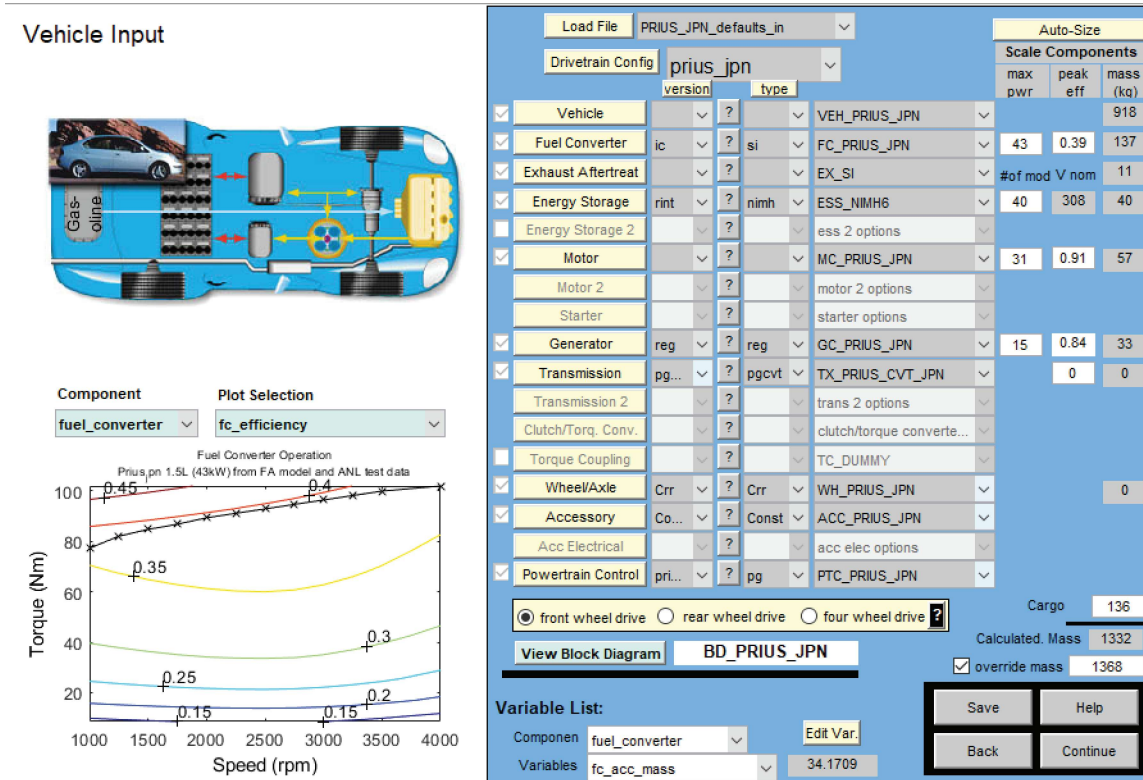
Hệ thống điều khiển trong xe hybrid đảm bảo sự phối hợp mượt mà giữa hai nguồn năng lượng, quản lý việc chuyển đổi tự động giữa động cơ đốt trong và động cơ điện dựa trên tình huống vận hành và yêu cầu của lái xe. Hệ thống này

sử dụng các cảm biến và thuật toán thông minh để đảm bảo hiệu quả vận hành và tối ưu hóa tiêu thụ nhiên liệu.[8]

Trên thị trường hiện nay, có nhiều loại xe hybrid khác nhau, từ các mẫu xe nhỏ đô thị cho đến xe hơi sang trọng và SUV. Công nghệ hybrid đang ngày càng phát triển và được nhiều hãng xe ứng dụng, mang lại lựa chọn đa dạng cho người tiêu dùng có mong muốn sở hữu một phương tiện giao thông hiệu quả về mặt năng lượng và thân thiện với môi trường.[2]

Chu trình thử EDC là một chu trình lái xe được thông qua bởi Ủy ban Vận tải Nội địa của Ủy ban Kinh tế Liên hiệp quốc châu Âu (UNECE). EDC được giới thiệu vào những năm 1980 để đo quãng đường di chuyển của ô tô xăng, dầu và sau đó được mở rộng sang đo lường ô tô điện. [9]

Hệ động lực của hybrid kiểu hỗn hợp cho phép ô tô hoạt động theo kiểu hybrid song song, tức là các bánh xe chủ động có thể được dẫn động chỉ bằng động cơ đốt trong hoặc chỉ bằng động cơ điện hoặc bằng động cơ đốt trong và động cơ điện đồng thời. Ngoài ra, nhờ sự liên kết giữa các nguồn động lực của hybrid kiểu hỗn hợp thông qua một cơ cấu đặc biệt gọi là bộ phân phối công suất và quá trình hoạt động của hệ động lực được tự động hóa ở mức độ rất cao, động cơ đốt trong trên xe hybrid kiểu hỗn hợp có thể thường xuyên hoạt động ở những chế độ tối ưu về tiêu hao nhiên liệu và mức độ phát thải.[3,4]



Hình 1. Mô hình hóa Hybrid hỗn hợp trên phần mềm Advisor [7,8]

2. NỘI DUNG

2.1. Thông số khảo sát

Bảng 1: Thông số động cơ đốt trong thực hiện mô hình hóa [6]

THÔNG SỐ ĐỘNG CƠ			
Momen xoắn cực đại	225 Nm tại 3000 vòng trên phút	Số vòng quay cực tiểu	500 rpm
Công suất cực đại	127 HP tại 4500 vòng trên phút	Số vòng quay cầm chừng	800 rpm
Thể tích công tác	1.5 L	Số vòng quay cực đại	6000 rpm
Momen quán tính khối lượng quay	0.6 kgm ²		

Bảng 2. Thông số lựa chọn khảo sát của xe [6]

THÔNG SỐ KHẢO SÁT			
Khối lượng xe	2000 kg	Hệ số cản không khí	0.31
Hệ số cản lăn	0.01	Diện tích cản chính diện	2.5 m ²
		Chiều dài cơ sở	2 m

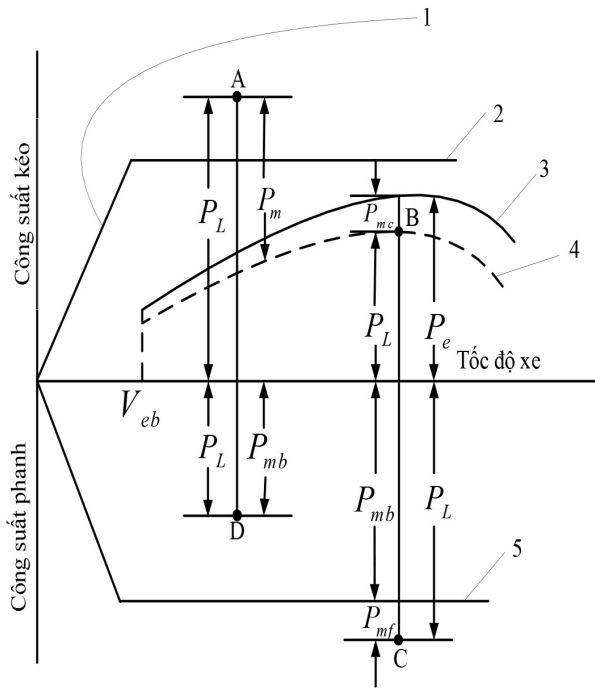
Bảng 3. Tỷ số truyền giữa các cấp số

Số 1	Số 2	Số 3	Số 4	Số 5
3.5	2.1	1.4	1	0.72

Bảng 4. Thông số Pin cao áp

THÔNG SỐ PIN CAO ÁP/ INVERTER			
Dòng nạp cực đại	50A	Dung tích Pin cao áp	23Ah
Dòng xả cực đại	100A	Giới hạn trên tình trạng nạp của pin	0.75
Điện áp cực đại	400V	Giới hạn dưới của tình trạng nạp pin cao áp	0.5
Điện áp cực tiểu	200V		

2.2. Lưu đồ điều khiển kết hợp công suất



- 1 - công suất cực đại với chế độ kéo kết hợp.
- 2 - công suất cực đại với chế độ motor điện kéo.
- 3 - đường công suất hoạt động tối ưu của động cơ.
- 4 - công suất động cơ với chế độ một phần tải.
- 5 - công suất phanh nạp cực đại của motor điện

- P_L - công suất tải, kéo hoặc phanh
- P_e - công suất động cơ
- P_m - công suất motor kéo.
- P_{mb} - công suất motor phanh.
- P_{mf} - công suất phanh cơ khí.
- P_{mc} - công suất nạp PPS

Hình 2: Đồ thị biểu diễn các chế độ hoạt động

Các chế độ hoạt động của hệ thống truyền lực được giải thích dưới đây:

Chế độ motor đẩy một mình: Tốc độ xe thấp hơn giá trị được đặt trước V_{eb} là tốc độ thấp mà động cơ không thể hoạt động ổn định được. [5,6]. Công suất động cơ, công suất điện và công suất phóng điện được tính như sau:

$$P_m = \frac{P_L}{\eta_{t,m}} \tag{1}$$

$$P_{pps-d} = \frac{P_m}{\eta_m} \tag{2}$$

Trong đó:

$\eta_{t,m}$ là hiệu suất hộp số từ motor đến bánh xe chủ động.

P_m là công suất đầu ra của motor điện.

P_{pps-d} là công suất phóng điện.

η_m hiệu suất motor.

Chế độ đẩy kết hợp: Yêu cầu công suất tải được đại diện bằng điểm A trong Hình 2 thì lớn hơn công suất của động cơ có thể phát ra, cả động cơ và motor phải phân phối công suất đến các bánh xe chủ động cùng lúc. Trong trường hợp này, sự

hoạt động động cơ thì được cài đặt hoạt động theo vùng hoạt động tối ưu bằng cách điều khiển cánh bướm ga để phát ra công suất P_e . Phần công suất tải còn lại được cung cấp bởi motor điện.

$$P_m = \left(P_e - \frac{P_L}{\eta_{t,e}} \right) \eta_{t,e,m} \eta_m \quad (3)$$

$$P_{pps-c} = P_m \quad (4)$$

Chế độ nạp bằng động cơ đốt trong: Khi công suất tải yêu cầu (được đại diện bởi điểm B trên Hình 2) thấp hơn công suất động cơ phát ra khi động cơ hoạt động trên đường hoạt động tối ưu, và trạng thái nạp của PPS thì ở phía dưới đường trên cùng, thì động cơ phát ra công suất P_e . Trong trường hợp này, motor điện được điều khiển bởi bộ điều khiển làm cho nó hoạt động như một máy phát, nó được dẫn động từ phần công suất còn lại của động cơ.

Chế độ động cơ đẩy một mình: Khi công suất tải yêu cầu (điểm B) thấp hơn công suất động cơ có thể phát ra khi nó hoạt động tối ưu, và SOC của PPS đã đạt đến đường trên cùng thì chế độ động cơ đẩy một mình được sử dụng. Trong trường

hợp này, hệ thống điện ngưng hoạt động và động cơ hoạt động để cung cấp công suất đáp ứng công suất tải yêu cầu.[8]

Chế độ phanh nạp: Khi xe phanh và công suất phanh thấp hơn công suất phanh nạp cực đại, công suất mà hệ thống điện có thể cung cấp (được thể hiện trên Hình 2 tại điểm D) thì motor điện được điều khiển có chức năng như một máy phát điện để cung cấp một công suất phanh bằng với công suất phanh yêu cầu.

$$P_{mb} = P_{mb,max} \eta_m \quad (5)$$

$$P_{pps-c} = P_{mb} \quad (6)$$

Chế độ phanh kết hợp: Khi công suất phanh yêu cầu lớn hơn công suất phanh nạp cực đại, công suất mà hệ thống điện có thể cung cấp (được thể hiện trên Hình 2 tại điểm C) thì phanh cơ khí phải được hoạt động.

$$P_{mb} = P_{mb,max} \eta_m \quad (7)$$

$$P_{pps-c} = P_{mb} \quad (8)$$

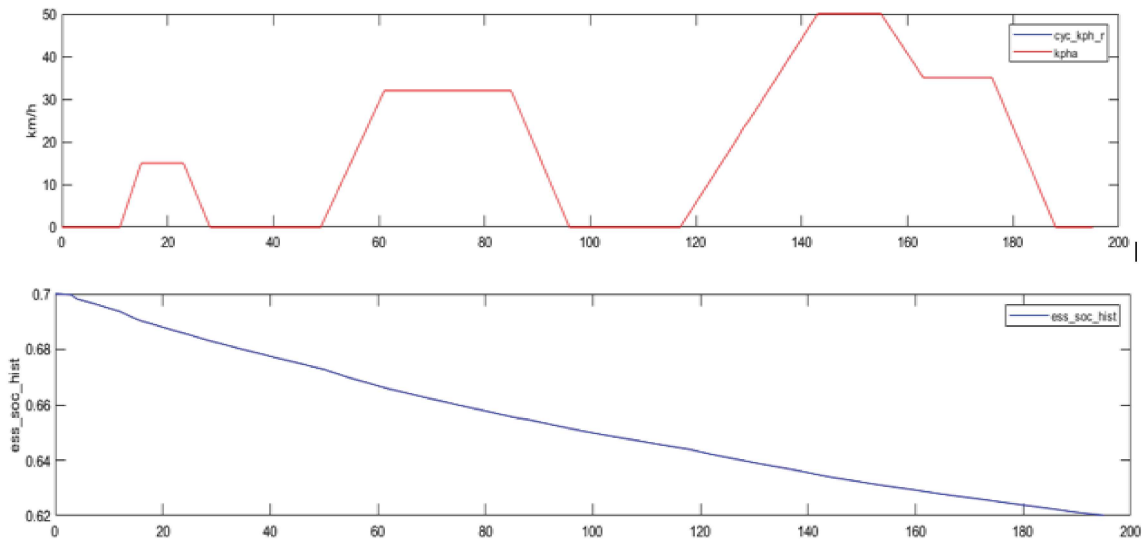
2.3. Kết quả mô phỏng

Điều kiện mô phỏng được thể hiện bằng bảng minh họa logic bên dưới [4]

Bảng 5. Bảng minh họa điều kiện mô phỏng

Điều kiện hoạt động	Điều khiển hoạt động
<ul style="list-style-type: none"> - Dừng - Tốc độ thấp (< 10 km/h) - Phanh - Tốc độ motor đại cực đại (>35-40km/h) - Yêu cầu công suất cao (lớn hơn công suất động cơ có thể sinh ra) - Công suất yêu cầu thấp và trung bình 	<ul style="list-style-type: none"> - Cả động cơ và motor tắt - Chỉ có motor điện kéo - Phanh tái sinh - Động cơ đốt trong hoạt động 1 mình - Lực kéo kết hợp hybrid - Kiểu nạp ắc quy hoặc kiểu một mình động cơ kéo, phụ thuộc vào trạng thái nạp ắc quy

2.3.1. Kết quả về tình trạng nạp SOC



Hình 3: Tình trạng nạp SOC của xe hybrid trên chu trình thử EDC

Nhận xét:

- Đối với chu trình EDC do tình trạng lái xe trong đô thị có những giai đoạn tăng tốc, giảm tốc và chạy với tốc độ cao và thấp ổn định thì mức độ cụm pin cao áp có xu hướng giảm từ 70% xuống giá trị khoảng 62%

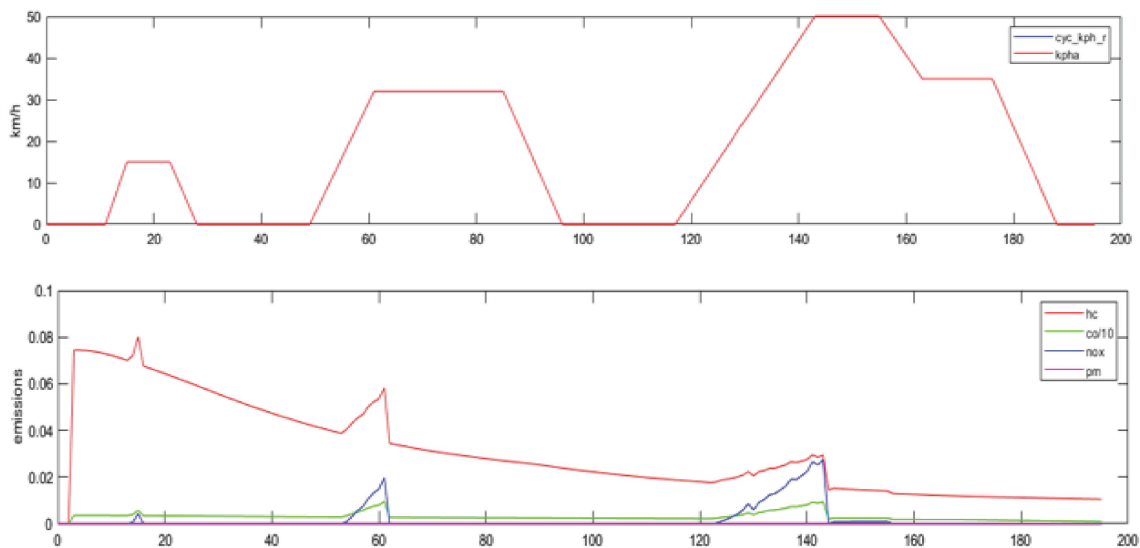
- Tình trạng Pin cao áp giảm có thể nhận định rằng đối với chu trình lái xe trong đô thị EDC thì Pin cao áp liên tục xả điện để cấp cho 2 tổ hợp động cơ điện máy phát 1 và tổ hợp động cơ điện máy phát 2

vận hành giúp mang lại hiệu suất lái xe cao trong đô thị

- Mức giảm của cụm Pin cao áp không đáng kể khi xe thực hiện chạy tốc độ thấp ổn định và xuống dốc [9]

- Có thể nhận thấy thời điểm xe thực hiện tăng tốc thì mức pin giảm nhanh hơn do lúc này nguồn điện từ Pin cao áp cấp đến 2 Motor điện là lớn

2.3.2. Tình trạng phát thải



Hình 4. Tình trạng phát thải của động cơ đốt trong trên xe hybrid trong chu trình thử EDC

Nhận xét:

- Tình trạng phát thải của xe hybrid trong chu trình này vẫn còn tồn tại do vẫn còn vận hành bằng động cơ đốt trong

- Giá trị nồng độ HC đại cực đại trong thời gian tăng tốc từ giây thứ 10 đến giây thứ 13 với giá trị khoảng 0.08 %

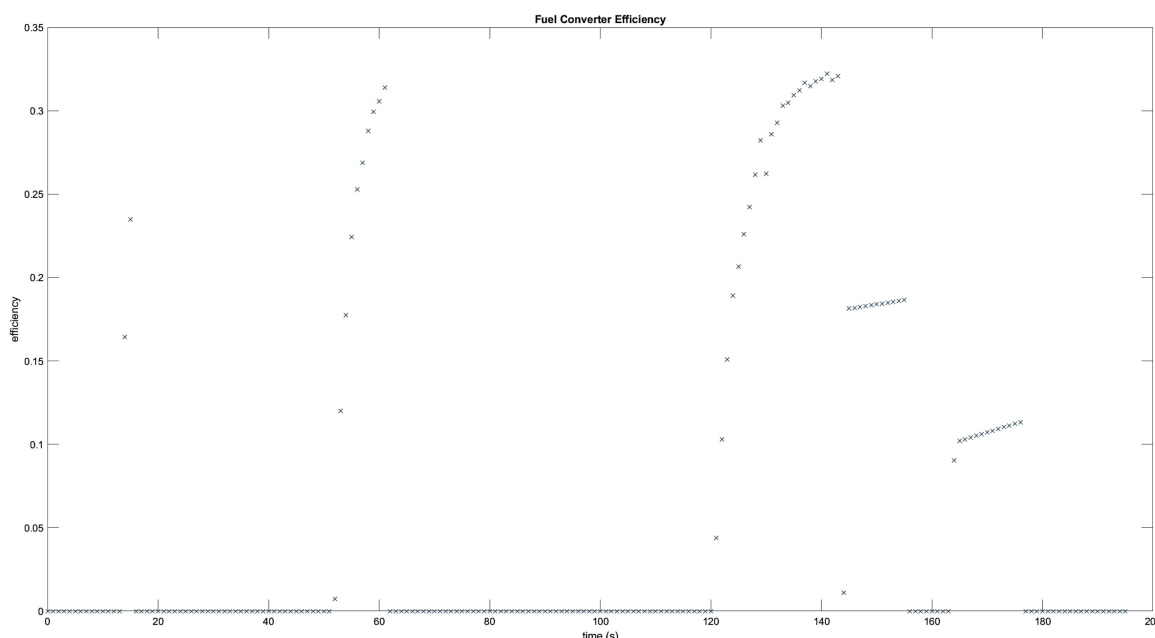
- Ở giây thứ 60 do xe đạt tốc độ cực đại tại chu trình nên lúc này nồng độ HC cũng đạt khoảng 0.06 %

- Tương tự nồng độ HC thì giá trị NOx đạt cực đại ở giây thứ 60 với giá trị khoảng 0.02 %

- Mức độ CO phát thải từ động cơ đốt trong cũng có xu hướng giảm hơn rất nhiều so với xe truyền thống, giá trị lớn nhất chỉ rơi vào khoảng 0.01%

- Nhận thấy rằng đối với ưu điểm giảm phát thải thì xe hybrid đã thể hiện rất tốt ở việc giảm phát thải xuống rất ít so với động cơ đốt trong truyền thống. Một điểm nổi bật là do xe vẫn tồn tại động cơ đốt trong nên không ảnh hưởng đến cảm giác lái xe truyền thống của người vận hành

2.3.3. Hiệu suất chuyển hoá năng lượng- nhiên liệu



Hình 5. Hiệu suất chuyển hoá năng lượng- nhiên liệu

Nhận xét:

- Hiệu suất chuyển đổi năng lượng của xe hybrid là khá cao với giá trị cực đại rơi vào khoảng 35%

- Đối với hiệu suất nhiệt lên gần đạt 35% chưa kể thực hiện quá trình nạp bằng động cơ đốt trong có thể lý giải được điều này do sự hoạt động của chu trình Atkinson được áp dụng trên xe hybrid thực hiện mô phỏng nên giúp nâng cao hiệu suất năng lượng

- Thời điểm giây thứ 50 và giây thứ 120 xe đạt được hiệu suất nhiệt cực đại cùng với vận tốc xe cũng đạt được tốc độ ổn định.

- Có thể nhận thấy xe hybrid luôn duy trì được động cơ đốt trong hoạt động trong vùng công suất tối ưu của nó

3. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, các kết quả mô phỏng trên một dòng xe hybrid kết nối

công suất hỗn hợp, được áp dụng trong các xe điện hybrid hiện đại trên thị trường ô tô toàn cầu, đã được trình bày. Các mô hình này được phát triển bằng phần mềm Advisor, kết hợp với một bộ công cụ đa năng để mô phỏng các phương tiện, cùng với hệ thống truyền động Hybrid-Electric và các chiến lược điều khiển công suất tương ứng. Ngoài ra, đã thực hiện các so sánh để đánh giá mức tiêu thụ nhiên liệu, công suất và mức năng lượng cạn kiệt dựa trên chu kỳ lái EDC tiêu chuẩn.

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự triển khai và sử dụng hệ thống truyền động hybrid hỗn hợp mang lại những kết quả tích cực, đặc biệt là trong việc tiết kiệm nhiên liệu. Mặc dù kết quả mô phỏng này tương thích với thực tế và dựa trên nghiên cứu đã được công bố rộng rãi trên toàn cầu, nhưng mô hình vẫn chưa được xác minh qua thực nghiệm để định lượng tỷ lệ tiêu thụ nhiên liệu, nhu cầu công suất tương ứng của xe và mức năng lượng chuyển hoá tương ứng

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] M. Ehsani, Y. Gao, and A. Emadi, "Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design", 3rd edition CRC Press, (2018).
- [2] I. Husain, "Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals, second edition", CRC Press, (2010).
- [3] L. Guzzella and A. Sciarretta, "Vehicle Propulsion Systems: Introduction to Modeling and Optimization", Springer, (2013).
- [4] X. Zhang and C. Mi, "Vehicle Power Management: Modeling, Control and Optimization", 1st Edition, Springer, (2011).
- [5] C.C. Lin, Z. Filipi, Y. Wang, L. Louca, H. Peng, D. Assanis, and J. Stein, "Integrated, Feed-Forward Hybrid Electric Vehicle Simulation in SIMULINK and its Use for Power Management Studies", SAE International, Warrendale, PA, 2001-01-1334, (2001).
- [6] J. Liu, H. Peng and Z. Filipi, "Modeling and Control Analysis of Toyota Hybrid System", IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, pp. 134-139, (2005).
- [7] T. Markel, A. Brooker, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, M. O'Keefe, S. Sprik, and K. Wipke, "ADVISOR: a systems analysis tool for advanced vehicle modeling", Journal of Power Sources, Vol. 110, No. 2, pp. 255-266, Aug. (2002).
- [8] A. Rousseau and M. Pasquier, "Validation of a hybrid modeling software (PSAT) using its extension for prototyping (PSAT-PRO)", Proceedings of the 2001 Global Powertrain Congress, Detroit, MI, USA, pp. 1-9, (2001).
- [9] F. Millo, L. Rolando, and M. Andreat, "Numerical Simulation for Vehicle Powertrain Development", In Numerical Analysis - Theory and Application, J. Awrejcewicz, Ed. InTech, (2011).