

Exploring the a343e Automatic Transmission Operation with Matlab/Simulink

Nguyen Hac Lan Duong 

HCMC University of Technology and Education, Vietnam

*Corresponding author. Email: landnh@hcmute.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: 22/03/2023
Revised: 18/04/2023
Accepted: 03/07/2023
Published: 28/02/2024

KEYWORDS

Automatic transmission;
Simulation;
Vehicle speed;
Stateflow;
Gear shift controller block.

ABSTRACT

In this article, a survey was conducted on the A343E Toyota Fortuner 2015 automatic transmission using Matlab/Simulink software with Simscape blocks to quickly create blocks with characteristics of the systems on the vehicle. The article develops a process for shifting the automatic transmission based on signals from the vehicle speed and throttle position that are appropriate for the engine characteristics, vehicle characteristics, and existing gear ratios. The purpose of this article was to investigate and analyze vehicle dynamics based on the theory of automobiles. The simulation results show that the operation of the automatic transmission will allow the vehicle to reach a maximum speed of 189.5 km/h under condition 4 and maximum throttle opening, and the vehicle's ability to accelerate from 0 km/h to 100 km/h in 14.68 seconds.

Khảo Sát Hộp Số Tự Động a343e Bằng Phần Mềm Matlab/Simulink

Dương Nguyễn Hác Lân 

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ. Email: landnh@hcmute.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 22/03/2023
Ngày hoàn thiện: 18/04/2023
Ngày chấp nhận đăng: 03/07/2023
Ngày đăng: 28/02/2024

TỪ KHÓA

Hộp số tự động;
Sự mô phỏng;
Tốc độ xe;
Stateflow;
Khối điều khiển chuyển số.

TÓM TẮT

Trong bài báo này tiến hành khảo sát hộp số tự động A343E Toyota Fortuner 2015 bằng phần mềm Matlab/Simulink với các khối Simscape giúp ta tạo nên những khối có đặc tính của các hệ thống trên xe nhanh chóng. Bài báo xây dựng quá trình chuyển số tự động dựa trên tín hiệu tốc độ xe và vị trí bướm ga phù hợp với đặc tính của động cơ, đặc tính của xe và tỉ số truyền của các tay số đã có sẵn. Mục đích của bài báo này là để khảo sát và phân tích động lực học của xe dựa trên cơ sở lý thuyết về ô tô. Kết quả mô phỏng cho thấy sự hoạt động của hộp số tự động sẽ cho xe đạt tốc độ tối đa tại 189,5 Km/h ở điều kiện số 4 và độ mở bướm ga tối đa, khả năng tăng tốc của xe từ 0 Km/h đến 100 Km/h trong vòng 14,68 giây.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.2024.1368>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

1. Giới thiệu

Để mô hình hóa hệ thống truyền lực nghiên cứu này đã sử dụng thư viện Simscape. Simscape là một thư viện trong Simulink cho phép tạo ra các mô hình hệ thống vật lý trong môi trường mô phỏng. Trong thư viện Simscape các khối để xây dựng mô hình dựa trên các kết nối vật lý tích hợp trực tiếp với sơ đồ khối và các mô hình hóa khác. Các hệ thống như động cơ, bộ truyền động... được xây dựng và kết nối thành các sơ đồ.

Để mô hình hóa được Khối điều khiển chuyển số nghiên cứu này đã sử dụng thư viện Stateflow. Stateflow cũng là một thư viện của Matlab/Simulink, tại đây cung cấp một ngôn ngữ đồ họa bao gồm

các thông số trạng thái và các lưu đồ thuật toán. Ở nghiên cứu này sử dụng Stateflow để mô tả thuật toán điều khiển thời điểm chuyển số bao gồm thời điểm lên số và thời điểm xuống số của hộp số tự động A343E.

Các loại hộp số tự động đã được mô phỏng hoạt động bằng phần mềm Matlab/Simulink trong các bài báo [1], [2]... đã cho thấy được hoạt động của hộp số tự động và phân tích đặc tính của xe ở các chế độ làm việc tại các vị trí số khác nhau.

Các kết quả mô phỏng về hoạt động và đặc tính của hộp số tự động như tốc độ xe, moment xoắn ở các vị trí tay số khác nhau được xây dựng dựa trên các phương trình cân bằng lực kéo, phương trình cân bằng công suất, đặc tính động học của ô tô và các phương trình khác được tham khảo ở [3].

2. Ứng dụng Matlab/Simulink để mô phỏng hộp số tự động A343E

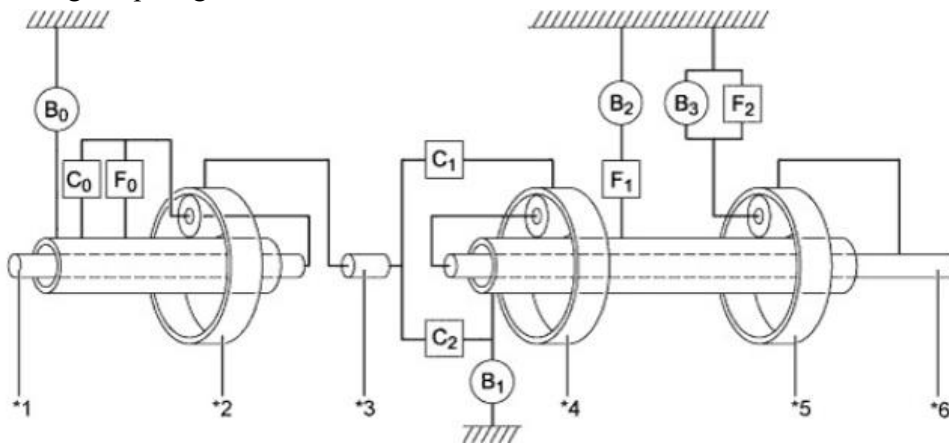
Nội dung mô phỏng: mô phỏng hộp số tự động A343E được sử dụng trên xe Toyota Fortuner V 2.7 AT 4x2 2015 với các trường hợp sau đây:

- Mô phỏng dòng truyền công suất của hộp số A343E.
- Mô phỏng động lực học của ô tô.

Ở mô phỏng này các giả thiết được đặt ra: các thông số xe được xem là không thay đổi trong quá trình xe mô phỏng, xe được mô phỏng trên những mặt đường có hệ số bám tốt nhất và không thay đổi, xe không kéo rơ-mooc và để thuận tiện cho việc mô phỏng thì ở nghiên cứu này giả thiết rằng hiệu suất truyền động của các chi tiết trong hệ thống truyền lực là 100%. Các bộ phận của hộp số tự động hoạt động trong tình trạng tốt và không xảy ra hiện tượng trượt.

2.1. Mô phỏng dòng truyền công suất của hộp số A343E

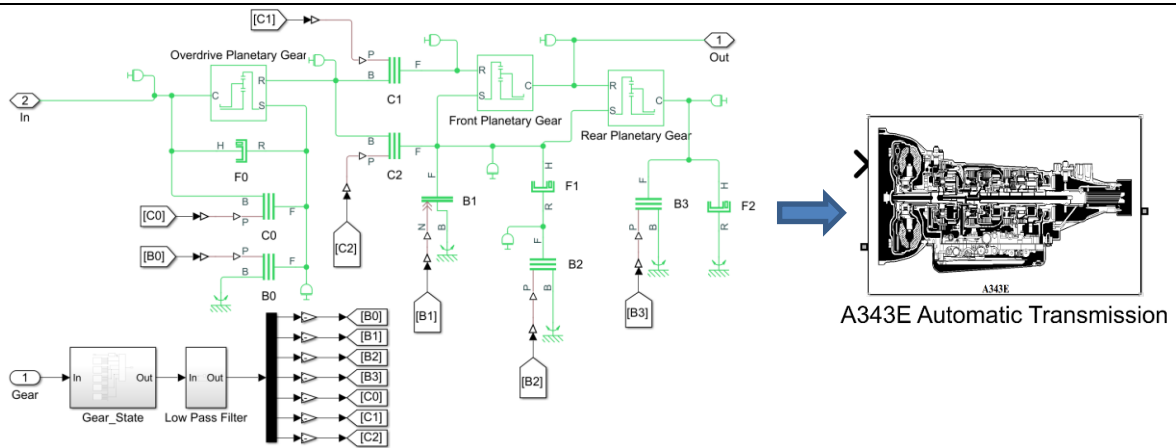
Mục đích của việc mô phỏng này để quan sát được dòng truyền công suất ở các thành phần trong bộ truyền động bánh răng hành tinh của hộp số mà đối với hộp số thực tế ra khó mà thấy được và để làm cơ sở cho những mô phỏng sau.



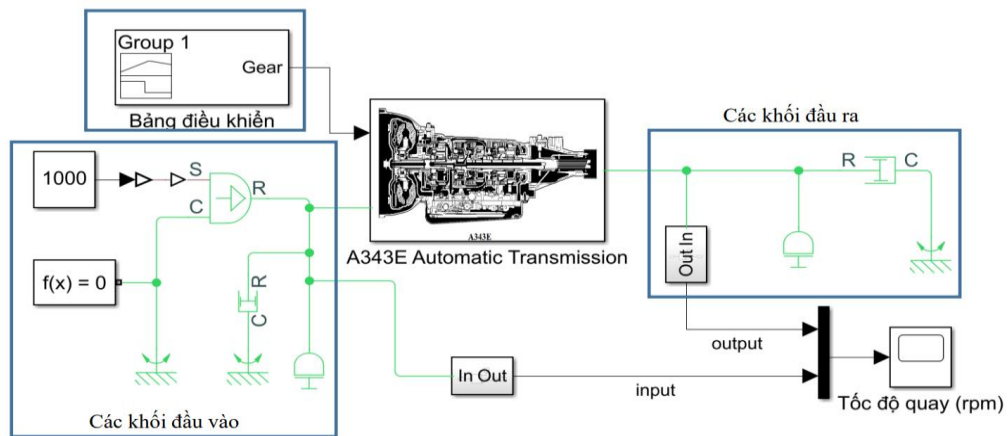
Hình 1. Sơ đồ nguyên lý bộ truyền động bánh răng hành tinh hộp số A343E.[4]

Để mô phỏng dòng truyền công suất của hộp số thì trước tiên nghiên cứu này sẽ xây dựng một mô hình bộ truyền động bánh răng hành tinh của hộp số A343E bằng việc sử dụng các khối có trong thư viện Simscape. Sau khi lấy các khối trong thư viện ta tiến hành thiết lập các thông số cho các khối theo thông số đã có sẵn từ nhà sản xuất và kết nối các khối lại với nhau theo đúng sơ đồ nguyên lý của hộp số tự động A343E thì ta có được mô hình truyền động bánh răng hành tinh của hộp số A343E trong môi trường Simulink.

Sau khi có được khối con của hộp số tự động để xác định sự hoạt động của hộp số có chính xác về tỉ số truyền theo từng cấp số hay không thì nghiên cứu này đã xây dựng một mô hình mô phỏng dòng truyền công suất đối với khối con của hộp số tự động A343E như Hình 3.



Hình 2. Mô hình truyền động bánh răng hành tinh của hộp số A343E trong môi trường Simulink



Hình 3. Mô hình mô phỏng dòng truyền công suất của hộp số A343E

2.2. Khối điều khiển chuyển số của hộp số

Khối điều khiển được xây dựng để lựa chọn các tay số cho phù hợp với từng điều kiện vận hành của xe dựa vào các tín hiệu đầu vào chuyển số, mà ở mô hình trong nghiên cứu này thực hiện chỉ lấy hai tín hiệu chuyển số chính để mô phỏng là: độ mở bướm ga và tốc độ xe. Và các thông số này được tham khảo và tổng hợp từ thông tin công bố bởi hãng Toyota [6] để thực hiện kiểm tra quá trình chuyển số tại các vị trí bướm ga và tốc độ xe. Chúng được thể hiện ở bảng 1 và bảng 2.

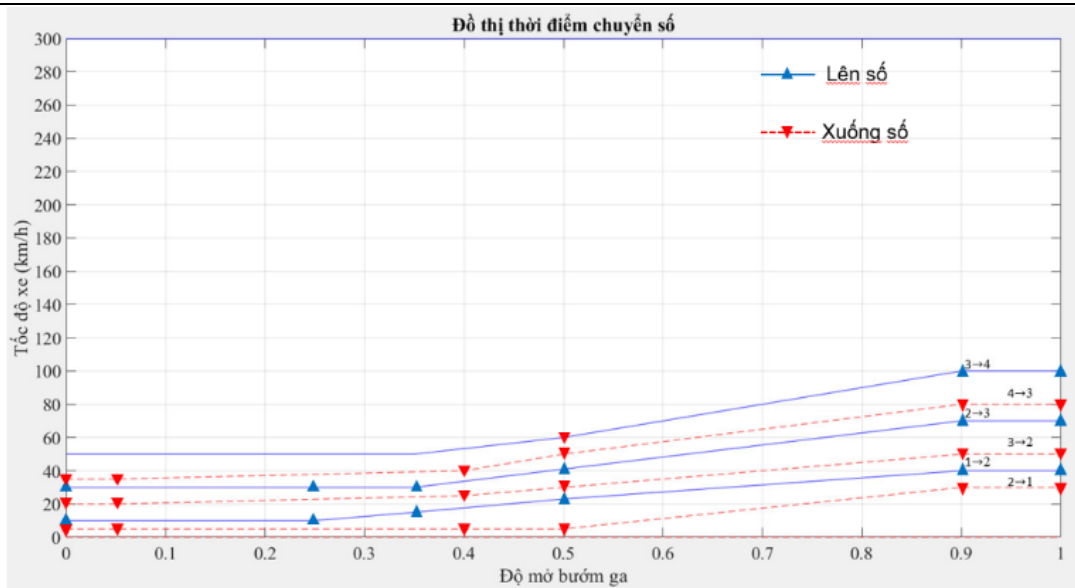
Bảng 1. Giá trị vận tốc ngưỡng để lên số

Độ mở bướm ga	Số 1	Số 2	Số 3	Số 4
0	10	30	50	300
0.25	10	30	50	300
0.35	15	30	50	300
0.5	23	41	60	300
0.9	40	70	100	300
1	40	70	100	300

Bảng 2. Giá trị vận tốc ngưỡng để xuống số.

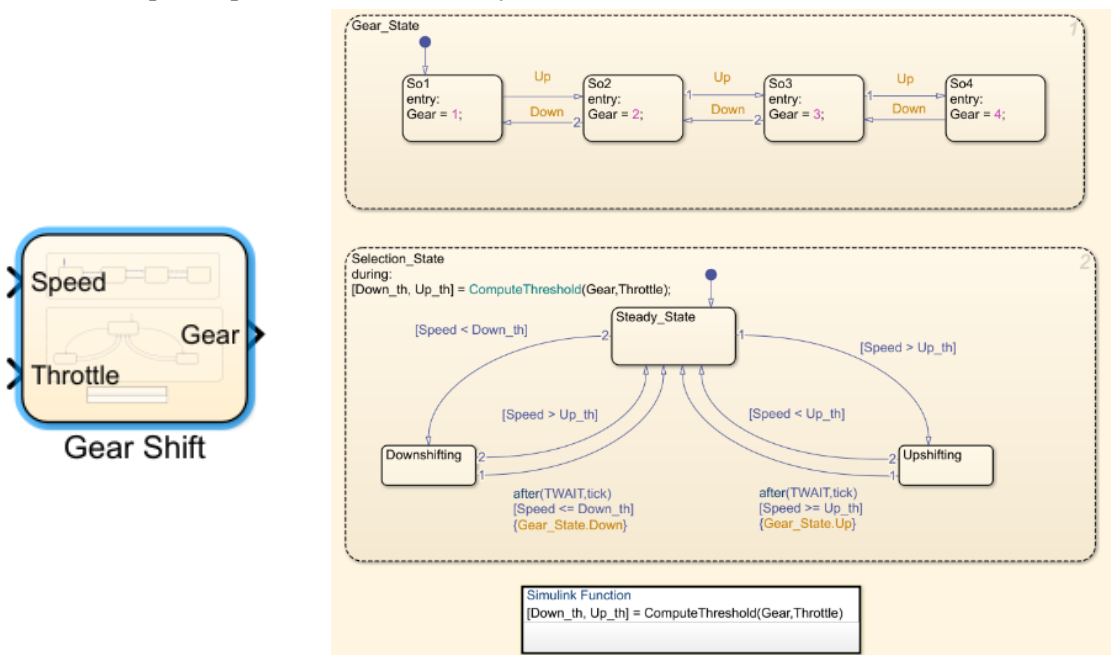
Độ mở bướm ga	Số 1	Số 2	Số 3	Số 4
0	0	5	20	35
0.25	0	5	20	35
0.35	0	5	25	40
0.5	0	5	30	50
0.9	0	30	50	80
1	0	30	50	80

Các giá trị không có trong bảng này sẽ được nội suy tuyến tính từ các điểm có trong bảng để xây dựng nên đồ thị thời điểm chuyển số của hộp số A343E như trong hình 4. ở nhiên cứu này sẽ đi tiên hành chạy mô phỏng và khảo sát hoạt động của hộp số A343E với các giá trị thời điểm chuyển số như đồ thị ở hình 4.



Hình 4. Đồ thị thời điểm chuyển số hộp số A343E.

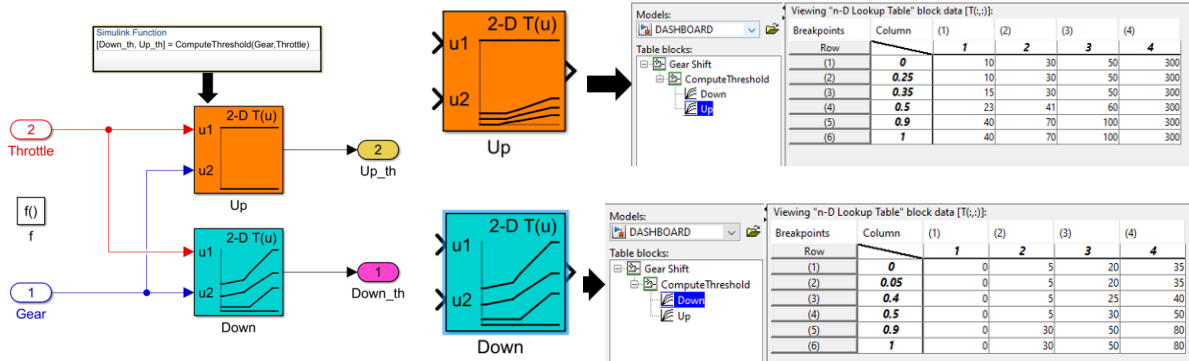
Khối điều khiển hộp số tự động được thành lập trong môi trường Stateflow. Trong môi trường này, khối điều khiển hộp số tự động được xây dựng bằng các lưu đồ, kết nối các trạng thái với các chuyển đổi có điều kiện. Khối Gear Shift được xây dựng để mô phỏng cho khối điều khiển Hộp số tự động A343E như Hình 5 với 2 tín hiệu đầu vào là tốc độ xe Speed và tín hiệu độ mở bướm ga Throttle từ đó đưa ra tín hiệu số phù hợp cho bộ thực hiện chuyển số.



Hình 5. Hộp thoại khối Gear Shift[5]

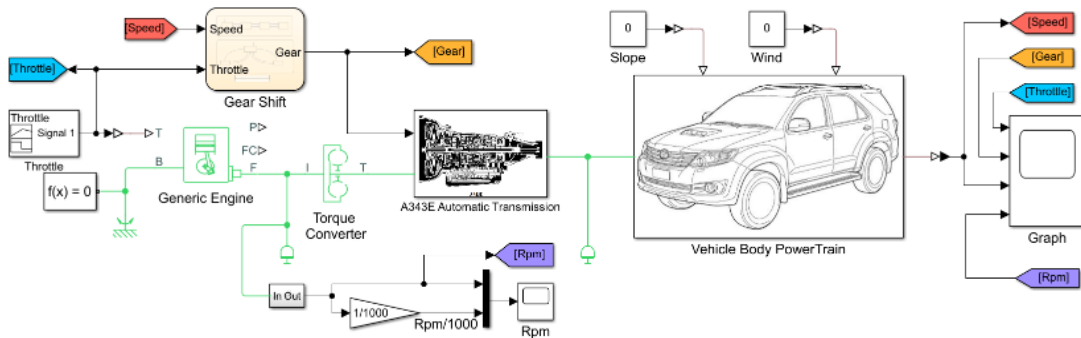
Bên trong khối Gear Shift gồm có hai lưu đồ. Lưu đồ thứ nhất là Gear_State (trạng thái tay số) thể hiện bốn tay số của hộp số tương ứng với các khối So1 (tay số 1), So2 (tay số 2), So3 (tay số 3) và So4 (tay số 4), giữa các tay số với nhau là các trạng thái Up (lên số) và Down (xuống số) dựa vào lệnh mà lưu đồ thứ hai Selection_State (lựa chọn tay số) gửi đến. Ở lưu đồ thứ hai là Selection_State thì gồm các khối Steady_State (trạng thái ổn định), Upshifting (đang lên số) và Downshifting (đang xuống số). Giữa khối Steady_State và hai khối Upshifting, Downshifting là các điều kiện và câu lệnh để thực hiện việc sang số sao cho phù hợp. Việc sang số này được điều khiển tự động dựa vào việc so sánh tốc độ xe với

giá trị của hai biến chuyển số (Down_th, Up_th) được xác định từ hàm ComputeThreshold được thể hiện ở hình 6 với 2 n-D Lookup Table lên số và xuống số tương ứng. Biến Down_th sẽ được xác định theo bảng lên số trong khối Down tức Down n-D Lookup Table tương ứng với mỗi độ mở bướm ga và tay số hiện tại sẽ xác định được giá trị của biến Down_th. Tương tự như vậy Biến Up_th sẽ được xác định bởi khối Up. Biến TWAIT là thời gian tối thiểu ở mỗi tay số để tránh trường hợp chuyển số quá nhanh tại cái giao điểm chuyển số.



Hình 6. Hàm ComputeThreshold

2.3. Mô phỏng động lực học của xe Toyota Fortuner dùng hộp số tự động A343E dựa vào điều kiện cho trước



Hình 7. Hệ thống truyền lực của xe Toyota Fortuner trong Simulink

Để mô phỏng động lực học của xe ta sẽ thêm vào các điều kiện đầu vào cho trước là: độ mở bướm ga, độ dốc và gió thổi để mô phỏng từng trường hợp cụ thể. Từ sơ đồ khối trên ta thấy được tín hiệu đầu vào của động cơ là độ mở bướm ga để điều khiển động cơ sản sinh công suất tương ứng, từ đó truyền công suất đến khối biến mô, hộp số tự động và cuối cùng là Vehicle Body (thân xe). Hai tín hiệu đầu vào khác là độ dốc của đường và tốc độ gió thổi của môi trường bên ngoài cũng được gửi đến khối Vehicle Body. Khối điều khiển hộp số tự động thì nhận hai tín hiệu đầu vào là bướm ga và tốc độ xe để xử lý và điều khiển trạng thái hoạt động của hộp số. Từ nguyên lý sơ đồ khối ở trên ta thêm các khối Throttle (độ mở bướm ga), Slope (độ dốc), Wind (gió) vào hệ thống truyền lực có khối điều khiển hộp số thì ta được một hệ thống truyền lực hoàn chỉnh của xe Toyota Fortuner trong môi trường Simulink như Hình 7.

3. Kết quả.

3.1. Kết quả mô phỏng khả năng tăng tốc và tốc độ tối đa của xe

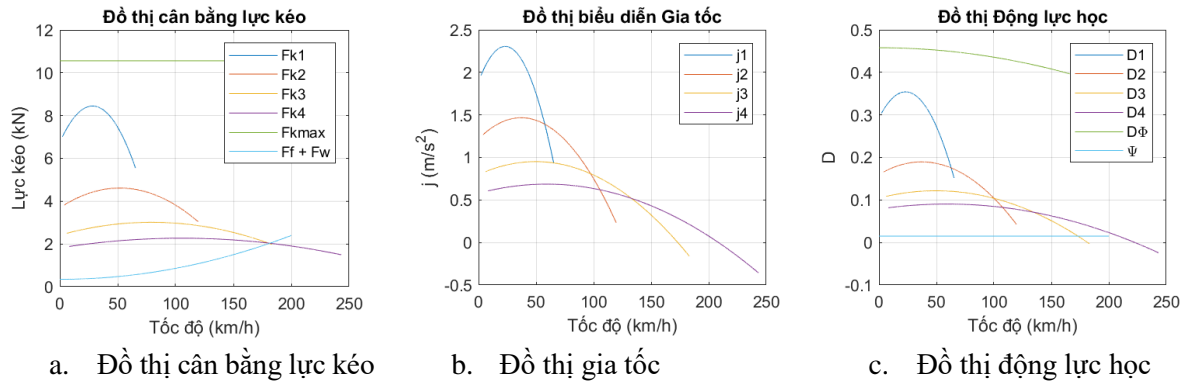
Dựa vào đặc tính của động cơ, các thông số kỹ thuật của ô tô để xây dựng đồ thị cân bằng lực kéo, đồ thị gia tốc, đồ thị động lực học.

Các thông số kỹ thuật của động cơ bố trí mô phỏng.

- Công suất cực đại (Maximum power): 118 kW.

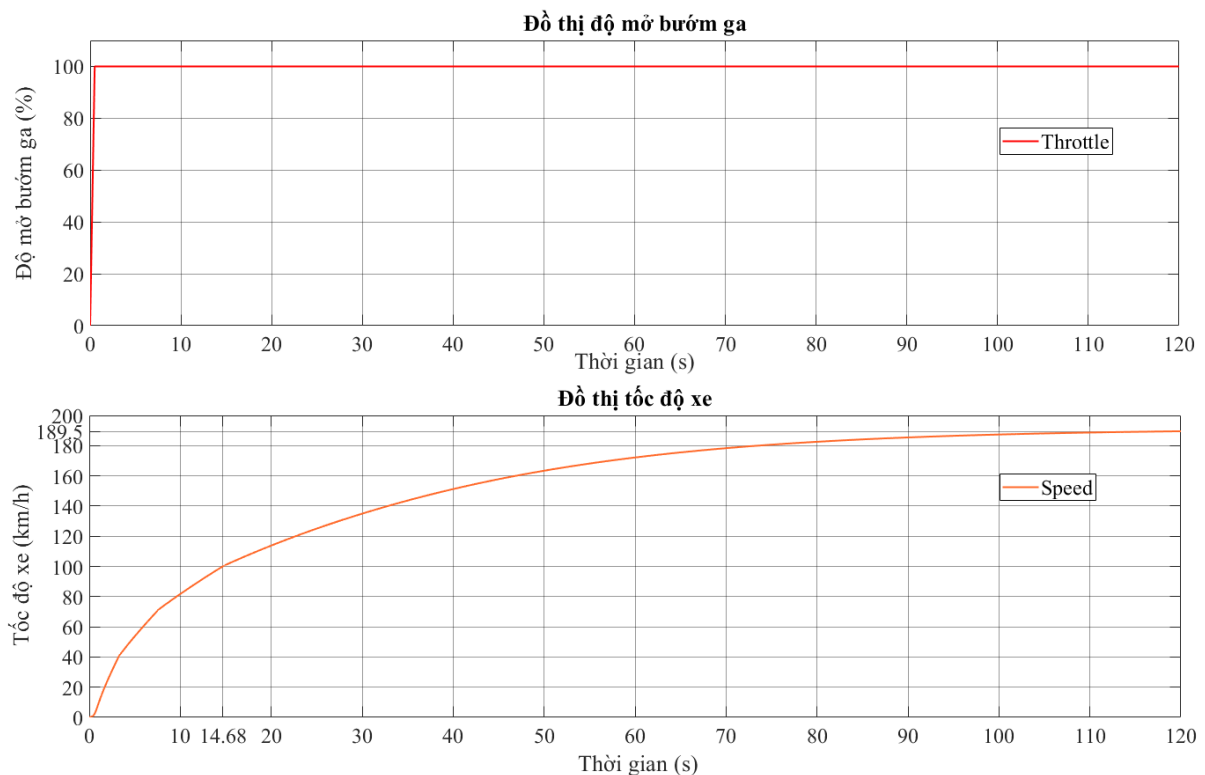
- Số vòng quay tại công suất cực đại (Speed at maximum power): 5200 rpm.
- Số vòng quay cực đại (Maximum speed): 6000 rpm.

Các tỉ số truyền của các tay số: $i_1 = 2.804$, $i_2 = 1.531$, $i_3 = 1$, $i_4 = 0.753$.

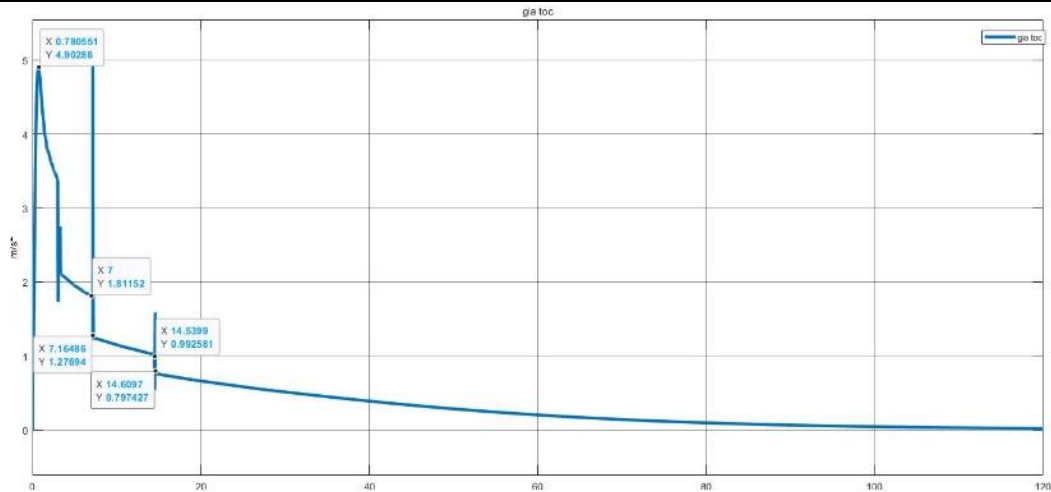


Hình 8. Các đồ thị cân bằng lực kéo, đồ thị gia tốc, đồ thị động lực học.

Qua các đồ thị hình 8 cho thấy được tốc độ tối đa mà xe có thể đạt được tại tay số 4 là lớn hơn 180Km/h, khả năng gia tốc đạt 2,3 (m/s²). Tuy vậy để khảo sát khả năng tăng tốc từ 0 Km/h đến 100Km/h mất bao lâu thời gian thì nghiên cứu này đã mô phỏng độ mở bướm ga từ 0% đến 100% trong 0.5 giây và sau đó giữ bướm ga ở mức 100% để mô phỏng cho tín hiệu đạp hết ga để tăng tốc của tài xế và thực hiện mô phỏng mô hình trong 120 giây, kết quả thu được như đồ thị như Hình 9. Ta thấy được xe tăng tốc từ 0 đến 100 km/h trong 14,68 giây. Tại thời điểm $t = 110$ đến 120 giây thì đường tốc độ xe có xu hướng ít thay đổi và đồ thị có xu hướng nằm ngang vì lúc này lực kéo có xu hướng bằng lực cản nên gia tốc gần như bằng 0 kết quả là tốc độ không thay đổi. Từ đó ta có thể xác định được tốc độ tối đa của xe là 189,5 km/h trong điều kiện ô tô không kéo rơ moóc, đường không dốc và vận tốc của gió bằng 0 Km/h.



Hình 9. Kết quả mô phỏng khả năng tăng tốc của xe

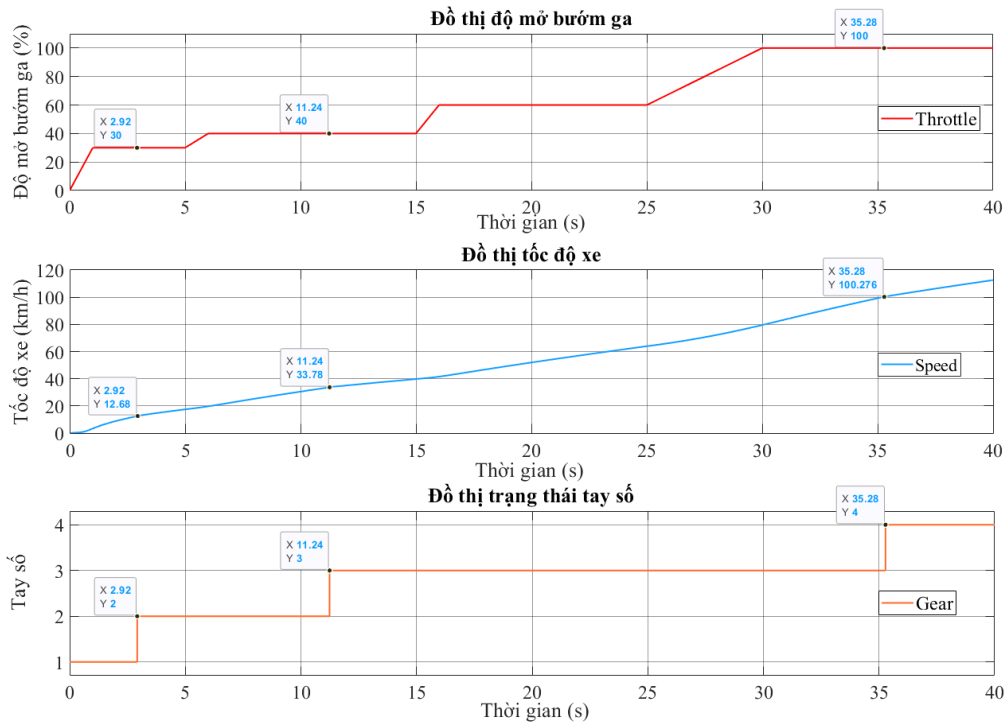


Hình 10. Kết quả gia tốc

Khả năng tăng tốc của xe cũng được thể hiện qua hình 10 kết quả gia tốc của xe khi hoạt động theo điều kiện trên. Gia tốc lớn nhất lúc xe ở số 1 đạt 4.9 m/s^2 ở 0.7 s lúc này xe tăng tốc mạnh mẽ nhất. Tuy nhiên vì ở số 1 thì xe không thể chạy nhanh được nên hộp số với khối điều khiển đã tự động chuyển số theo điều kiện độ mở bướm ga và tốc độ xe và đã chuyển sang số 2. Tại vị trí chuyển số do các cơ cấu chấp hành chuyển số đóng mở đột ngột nên có hiện tượng gia tốc đột ngột tuy nhiên trong thời gian rất ngắn nên khó cảm nhận được từ người lái và hành khách. Tại giây thứ 15 thì xe đã chuyển sang số 4 và gia tốc tại thời điểm mà bắt đầu chuyển sang số 4 gia tốc đạt 0.78 m/s^2 và sẽ giảm dần về không khi cân bằng giữa lực kéo và lực cản.

3.2. Kết quả mô phỏng trường hợp độ mở bướm ga tăng

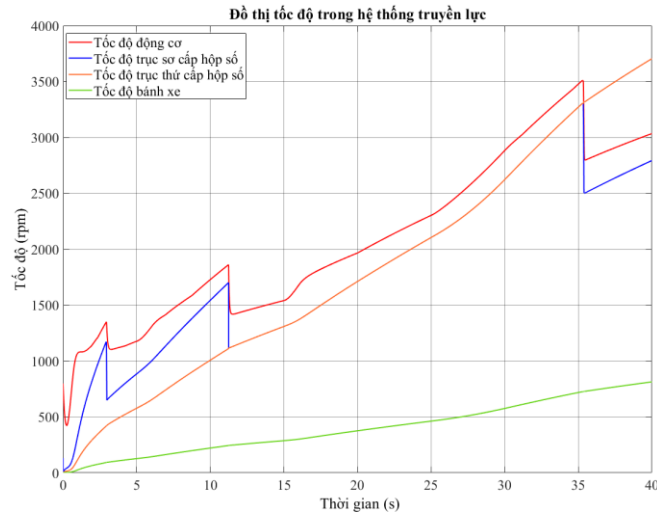
Thực hiện mô phỏng trường hợp độ mở bướm ga tăng từ mức 0% đến mức 100% ở thời điểm $t = 40$ giây. Kết quả mô phỏng giúp ta thấy được quá trình chuyển số của hộp số dựa vào hai tín hiệu đầu vào là độ mở bướm ga và tốc độ xe. Ta nhận được kết quả mô phỏng như Hình 11



Hình 11. Kết quả mô phỏng trường hợp độ mở bướm ga tăng.

Ban đầu hộp số hoạt động ở tay số 1, tốc độ của xe tăng dần, khi đến thời điểm $t = 2,92$ giây vận tốc xe đạt đến ngưỡng chuyển số 12,68 km/h với độ mở bướm ga là 30%, khối điều khiển gửi tín hiệu chuyển số cho hộp số thực hiện chuyển từ số 1 lên số 2. Hộp số tiếp tục hoạt động ở tay số 2 đến khi thời điểm $t = 11,24$ giây vận tốc xe đạt đến ngưỡng chuyển số 33,75 km/h với độ mở bướm ga là 50%, khối điều khiển gửi tín hiệu chuyển số cho hộp số thực hiện chuyển từ số 2 lên số 3. Trường hợp từ số 3 lên số 4 cũng tương tự.

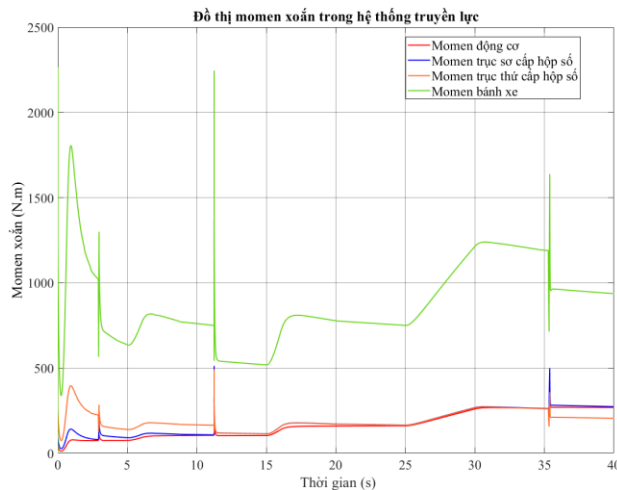
Ngoài ra, cũng từ tín hiệu đầu vào là độ mở bướm ga như trên ta có được đồ thị tốc độ và moment của các bộ phận trong hệ thống truyền lực là: động cơ, trục sơ cấp và thứ cấp của hộp số, bánh xe được thể hiện như Hình 12.



Hình 12. Đồ thị tốc độ trong hệ thống truyền lực

Mối liên hệ giữa tốc độ trục sơ cấp và trục thứ cấp đó là nhờ vào hộp số với chức năng lựa chọn các tay số có tỷ số truyền phù hợp với tốc độ và moment của xe đang cần. Ở tay số 1 và tay số 2 ta thấy được tốc độ của trục sơ cấp lớn hơn tốc độ của trục thứ cấp, vì tỷ số truyền của tay số 1 và số 2 là lớn hơn 1. Ở tay số 3 ta thấy được tốc độ và moment của hai trục bằng nhau, vì tỷ số truyền của tay số 3 là bằng 1. Ở tay số 4 ta thấy được tốc độ của trục sơ cấp nhỏ hơn tốc độ của trục thứ cấp, vì tỷ số truyền của tay số 4 là nhỏ hơn 1. Với sự gia tăng tốc độ khá nhanh và tương đối đều như vậy cho thấy được sự hoạt động hiệu quả của hộp số tự động trong quá trình điều khiển chuyển số.

Moment bánh xe là tổng hợp moment các bánh xe chủ động bên trái và bên phải. Giá trị của moment tác dụng lên các bánh xe chủ động lớn hơn nhiều so với moment động cơ nhờ việc khuếch đại moment được thực hiện trong hộp số với tỷ số truyền ở tay số hiện tại, biến mô và tỷ số truyền lực chính (vi sai).

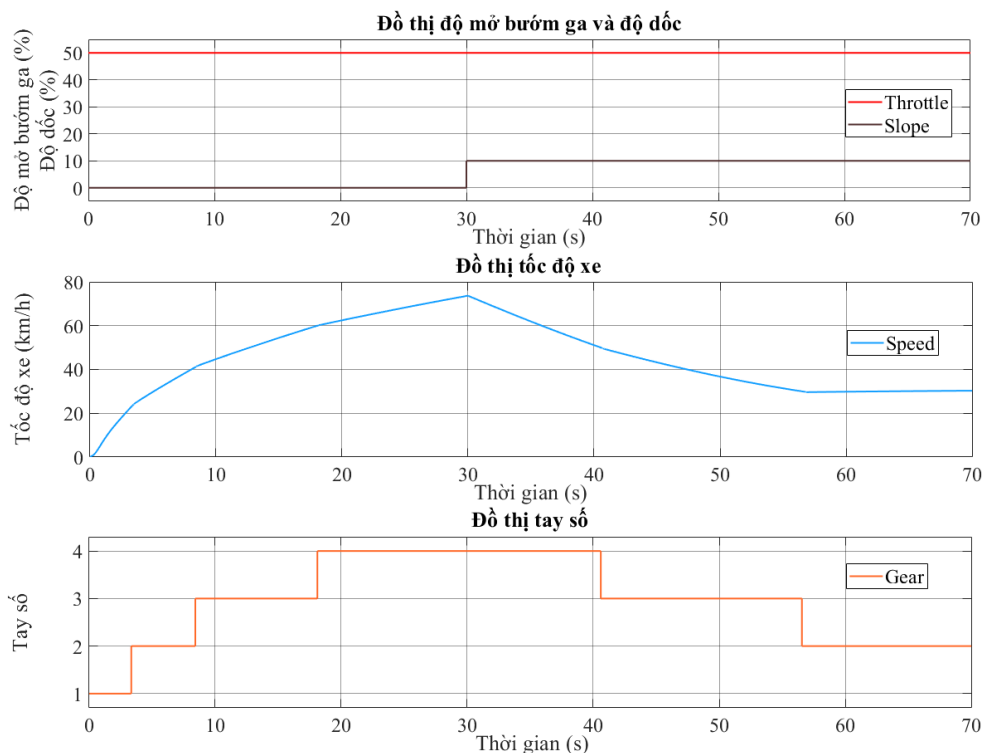


Hình 13. Đồ thị moment xoắn trong hệ thống truyền lực

Từ đồ thị mô phỏng trên theo Hình 13 ta thấy được mối quan hệ giữa tốc độ và moment của các bộ phận trong hệ thống truyền lực tại các tỷ số truyền khác nhau ứng với các tay số khác nhau của hộp số. Thời gian từ giây thứ 0 đến gần giây thứ 3 thì hộp số hoạt động ở vị trí số 1. Từ đồ thị Hình 13 ta thấy được moment xoắn ở trục sơ cấp (đồ thị màu xanh) và trục thứ cấp (đồ thị màu cam) của hộp số chênh lệch nhau khá nhiều. Lý do trong thời gian này hộp số đang hoạt động ở tay số 1 với tỷ số truyền lớn nhất, kết hợp với đồ thị 19 thì thấy được vận tốc của xe tăng khá nhanh và giúp cho xe có khả năng gia tốc nhanh phù hợp với điều kiện tải. Từ giây thứ 12 tới giây thứ 36 thì moment của trục thứ cấp và sơ cấp gần như trùng nhau phù hợp với tỉ số truyền tại số 3 là 1.

3.3. Kết quả mô phỏng trường hợp xe lên dốc

Thực hiện mô phỏng trường hợp: độ mở bướm ga không đổi ở mức 50% từ thời điểm bắt đầu mô phỏng ($t = 0$ giây) và từ thời điểm $t = 30$ giây mô phỏng xe bắt đầu lên dốc với độ dốc 10%. Kết quả mô phỏng như Hình 14.



Hình 14. Kết quả mô phỏng trường hợp lên dốc

Khi thời gian chạy từ 0-30s thì không có dốc với độ mở bướm ga không đổi là 50% thì tốc độ xe tăng lên liên tục và tại các thời điểm chuyển số thì hộp số tăng dần tay số để phù hợp với điều kiện vận hành của xe.

Bắt đầu từ giây 30 thì xe bắt đầu leo dốc với độ dốc là 10% mà xe vẫn giữ nguyên độ mở bướm ga là 50% và tay số vẫn giữ nguyên ở số 4 thì ta thấy được tốc độ xe có xu hướng giảm là vì lúc này lực cản lớn hơn lực kéo. Khi làm cho tốc độ xe giảm dần đến ngưỡng chuyển số thì xe giảm từ số 4 xuống số 3 để tăng thêm lực kéo. Khi xe ở tay số 3 thì tốc độ xe vẫn tiếp tục giảm vì tại tay số 3 thì lực cản vẫn còn lớn hơn lực kéo. Tốc độ xe giảm cho đến ngưỡng chuyển số thì hộp số giảm từ số 3 xuống số 2, thì lúc này ta thấy được đường tốc độ xe có xu hướng nằm ngang vì lúc này tại tay số 2 thì lực cản có xu hướng cân bằng với lực kéo nên xe sẽ leo dốc với tốc độ ổn định là 30 km/h.

4. Kết luận.

Nghiên cứu đã thể hiện được hoạt động của hộp số tự động A343E ở các chế độ thử khác nhau như: Chế độ thử tăng tốc và tốc độ tối đa cho kết quả xe đạt được tốc độ tối đa ở vận tốc 189,5 Km/h trong điều kiện xe không có leo dốc và vận tốc của gió là 0 Km/h. Khả năng tăng tốc của xe từ 0 Km/h đến

100 Km/h trong vòng 14,68 giây. Chế độ thử lên dốc với độ dốc là 10% và vị trí bướm ga đạt 50 % thì thấy rõ được hoạt động tự động chuyển số của hộp số tự động. Tự động điều khiển chuyển số để thay đổi lực kéo tại bánh xe phù hợp với tình trạng tải của xe.

Từ bài báo, chúng ta có thể kết luận rằng sử dụng phần mềm Matlab/Simulink kết hợp với các khối Simscape là một phương pháp hiệu quả để khảo sát và phân tích động lực học của hộp số tự động A343E Toyota Fortuner 2015. Thông qua các kết quả mô phỏng có thể khảo sát được hoạt động và động lực học của hệ thống truyền lực trên xe Toyota Fortuner sử dụng hộp số tự động A343E ở trên đường có độ dốc hoặc trong trường hợp bướm ga thay đổi để thấy được quá trình lên số và xuống số một cách tự động của hộp số tự động. Có thể sử dụng làm cơ sở để nghiên cứu nhiều hơn về động lực học của ô tô ở các điều kiện mô phỏng đa dạng hơn như kéo ro-mooc.

Lời cảm ơn

Chúng tôi gửi lời cảm ơn chân thành đến Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành Phố Hồ Chí Minh với các chính sách khuyến khích nghiên cứu khoa học và tạo điều kiện thuận lợi để tác giả tiến hành nghiên cứu này. Nhờ những chính sách này, chúng tôi đã có cơ hội tiếp cận và sử dụng tài nguyên cần thiết để thực hiện đề tài mô phỏng này. Đồng thời, tôi muốn bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Khoa đã tạo môi trường thuận lợi, cung cấp các điều kiện và nguồn lực hỗ trợ để tác giả có thể thực hiện hoạt động nghiên cứu một cách hiệu quả. Tác giả cũng cảm ơn các bạn sinh viên đã đồng hành và hỗ trợ chúng tôi trong quá trình nghiên cứu và mô phỏng. Sự sẻ chia và đóng góp của các bạn đã góp phần quan trọng vào việc đạt được kết quả tốt đẹp này. Cuối cùng, chúng tôi muốn gửi lời cảm ơn chân thành tới gia đình và người thân đã luôn chăm sóc, động viên và ủng hộ chúng tôi trong hoạt động nghiên cứu. Sự đồng cảm và ủng hộ của quý vị là nguồn động viên lớn lao, giúp chúng tôi vượt qua những khó khăn và đạt được thành công trong dự án này.


Xung đột lợi ích

Tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Băţăuş *et al.*, "Real-time simulation of complex automatic transmission models," in *Proceedings of Virtual Powertrain Creation*, ATZ Live, Munich, Germany, 2010.
- [2] K. S. Hong, K. J. Yang, and K. I. Lee, "An object-oriented modular simulation model for integrated gasoline engine and automatic transmission control," *SAE Technical Paper*, 1999, doi: 10.4271/1999-01-0750.
- [3] D. Quy, *Automotive Theory*. (in Vietnamese), Ho Chi Minh City, Vietnam: National University Publishing House, 2012.
- [4] "Chassis - A340e And A343e Automatic Transmissions," accessed: Mar. 26 - Jul. 13, 2021. [Online]. Available: <https://fdocuments.net/document/a343e.html>.
- [5] "Vehicle with Four-Speed Transmission," accessed: Mar. 26 - Jul. 13, 2021. [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/physmod/sdl/ug/vehicle-with-four-speed-transmission.html>.
- [6] *Toyota GSIC (Global Service Information Center)*.



Duong Nguyen Hac Lan is a lecturer of HCM City University of Technology And Education, Vietnam. He graduated with MSc in Vehicle Engineering in 2019, from HCM City University of Technology and Education, Viet Nam. He has researched optimal suspension systems design and modeling the active suspension system and powertrain systems in vehicle. Email: landnh@hcmute.edu.vn. ORCID:  <https://orcid.org/0000-0003-3428-6134>