

Đề xuất bộ điều khiển chuyển số trong hộp số tự động trên ô tô

Proposing a transmission control unit in automatic gearbox

Hồ Hữu Hùng^{1,*}, Nguyễn Thành Công², Phạm Trọng Tuệ³

¹Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

²Trường Đại học Giao thông vận tải Hà Nội

³Cục Đăng kiểm Việt Nam

*Email: hhung.auto@gmail.com

Mobile: 098 69 69 610

Tóm tắt

Từ khóa:

Bộ điều khiển; Chuyển số; Hộp số tự động; Ô tô; Thuật toán điều khiển

Hộp số tự động đang được sử dụng rộng rãi trên ô tô, trong đó kiểu hộp số sử dụng bánh răng hành tinh với các cấp số truyền cố định được sử dụng phổ biến. Quá trình điều khiển hộp số tự động là một quá trình phức tạp, đòi hỏi một thuật toán điều khiển phù hợp với các chế độ vận hành. Bài báo đề xuất một thuật toán điều khiển chuyển số dựa trên mức độ mở bướm ga và vận tốc dài của ô tô, đồng thời xây dựng mô hình bộ điều khiển chuyển số bằng phần mềm Matlab - Stateflow. Thực hiện mô phỏng hệ thống trên mô hình ô tô sử dụng hộp số tự động có bốn cấp số để đánh giá thuật toán điều khiển và mô hình bộ điều khiển chuyển số.

Abstract

Keywords:

Control unit; Gear shift change; Automatic transmission; Automobile; Control algorithm.

Automatic gearboxes have been being used extensively in automobiles, in which planetary gearboxes with fixed gear ratios are widely used. The procedure of automatic transmission control is a complicated process that requires a control algorithm that is suitable for operating modes. The article proposes a control algorithm for gear shifting based on the degree of wide open throttle and the long-run velocity of the automobile, as well as a model of digital shifting controller by using Matlab – Stateflow software. An automobile model simulation was executed on a four-speed automatic gearbox to evaluate the control algorithm and the model of digital shift controller.

Ngày nhận bài: 19/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 04/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên thế giới, hộp số tự động được lắp đặt phổ biến trên xe ô tô con. Trong đó hộp số tự động sử dụng các cặp bánh răng hành tinh vẫn chiếm đa số. Hiện nay, hộp số tự động tiếp tục được nghiên cứu hoàn thiện theo hướng tăng số cấp, nâng cao chất lượng điều khiển bằng các thuật toán mới. Tuy nhiên, việc nghiên cứu hộp số tự động ở trong nước vẫn còn hạn chế, đặc biệt là các thuật toán điều khiển và bộ điều khiển chuyển số.

Hộp số tự động trên ô tô có riêng một bộ điều khiển, hoạt động theo thuật toán điều khiển phức tạp dựa trên nhiều thông số đầu vào khác nhau. Tuy nhiên các nhà sản xuất không công bố chi tiết thuật toán điều khiển, do đó việc nghiên cứu, tiếp cận với công nghệ điều khiển trên hộp số tự động gặp nhiều khó khăn.

Trong giới hạn nghiên cứu, bài báo đề xuất một thuật toán điều khiển chuyển số trên hộp số tự động kiểu có cấp số cố định (sử dụng các cặp bánh răng hành tinh) dựa trên các tín hiệu mức độ đạp ga (độ mở bướm ga) và vận tốc của ô tô.

Trong nội dung nghiên cứu sử dụng mô hình bộ điều khiển chuyển số trong hộp số tự động được xây dựng bằng phần mềm mô phỏng Matlab – Stateflow dựa trên thuật toán điều khiển đã đề xuất. Sau đó kết hợp, kế thừa với các mô hình mô phỏng động cơ nhiệt, mô hình hộp số, biến mô, mô hình ô tô ... từ Matlab để được hệ thống hoàn thiện. Tiến hành mô phỏng hoạt động của toàn hệ thống nhằm đánh giá thuật toán điều khiển và mô hình bộ điều khiển trên hộp số tự động.

2. ĐỀ XUẤT THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN CHUYỂN SỐ

Giải thiết trường hợp chuyển số khi hộp số được đặt ở chế độ chuyển số tự động (số D – Drive). Thuật toán chuyển số được xây dựng dựa trên hộp số tự động có bốn cấp số, sử dụng tín hiệu mức độ đạp ga (độ mở bướm ga) và vận tốc của ô tô để quyết định thời điểm chuyển số.

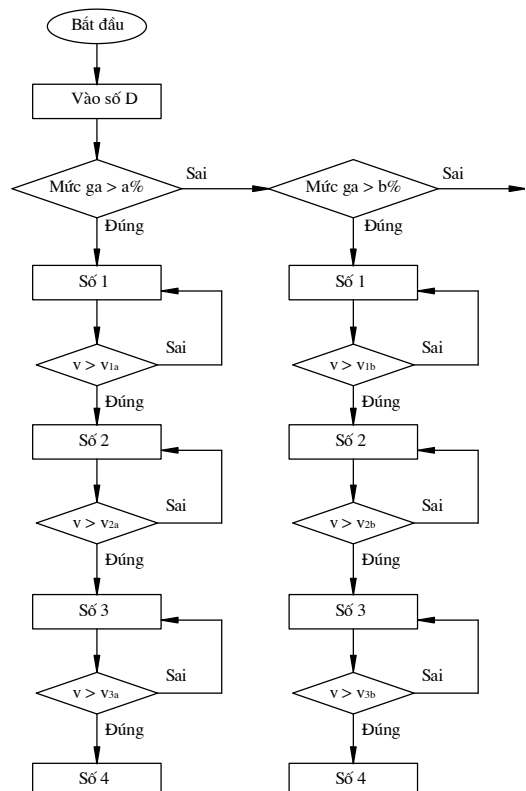
Điều khiển tăng số:

Thuật toán điều khiển tăng số được xây dựng theo phương pháp so sánh điều kiện đúng hoặc sai của hai thông số là độ mở bướm ga và vận tốc của ô tô với các ngưỡng đã được tính toán, được thể hiện như trên Hình 1 [1].

Khi hệ thống bắt đầu hoạt động sẽ căn cứ vào mức độ mở bướm ga thực hiện quá trình điều khiển chuyển số. Trong trường hợp độ mở bướm ga lớn hơn mức $a\%$ (ví dụ 80%), hệ thống sẽ tiếp tục căn cứ vào vận tốc dài của ô tô để thực hiện quá trình này. Vận tốc của ô tô tăng dần, đến thời điểm vận tốc lớn hơn mức v_{1a} thì hộp số sẽ chuyển từ số 1 lên số 2, sau 1 thời gian nếu vận tốc lớn hơn mức v_{2a} thì hộp số sẽ chuyển từ số 2 lên số 3. Nếu với mức độ đạp ga đó đủ để vận tốc vượt mức v_{3a} thì hộp số sẽ chuyển từ số 3 lên số 4 và giữ ở số này.

Trường hợp độ mở bướm ga ở trong khoảng lớn hơn mức $b\%$ (ví dụ mức 50%), nhỏ hơn mức $a\%$ (80%), hệ thống sẽ tiếp tục căn cứ vào vận tốc của ô tô để điều khiển chuyển số. Nếu vận tốc lớn hơn mức v_{1b} thì hộp số sẽ chuyển từ số 1 lên số 2, sau 1 thời gian nếu vận tốc lớn hơn mức v_{2b} thì hộp số sẽ chuyển từ số 2 lên số 3. Nếu với mức độ đạp ga đó đủ để vận tốc vượt mức v_{3b} thì hộp số sẽ chuyển từ số 3 lên số 4 và giữ ở số này.

Tương tự như vậy ở các mức độ mở bướm ga khác nhau (c, d, e, f ...) sẽ có thời điểm tăng số khác nhau.



Hình 1. Sơ đồ thuật toán điều khiển tăng số

Các ngưỡng mức ga ($a\%$, $b\%$, $c\%$...) và ngưỡng vận tốc dài của ô tô (v_{1a} , v_{2a} , v_{3a} , v_{1b} , v_{2b} , v_{3b} ...) để thực hiện điều khiển tăng số trong sơ đồ thuật toán trên Hình 1 được tính toán cụ thể từ bản đồ các điểm chuyển số.

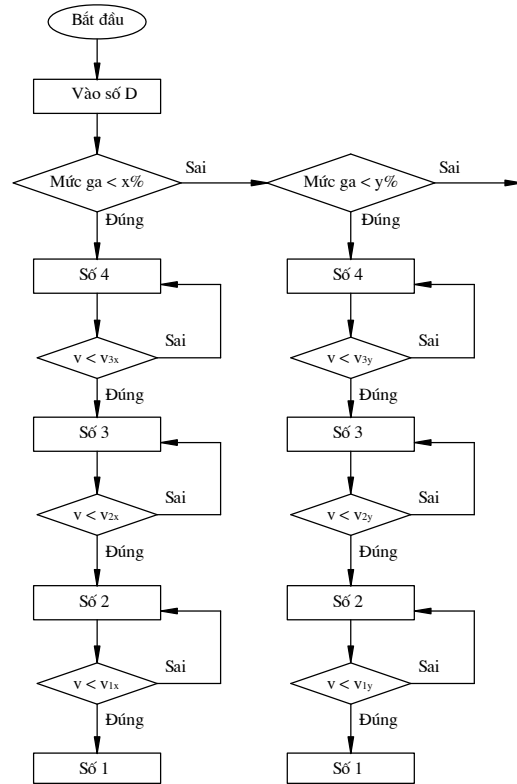
Điều khiển giảm số:

Thuật toán điều khiển giảm số được xây dựng theo phương pháp so sánh điều kiện đúng hoặc sai của hai thông số là độ mở bướm ga và vận tốc của ô tô với các ngưỡng đã được tính toán, được thể hiện như trên Hình 2 [1].

Trường hợp độ mở bướm ga nhỏ hơn mức $x\%$ (ví dụ 5%), hệ thống sẽ tiếp tục căn cứ vào vận tốc của ô tô để thực hiện chuyển số. Nếu vận tốc nhỏ hơn mức v_{3x} thì hộp số sẽ chuyển từ số 4 về số 3, sau 1 thời gian nếu vận tốc giảm nhỏ hơn mức v_{2x} thì hộp số sẽ chuyển từ số 3 về số 2. Nếu với mức độ đạp ga đó đủ để vận tốc giảm quá mức v_{1x} thì hộp số sẽ chuyển từ số 2 về số 1 và giữ ở số này.

Trường hợp độ mở bướm ga nhỏ hơn mức $y\%$ (ví dụ 20%), lớn hơn mức $x\%$ (5%), hệ thống sẽ tiếp tục căn cứ vào vận tốc của ô tô. Nếu vận tốc nhỏ hơn mức v_{3y} thì hộp số sẽ chuyển từ số 4 về số 3, sau 1 thời gian nếu vận tốc giảm nhỏ hơn mức v_{2y} thì hộp số sẽ chuyển từ số 3 về số 2. Nếu với mức độ đạp ga đó đủ để vận tốc giảm quá mức v_{1y} thì hộp số sẽ chuyển từ số 2 về số 1 và giữ ở số này.

Tương tự như vậy ở các mức mở bướm ga khác nhau sẽ có thời điểm giảm số khác nhau.



Hình 2. Sơ đồ thuật toán điều khiển giảm số

3. ĐỀ XUẤT BỘ ĐIỀU KHIỂN CHUYỂN SỐ

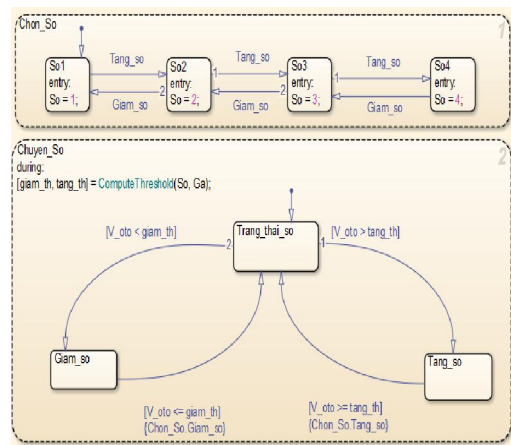
Mô hình bộ điều khiển chuyển số được xây dựng trong môi trường Stateflow của Matlab dựa trên mô phỏng hộp số có bốn cấp số tiến.

Mô hình bộ điều khiển được xây dựng thành 2 phần, một phần thể hiện vị trí các số: số 1, số 2, số 3, số 4 và một phần khác thể hiện điều kiện chuyển số. Mức độ mở bướm ga được đưa vào để nội suy ra thời điểm chuyển số (thời điểm vận tốc dài của ô tô vượt quá ngưỡng).

Mô hình bộ điều khiển chuyển số trong hộp số tự động được xây dựng như Hình 3 [1].

Các mô hình động cơ nhiệt, mô hình hộp số, biến mô, hệ thống truyền lực, mô hình ô tô ... được kế thừa từ Matlab [5].

Bài báo kết hợp mô hình bộ điều khiển hộp số tự động vào các mô hình trên để có một hệ thống hoàn chỉnh, từ đó tiến hành khảo sát để đánh giá hoạt động của bộ điều khiển chuyển số trong hộp số tự động.



Hình 3. Mô phỏng bộ điều khiển chuyển số bằng Matlab - Stateflow

Mô hình mô phỏng toàn bộ hệ thống như sơ đồ trên Hình 4.

Bản đồ các điểm sang số được thể hiện như trên Hình 5 [5]. Thời điểm chuyển số phụ thuộc vào mức độ mở bướm ga và vận tốc của ô tô. Khi tăng tốc, nếu mức độ mở bướm ga càng lớn thì thời điểm chuyển số càng muộn (vận tốc của ô tô càng cao). Ví dụ, thời điểm chuyển từ số 1 lên số 2 được thực hiện ở các điểm:

Nếu độ mở bướm ga ở mức 25% thì sẽ chuyển từ số 1 lên số 2 khi ô tô đạt vận tốc 10 km/h;

Nếu độ mở bướm ga ở mức 50% thì sẽ chuyển từ số 1 lên số 2 khi ô tô đạt vận tốc 20 km/h;

Nếu độ mở bướm ga ở mức 90% thì sẽ chuyển từ số 1 lên số 2 khi ô tô đạt vận tốc 40 km/h;

Thời điểm chuyển số từ số 2 về số 1 được thực hiện tại các điểm:

Nếu độ mở bướm ga ở mức 90% thì sẽ chuyển từ số 2 về số 1 khi ô tô giảm vận tốc xuống dưới mức 30 km/h;

Nếu độ mở bướm ga ở mức 50% thì sẽ chuyển từ số 2 về số 1 khi ô tô giảm vận tốc xuống dưới mức 5 km/h;

Trường hợp mức độ mở bướm ga khác các giá trị trên thì thời điểm chuyển số được nội suy theo bản đồ chuyển số như trên hình 5.

Thời điểm chuyển từ số 2 lên số 3, số 3 lên số 4 và ngược lại được thực hiện theo quy luật tương tự, được thể hiện trên bản đồ chuyển số.

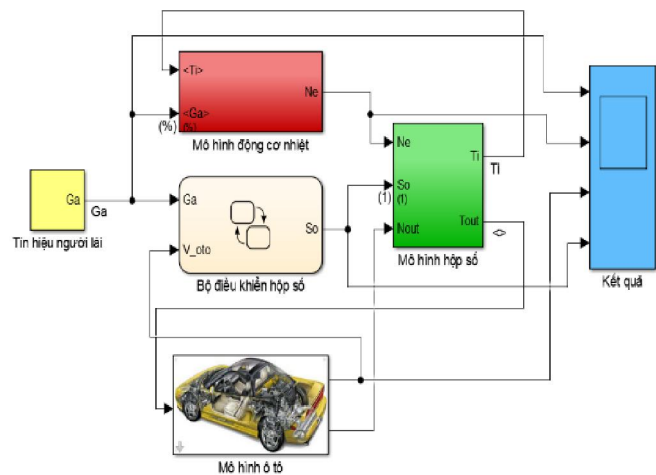
Tiến hành mô phỏng hoạt động của bộ điều khiển chuyển số trong hộp số tự động dựa trên thuật toán chuyển số đã đề xuất với xe khảo sát có các thông số như sau.

Bảng 1. Thông số của xe khảo sát

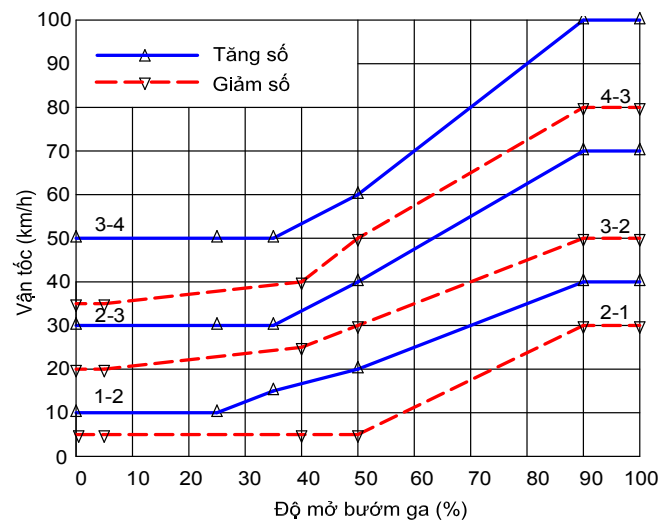
TT	Thông số	Giá trị
1	Kích thước tổng thể xe (mm)	3,595 x 1,595 x 1,490
2	Chiều dài cơ sở (mm)	2385
3	Bánh xe	175/50 R15
4	Khối lượng toàn bộ khi đầy tải (kg)	1340

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Thực hiện mô phỏng với tín hiệu độ mở bướm ga được giả lập bằng tín hiệu từ khối “signal builder” trong Matlab, vận tốc của ô tô tại thời điểm bắt đầu mô phỏng ($t = 0$ giây) bằng 0 km/h.



Hình 4. Mô phỏng toàn bộ hệ thống



Hình 5. Bản đồ thể hiện các điểm chuyển số

4.1. Trường hợp độ mở bướm ga được giữ ở mức không đổi

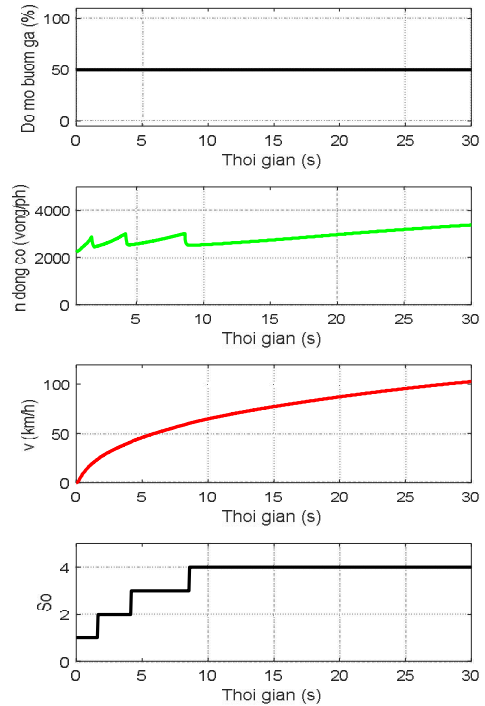
Thực hiện mô phỏng trường hợp: độ mở bướm ga không đổi ở mức 50% ngay từ thời điểm bắt đầu mô phỏng ($t = 0$ giây). Kết quả mô phỏng như các đồ thị trên Hình 6.

Kết quả mô phỏng cho thấy, sau khoảng 1,6 giây, vận tốc của ô tô đạt đến ngưỡng 20 km/h, bộ điều khiển thực hiện chuyển số từ số 1 lên số 2.

Hộp số duy trì ở số 2 đến thời điểm 4,2 giây. Khi đó vận tốc của ô tô đạt đến ngưỡng 40 km/h, bộ điều khiển thực hiện chuyển số từ số 2 lên số 3.

Hộp số duy trì ở số 3 đến thời điểm 8,6 giây. Khi đó vận tốc của ô tô đạt đến ngưỡng 60 km/h, bộ điều khiển thực hiện chuyển số từ số 3 lên số 4.

Sau đó hộp số duy trì ở số 4, tốc độ của động cơ tiếp tục tăng dần theo mức độ mở bướm ga nên vận tốc của ô tô tiếp tục tăng dần.



Hình 6. Kết quả mô phỏng trường hợp độ mở bướm ga không đổi ở mức 50%

4.2. Trường hợp độ mở bướm ga tăng

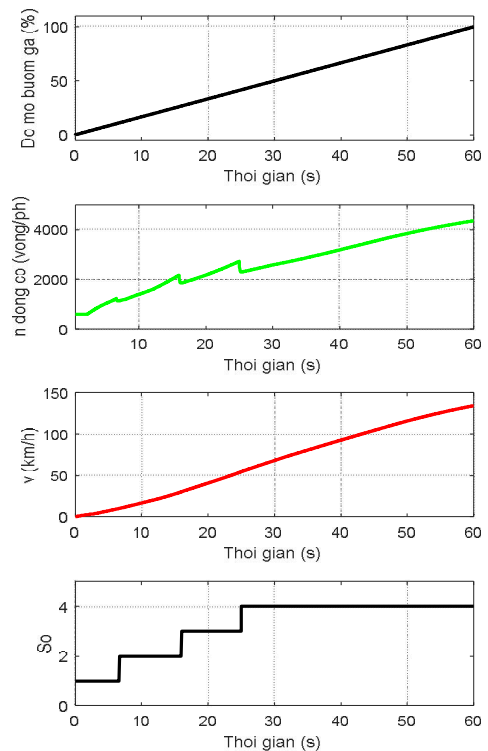
Thực hiện mô phỏng trường hợp độ mở bướm ga tăng tuyến tính từ mức 0% ở thời điểm $t = 0$ giây (bắt đầu mô phỏng) đến mức 100% ở thời điểm $t = 60$ giây. Kết quả mô phỏng như trên Hình 7.

Kết quả mô phỏng cho thấy: Ban đầu hộp số vận hành ở số 1, vận tốc của ô tô tăng dần. Đến thời điểm 6,6 giây, vận tốc ô tô đạt đến ngưỡng 10,1 km/h, bộ điều khiển thực hiện chuyển từ số 1 lên số 2.

Hộp số tiếp tục duy trì ở số 2 đến thời điểm 16,0 giây. Khi đó vận tốc của ô tô vượt quá ngưỡng 30,3 km/h, bộ điều khiển thực hiện chuyển số từ số 2 lên số 3.

Hộp số tiếp tục duy trì ở số 3 đến thời điểm 25,0 giây. Khi đó vận tốc của ô tô vượt quá ngưỡng 54,6 km/h, bộ điều khiển thực hiện chuyển số từ số 3 lên số 4.

Sau đó hộp số duy trì ở số 4, tốc độ của động cơ tiếp tục tăng dần theo mức độ mở bướm ga nên vận tốc của ô tô tiếp tục tăng dần.



Hình 7. Kết quả mô phỏng trường hợp độ mở bướm ga tăng từ 0% đến 100%

4.3. Trường hợp độ mở bướm ga giảm

Trường hợp người lái giảm ga, hệ thống sẽ điều khiển hộp số giảm số dần theo mức độ giảm dần của vận tốc ô tô.

Thực hiện mô phỏng trường hợp: Độ mở bướm ga ở mức 50% giảm đột ngột về mức 0% ở thời điểm 20 giây (chọn thời điểm 20 giây để hộp số hoàn thành toàn bộ chu trình tăng số, và đang vận hành ở số 4). Trước thời điểm 20 giây, hộp số tăng số bình thường theo độ

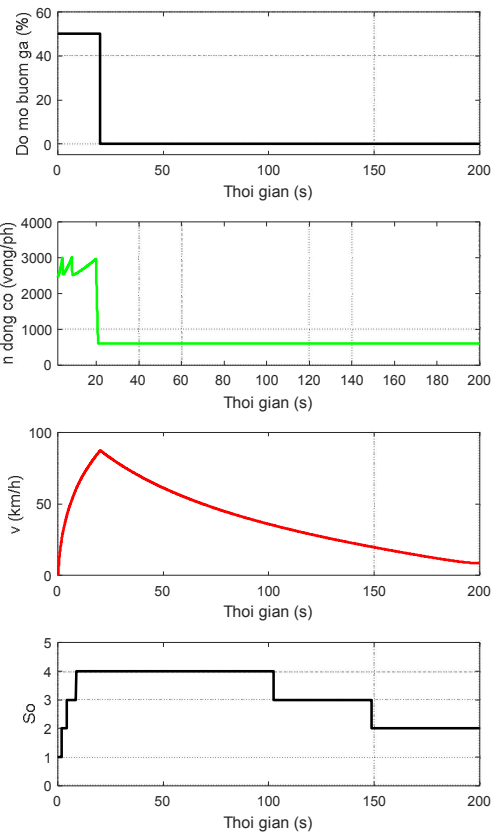
mở bướm ga ở mức 50%. (đã phân tích ở mục 4.1). Kết quả mô phỏng như trên Hình 8.

Tại thời điểm giảm ga, tốc độ động cơ giảm khiến vận tốc của ô tô giảm dần. Tuy nhiên hộp số vẫn duy trì ở số 4.

Đến thời điểm 102,4 giây, vận tốc của ô tô giảm quá ngưỡng 35 km/h, hộp số thực hiện giảm số từ số 4 về số 3.

Vận tốc của ô tô tiếp tục giảm, hộp số vẫn tiếp tục duy trì ở số 3 đến đến thời điểm 148,9 giây, vận tốc của ô tô giảm thấp hơn ngưỡng 20 km/h, hộp số thực hiện giảm số từ số 3 về số 2.

Vận tốc của ô tô tiếp tục giảm, hộp số vẫn tiếp tục duy trì ở số 2 đến đến thời điểm vận tốc của ô tô giảm quá ngưỡng 5 km/h, hộp số thực hiện giảm số từ số 2 về số 1 và tiếp tục duy trì ở số này.



Hình 8. Kết quả mô phỏng trường hợp độ mở bướm giảm từ mức 50% về mức 0%

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất được một thuật toán điều khiển chuyển số trong hộp số tự động dựa trên thông tin về độ mở bướm ga và vận tốc dài của ô tô.

Tác giả đã xây dựng được mô hình bộ điều khiển chuyển số trong hộp số tự động bằng phần mềm Matlab – Simulink dựa trên thuật toán điều khiển nêu trên. Đồng thời kết hợp, kế thừa các nghiên cứu về mô hình mô phỏng chuyển động của ô tô, kế thừa mô hình mô phỏng hộp số hành tinh và biến mô ... để có được một hệ thống hoàn thiện nhằm nghiên cứu, khảo sát hoạt động của bộ điều khiển chuyển số. Các kết quả mô phỏng cho thấy quy luật chuyển số (tăng số và giảm số) phù hợp với hoạt động của hộp số tự động.

Các kết quả nghiên cứu mới chỉ là bước đầu về thuật toán điều khiển và bộ điều khiển hộp số tự động kiểu có các cấp số cố định, tuy nhiên kết quả nghiên cứu là cơ sở để đề xuất một thuật toán điều khiển hộp số tự động có nhiều cấp số hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Trọng Tuệ, 2018, “Nghiên cứu xây dựng bộ điều khiển hộp số tự động trên ô tô”, luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Giao thông vận tải.
- [2]. Nguyễn Anh Tuấn, 2006, “Xác định thời điểm sang số tối ưu của hệ thống truyền lực thủy cơ trên xe xích quân sự”, luận án tiến sỹ, Học viện kỹ thuật Quân Sự.
- [3]. Chu Thành Khải (2015), *Nghiên cứu động học và động lực học hộp số tự động - Mô phỏng hoạt động của hộp số*, luận văn thạc sỹ, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP Hồ Chí Minh.
- [4]. Phạm Việt Thành (2009), *Nghiên cứu quá trình chuyển số trong hộp số tự động của xe ô tô du lịch*, Luận văn thạc sỹ khoa học, Trường ĐH Bách Khoa Hà Nội.
- [5]. Matlab Help, https://www.mathworks.com/support.html?s_cid=pl_support truy cập ngày 15/3/2017.