

THÔNG TIN VỀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Tên luận án: Nghiên cứu nâng cao hiệu quả thu hồi năng lượng của hệ thống phanh tái sinh trên ô tô.

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ khí

Mã số ngành: 9520103

Họ & tên NCS: Dương Tuấn Tùng

Khóa 2014-2017

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS-TS. Đỗ Văn Dũng

Người hướng dẫn khoa học 2: PGS-TS. Nguyễn Trường Thịnh

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh

1. Tóm tắt nội dung luận án

Thu hồi năng lượng khi phanh là một hướng nghiên cứu cứu mới trong lĩnh vực ô tô trên thế giới cũng như trong nước. Các hướng nghiên cứu về vấn đề này thường gắn liền với đối tượng nghiên cứu áp dụng trên các dòng xe điện, xe lai điện và xe sử dụng động cơ đốt trong truyền thống. Một trong những mục tiêu chính của hướng nghiên cứu này là thu hồi nguồn năng lượng còn bị lãng phí trong hệ thống phanh để tái sử dụng lại nhằm giải quyết bài toán năng lượng trên ô tô. Bên cạnh đó, đối với các xe sử dụng động cơ đốt trong thì ngoài việc giải quyết bài toán năng lượng hướng nghiên cứu này còn góp phần vào việc nghiên cứu giảm khí thải ô nhiễm môi trường do các phương tiện này gây nên. Luận án tiến sĩ này đã đi tính toán, thiết kế và thử nghiệm một hệ thống thu hồi năng lượng khi phanh được lắp thêm lên xe ô tô có kiểu hệ thống truyền lực truyền thống. Dựa trên mô hình tính toán đó, thuật toán điều khiển phân phối lực phanh tái sinh PSO được xây dựng nhằm tối ưu hóa năng lượng thu hồi và đảm bảo tính ổn định khi phanh. Ngoài ra, các chu trình lái xe tiêu chuẩn cũng được đưa vào trong các mô hình nghiên cứu mô phỏng và thực nghiệm để từ đó tìm ra quy luật phân bố năng lượng thu hồi trong quá trình xe phanh hoặc giảm tốc. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng xe được trang bị thêm hệ thống thu hồi năng lượng khi phanh có thể được cải thiện từ 10,49% đến 24,44% về suất tiêu hao nhiên liệu tùy thuộc vào từng chu trình thử nghiệm.

Luận án được trình bày trong 5 chương bao gồm 112 trang (không kể phần tài liệu tham khảo và phụ lục). Trong đó, chương 1 trình bày tổng quan các vấn đề nghiên cứu về hệ thống thu hồi năng lượng khi phanh và đề xuất hướng nghiên cứu cũng như mô hình nghiên cứu. Chương 2 nghiên cứu sinh đã tính toán xây dựng được mô hình toán của hệ thống thể hiện mối quan hệ của các thông số đầu vào như: hệ số khối lượng quay; vận tốc xe tại thời điểm giảm tốc; các thông số của bộ thu hồi năng lượng với năng lượng thu

hồi được trong quá trình xe phanh hoặc giảm tốc được thể hiện thông qua cường độ dòng điện, điện áp của máy phát phát ra mỗi khi quá trình phanh xảy ra. Ngoài ra, trong chương này cũng trình bày về việc xây dựng mô hình mô phỏng dựa trên các phương trình toán đã xây dựng được. Từ cơ sở đó đi xây dựng bộ điều khiển PID để điều khiển mô hình hệ thống phanh tái sinh theo các chu trình lái xe tiêu chuẩn.

Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả thu hồi năng lượng và vấn đề ổn định khi phanh đó là chiến lược điều khiển phân phối lực phanh tái sinh và lực phanh cơ khí sẽ được nghiên cứu và phân tích trong chương 3. Bài toán điều khiển phân phối lực phanh tái sinh là bài toán tối ưu đa mục tiêu. Trong chương này, nghiên cứu sinh đã phân tích và so sánh các thuật toán điều khiển phân phối lực phanh tái sinh đảm bảo cân bằng giữa hai tiêu chí đó là năng lượng thu hồi được lớn nhất mà vẫn thỏa mãn các điều kiện đảm bảo an toàn và ổn định khi phanh. Do đó, việc sử dụng thuật toán PSO trong tối ưu hóa điều khiển phân phối lực phanh trong chương này đóng vai trò hết sức quan trọng vào việc nâng cao hiệu quả phanh tái sinh của hệ thống.

Để đánh giá hiệu quả của hệ thống thu hồi năng lượng khi phanh, một mô hình thí nghiệm đã được thiết kế và tính toán trong chương 4. Mô hình thực nghiệm được thực hiện ở cả hai giai đoạn: thử nghiệm trên xe để tính toán năng lượng thu hồi được ở các dải vận tốc bắt đầu phanh khác nhau và trên băng thử (mô hình bán thực nghiệm) để thử nghiệm theo các chu trình lái xe tiêu chuẩn. Từ các kết quả thực nghiệm thu được, đường cong xu hướng của sự phân phối năng lượng theo vận tốc xe được xây dựng bằng phương pháp nội suy để từ đó thấy được vùng phân bố năng lượng thu hồi được của xe trong quá trình phanh hoặc giảm tốc.

2. Tính mới của luận án

Đây là vấn đề nghiên cứu mới trong lĩnh vực ô tô, trong nước chưa có nhiều công trình nghiên cứu về vấn đề này. Do đó các tài liệu tham khảo đều được tác giả lựa chọn và tìm hiểu thông qua các công trình công bố của nước ngoài. Dựa trên sự phân tích các nghiên cứu trước, nghiên cứu sinh đã lựa chọn và đề xuất mô hình nghiên cứu theo hướng khắc phục các hạn chế của nghiên cứu trước từ đó tính toán, xây dựng mô hình toán và các thông số của bộ thu hồi năng lượng khi phanh, xây dựng thuật toán điều khiển hệ thống dựa trên các yêu cầu về thu hồi tối đa năng lượng quán tính của xe mà vẫn đảm bảo được sự ổn định khi phanh. Thực nghiệm thu thập số liệu để xây dựng phương trình năng lượng thu hồi dựa trên các thông số đầu vào khi xe vận hành trên đường.

Thông qua các nội dung nghiên cứu, tính mới của luận án được tổng hợp và thể hiện trong từng chương của luận án với các điểm nổi bật như sau:

- Đã xây dựng được mô hình toán của hệ thống thu hồi năng lượng khi phanh. Đồng thời xây dựng được mô hình mô phỏng số các thông số của bộ thu hồi năng lượng, sự ảnh hưởng giữa vận tốc đầu quá trình phanh, thời gian phanh, phương pháp phân phối lực phanh tới năng lượng thu hồi được.

- Đã nghiên cứu về sự phân phối lực phanh đối với xe có sử dụng hệ thống phanh tái sinh. Đồng thời đã sử dụng thuật toán tối ưu hóa PSO để điều khiển phân phối lực phanh nhằm đảm bảo nâng cao được hiệu quả thu hồi năng lượng đồng thời vẫn giữ ổn định khi phanh.

- Tỷ lệ tiêu hao nhiên liệu của xe có trang bị thêm hệ thống thu hồi năng lượng khi phanh sau khi tính toán tối ưu có thể được cải thiện từ 10,49% đến 24,44% tùy thuộc vào từng chu trình thử nghiệm.

- Đã tính toán, thiết kế được bộ thu hồi năng lượng cho mô hình thực nghiệm nhằm đánh giá hiệu quả của hệ thống.

- Đã thực hiện thành công các thí nghiệm trên xe cũng như trên băng thử để tính toán năng lượng thu hồi được khi trang bị thêm hệ thống thu hồi năng lượng.

- Xây dựng được đường đặc tính xu hướng phân phối năng lượng thu hồi khi phanh theo vận tốc xe trong quá trình phanh hoặc giảm tốc.

- Các kết quả nghiên cứu của luận án được thể hiện thông qua các công trình đã được tác giả công bố trên các tạp chí khoa học và các hội nghị khoa học trong và ngoài nước. Theo đó, có 9 công trình liên quan đã được công bố (1 bài báo tạp chí quốc tế; 2 bài báo tạp chí trong nước; 4 bài báo hội nghị quốc tế và 2 bài báo hội nghị trong nước).

Ngoài ra, những kết quả nghiên cứu của luận án cũng góp phần làm tăng nguồn tài liệu tham khảo cho các nghiên cứu và ứng dụng hệ thống phanh tái sinh trên ô tô. Giúp giảm tiêu hao nhiên liệu và khí phát thải ảnh hưởng xấu tới môi trường do các ô tô sử dụng nhiên liệu truyền thống gây nên.

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 15 tháng 06 năm 2020

Nghiên cứu sinh

Dương Tuấn Tùng

INFORMATION OF RESEARCH RESULT

Thesis name: Research on improving the energy recovery efficiency of the regenerative brake system in automobile

Major: Mechanical Engineering

Major code: 9520103

PhD candidate: Duong Tuan Tung

Course: 2014-2017

Scientific Supervisor No.1: Assoc. Prof. Dr. Do Van Dung

Scientific Supervisor No.2: Assoc. Prof. Dr. Nguyen Truong Think

Facility: Ho Chi Minh City University of Technology and Education

1. Thesis summary

The brake energy regeneration is a new direction in doing researches of the automotive industry domestically and globally. These researches usually use the electric vehicle, hybrid vehicle and internal combustion engine vehicle as the main subject to go deep. One of the main objects of this study is to recover the wasted energy in the braking system for reusing which will solve the energy problem on automobiles in general. Besides, this study does not only deal with the energy problems but also the pollution that internal combustion engine vehicles produce during their working process. This Doctoral thesis has already calculated, designed and run experiments on a regenerative braking system when the brake was installed on a vehicle having a traditional powertrain system. Based on the mathematic model, PSO, the control algorithm distributing regenerative braking energy, was built in order to maximize the regenerative energy efficiency and stabilize the vehicle during the braking phase. More than that, the standard driving cycles were also put into the model simulations and real-world experiments which were to find out the laws of regenerative energy distribution in the braking or deceleration phase. The results pointed out clearly that the vehicles equipped with the regenerative braking system were capable of increasing the fuel consumption efficiency from 10.49% to 24.44% based on the cycles applied.

This thesis is divided into 5 chapters including 112 pages (exclude the preferences and appendix). Chapter 1 showed a general perspective on the regenerative braking system study and a proposal on researching direction and model. Chapter 2 has done the calculations and constructions of the system's mathematic model which clearly pointed out the relationship between these input data: rotating mass coefficient; vehicle deceleration velocity; energy regenerative system parameters in term of current intensity (A) and voltage (V) of the alternator whenever the brake pedal is pressed. From that

fundament, the PID control module is built to optimize the regenerative braking system based on standard driving cycles.

One of the most important aspects directly affecting the energy restoration efficiency and vehicle stability while braking is the strategic control method on distributing mechanical braking force along with the regenerative one which will be discussed further in chapter 3. The regenerative energy distribution is a multi-objectives efficiency problem. The researcher has analyzed and compared the control algorithm to ensure the two following objects are met: the regenerative energy is maximized while the safety and stability conditions while braking are maintained. Therefore, using the PSO algorithm in optimizing the control method for braking force distribution played a vital role in enhancing the system efficiency.

To evaluate the efficiency of the system while braking, an experimental model was designed and calculated in chapter 4. An empirical model was used in the two following stages: run an experiment to calculate the regenerative energy in various velocity ranges when starting the braking process and on the dynamometer (semi-empirical model) to meet with the standard driving cycles. From the experiment results, the tendency curve of energy distribution based on vehicle velocity was established by the interpolation method in order to clarify the energy distributing area of the vehicle when deceleration or braking happened.

2. Thesis novelty

This is a new field in the automotive industry as there have not been many studies about it yet. Therefore, the author has searched and carefully chosen the international reference materials. After analyzing the previous studies, author has selected and proposed a research model which will fulfill the limitation of those previous studies. From that point, mathematic models and regenerative braking system statistics will be built. Furthermore, the system control algorithm based on optimizing the regenerative energy from the vehicle inertia while keeping the stability when braking was established. Practical experiment was held to collect necessary input data to establish an energy recovery equation for vehicle driven on the real conditions.

Going through all the contents, the novelty of this thesis is summarized and listed below:

- Succeeded in completing the mathematic model of the regenerative braking system.

- Succeeded in modeling an actual conditions simulation based on the regenerative braking system statistics, the simultaneous relationship between velocity when the brakes are first applied, braking time, force distribution strategy to the actual recovered energy.
- Succeeded in researching braking force distribution for the vehicle equipped with regenerative braking system along with applying PSO optimizing algorithm to gain efficient control to enhance energy recovery efficiency while maintain vehicle stability when braking.
- Fuel consumption can be improved by 10.49% to 24.44% based on each driving cycles if the vehicle is equipped with the regenerative braking system.
- Succeeded in calculating and designing the real model to evaluate the system efficiency.
- Succeeded in carrying out on-vehicle experiments along with the dynamometer to calculate the energy recovered when the generative braking system is equipped.
- Succeeded in modeling the tendency curve of the energy recovered when braking proportional to the vehicle velocity based on deceleration or braking.
- The research results of the thesis are expressed through papers published in scientific journals and conferences. Accordingly, 9 related papers have been published (1 international journal; 2 domestic journals; 4 international conference and 2 domestic conference).

Besides, the thesis result is also helpful for future studies on the regenerative braking field as it fulfills the material archives. Furthermore, the outcome reduces the polluted exhaust gases from the fossil fuel used on conventional vehicle, put an effort in saving the environment.

Ho Chi Minh City, June 15, 2020

PhD candidate

(Sign and name)

Duong Tuan Tung