

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BỘ SIÊU NÉN KHÔNG KHÍ NẠP ĐẾN NỒNG ĐỘ KHÍ THẢI CỦA ĐỘNG CƠ PHUN XĂNG

Phạm Văn Kiên, Lê Hữu Sơn, Đỗ Kim Hoàng, Đoàn Thanh Sơn,  
Phạm Hữu Nghĩa, Phạm Minh Nghĩa

Trường Đại học Văn Lang

## Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 28/10/2022

Ngày phân biệt: 29/10/2022

Ngày duyệt đăng: 05/11/2022

## Title:

Study of the effect of the supercharger on the emission concentration of gasoline injection engine

## Từ khóa:

Bộ siêu nén, nồng độ khí thải, động cơ phun xăng, tốc độ động cơ, tốc độ motor.

## Keywords:

supercharger, emission concentration, gasoline injection engine, engine speed, motor speed.

## ABSTRACT

The study focuses on experimental research on the operation of a gasoline injection engine combined with an electric supercharger. In which, the effect of the supercharger on the emission concentration of the engine was considered. 1NZ-FE gasoline injection engine with the supercharger was used for the experiment. Parameters of CO and HC emission concentration were collected to analyze and evaluate the effect of the supercharger. The experimental results showed that when the engine operated with the support of the supercharger, the CO and HC emission concentration were significantly reduced. During the operation of the engine, at the supercharger's motor speed mode of 1000, 1500 and 2000 (rpm), the average CO concentration decreased by 8.7%, 16.6% and 24.8% and the average HC concentration decreased by 11.9%, 20.5% and 29.4% as comparing to the case of engine without the supercharger support.

## TÓM TẮT

Nội dung bài báo tập trung vào nghiên cứu thực nghiệm vận hành động cơ phun xăng kết hợp bộ siêu nén không khí nạp (bộ siêu nén) chạy bằng điện. Trong đó, ảnh hưởng của bộ siêu nén đến nồng độ khí thải của động cơ được xem xét. Động cơ phun xăng 1NZ-FE có lắp đặt thêm bộ siêu nén được sử dụng cho thực nghiệm. Thông số nồng độ khí thải CO và HC được thu thập nhằm phân tích và đánh giá mức độ ảnh hưởng của bộ siêu nén. Kết quả thực nghiệm cho thấy khi động cơ hoạt động có hỗ trợ của bộ siêu nén thì nồng độ khí thải CO và HC giảm đáng kể. Trong quá trình hoạt động của động cơ, ở chế độ tốc độ motor bộ siêu nén là 1000, 1500 và 2000 (vòng/phút) thì nồng độ CO giảm trung bình 8,7%, 16,6% và 24,8% và nồng độ HC giảm trung bình 11,9%, 20,5% và 29,4% so với trường hợp không có sự hỗ trợ của bộ siêu nén.

## 1. Đặt vấn đề

Ngày nay, các nguồn nhiên liệu truyền thống sử dụng cho động cơ đốt trong như xăng và dầu diesel ngày càng khan hiếm. Rất nhiều giải pháp khoa học kỹ thuật được nghiên cứu và ứng dụng các loại nhiên liệu thay thế như NG, PNG, Hydrogen. Ngày nay, các nguồn nhiên liệu truyền thống sử dụng cho động cơ đốt trong như xăng và dầu diesel ngày càng khan hiếm. Rất nhiều giải pháp khoa học kỹ thuật được nghiên cứu nhằm ứng dụng các loại nhiên liệu thay thế như NG,

PNG và Hydrogen. Vì thế, giải pháp cải tiến kỹ thuật cho động cơ đốt trong nhằm nâng cao hiệu quả về công suất động cơ và tiết kiệm nhiên liệu sẽ mang tính khoa học và thực tiễn cao. Bên cạnh đó, vấn đề giảm ô nhiễm môi trường do khí thải ra từ động cơ ô tô đã và đang là một trong những vấn đề cấp thiết hiện nay. Trong những thập kỷ qua, nhiều đổi mới và cải tiến đã được thực hiện trong lĩnh vực ô tô như: phun xăng điện tử [1] để tăng công suất và giảm lượng khí thải gây ô nhiễm, giảm kích thước động cơ [2], kết

hợp ứng dụng bộ siêu nén để tăng khả năng tiết kiệm nhiên liệu và mô men xoắn của xe ở vòng tua máy thấp nhằm duy trì mức công suất phù hợp [3 – 6]. Ngày nay, các giải pháp kỹ thuật đã nêu tiếp tục được nghiên cứu, cải tiến và ứng dụng thực tế cho xe ô tô để đạt được hiệu quả công suất động cơ và giảm phát thải ô nhiễm môi trường. Verhelst và cộng sự (2009) đã nghiên cứu ảnh hưởng của bộ siêu nén (được dẫn động bằng động cơ) đến công suất và nồng độ khí thải của động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu Hydrogen. Kết quả cho thấy công suất động cơ tăng đáng kể và giảm thiểu được nồng độ khí xả  $\text{NO}_x$  [7]. Pipitone và cộng sự (2017) đã nghiên cứu động cơ đánh lửa cưỡng bức sử dụng nhiên liệu NG và LPG có kết hợp bộ siêu nén được dẫn động bằng động cơ. Bộ siêu nén giúp tăng công suất và hiệu quả vận hành của động cơ, trong đó, động cơ đạt công suất lớn nhất với tỉ số nén cao nhất của bộ siêu nén là 1,6 bar còn hiệu suất động cơ cao nhất ở mức tỉ số nén là 1,2 bar [8]. Stefano và Emiliano (2019) đã nghiên cứu về hiệu suất vận hành của động cơ phun xăng điện tử có trang bị bộ siêu nén được dẫn động bằng động cơ với kết quả cho thấy hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu được cải thiện và giảm nồng độ khí thải gây ô nhiễm môi trường như CO và HC [9]. An (2012) đã thực nghiệm lắp đặt bộ siêu nén chạy bằng điện giúp cho động cơ cải thiện được công suất và có thể đạt tốc độ cao nhất trong 0,7 giây [10]. Wang và cộng sự (2016) đã nghiên cứu về công nghệ ứng dụng bộ siêu nén chạy bằng điện cho động cơ diesel với kết quả cho thấy bộ siêu nén có thể cải thiện hiệu quả về lượng khí nạp ở giai đoạn đầu lúc bắt đầu tăng tốc khi so sánh với động cơ sử dụng turbo tăng áp [11]. Pierre và cộng sự (2020) đã nghiên cứu thực nghiệm đánh giá hiệu quả của bộ siêu nén chạy bằng điện với kết quả cho thấy động cơ đạt mô men xoắn cao ngay cả khi hoạt động tại tốc độ thấp. Điều này cũng đã khắc phục được nhược điểm về độ trễ của turbo tăng áp [12]. Bisane và Kale (2021) đã thực nghiệm vận hành động cơ diesel có hỗ trợ bởi sự kết hợp của turbo tăng áp, bộ siêu nén chạy bằng dây đai và bộ siêu nén chạy bằng điện. Sự kết hợp này đã cải thiện được hiệu suất nhiệt tới 0,41% và 0,78% tương ứng với chế độ tải trung bình và toàn tải. Trong khi đó, nồng độ

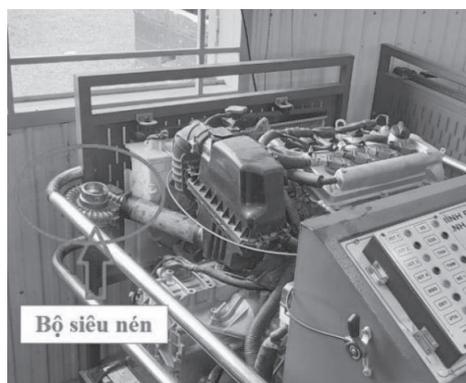
các chất khí thải CO, HC, and  $\text{NO}_x$  giảm tương ứng 0,38; 0,73 và 0,53% [13]. Huang và cộng sự (2022) đã nghiên cứu ảnh hưởng của bộ siêu nén chạy bằng điện đến hiệu quả vận hành và nồng độ các chất khí thải của động cơ phun xăng trực tiếp với kết quả thực nghiệm cho thấy bộ siêu nén giúp cải thiện được đáng kể công suất động học của động cơ tại tốc độ thấp và giảm đáng kể nồng độ khí thải  $\text{NO}_x$  [14].

Như trình bày, các kết quả nghiên cứu cho thấy bộ siêu nén giúp tăng công suất động cơ và giảm đáng kể nồng độ khí thải độc hại gây ô nhiễm môi trường. Trong khi đó, công suất động cơ và vấn đề khí thải là hai thông số quan trọng mà các nhà nghiên cứu, chế tạo luôn quan tâm nhằm cải tiến và nâng cấp động cơ. Nếu bộ siêu nén không khí nạp được lắp đặt và ứng dụng đúng công nghệ kỹ thuật sẽ là một cải tiến hiệu quả trong lĩnh vực ô tô. Nghiên cứu này tập trung vào thực nghiệm vận hành động cơ phun xăng 1 NZ-FE kết hợp bộ siêu nén chạy bằng điện. Trong đó, nồng độ khí thải CO và HC được thu thập để so sánh và đánh giá hiệu quả của động cơ khi có hỗ trợ và khi không có hỗ trợ của bộ siêu nén không khí nạp.

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Mô hình động cơ 1NZ – FE có lắp đặt bộ siêu nén chạy bằng điện được sử dụng để thực nghiệm vận hành nhằm thu thập giá trị nồng độ các chất khí thải như CO và HC. Trong đó, thông số kỹ thuật của động cơ 1NZ – FE được trình bày trong bảng 1. Bộ siêu nén chạy bằng điện được sử dụng trong thực nghiệm như trong hình 1.

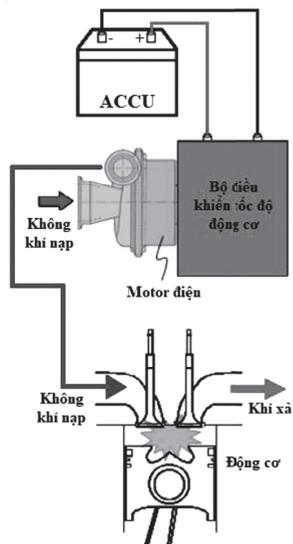


Hình 1. Bộ siêu nén chạy bằng điện

**Bảng 1. Thông số kỹ thuật của động cơ 1NZ – FE**

Số xi lanh và cách bố trí	4 xi lanh, thẳng hàng
Cơ cấu xu páp	16 van, DOHC
Dung tích làm việc của xi lanh (cm <sup>3</sup> )	1497
Đường kính x hành trình của piton (mm)	75,0 x 84,7 (2,95 x 3,33)
Tỷ số nén	10,5:1
Công suất phát tối đa SAE-NET {kW/rpm (HP/rpm)}	80/6000
Mô men xoắn tối đa SAE-NET {N.m/rpm (ft.lbf/rpm)}	141/4200 (105/4200)
Nhiên liệu	Xăng A91 – không chì
Dầu bôi trơn	API Sm, SL, hay ILSAC

Nguyên lý hoạt động tổng quát được thể hiện như trong hình 2.

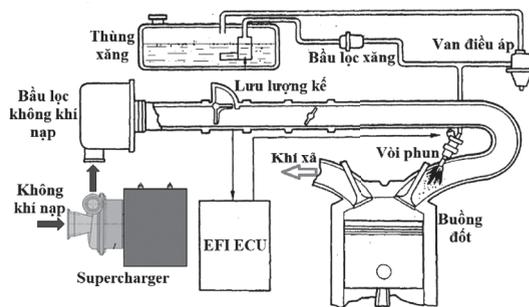


**Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của bộ siêu nén**

Khi được cấp điện áp, motor điện sẽ quay theo các chế độ của bộ điều khiển tốc độ làm quay trục cánh quạt và cánh quạt quay sẽ hút không khí nạp vào đường hút. Không khí nạp sẽ được nén ở áp suất cao đi vào đường hút trước bướm ga của cổ góp hút để cấp cho

buồng đốt động cơ. Bộ siêu nén vận hành với thông số kỹ thuật cụ thể như: điện áp hoạt động định mức cho bộ điều khiển tốc độ motor là 10 – 50 VDC, dòng điện định mức là 60A, tần số điều khiển là 15 kHz, công suất motor 600W, dải tốc độ quạt từ 1000 đến 3000 (vòng/phút).

Sơ đồ nguyên lý hoạt động của động cơ phun xăng 1NZ-FE kết hợp bộ siêu nén được trình bày như trong hình 3.



**Hình 3. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của động cơ phun xăng 1NZ-FE kết hợp bộ siêu nén**

Sau khi lắp đặt hoàn chỉnh bộ siêu nén trên động cơ 1NZ-FE theo như sơ đồ nguyên lý hoạt động hình 3, sản phẩm đạt được như trong hình 4. Sản phẩm được vận hành thử nghiệm và hiệu chỉnh để đạt được yêu cầu kỹ thuật và tính ổn định vận hành.



**Hình 4. Mô hình động cơ phun xăng 1NZ-FE kết hợp bộ siêu nén**

## 2.2. Phương pháp thực nghiệm

Động cơ được vận hành thực nghiệm với hai chế độ: 1) động cơ vận hành không có sự hỗ trợ của bộ siêu nén; 2) động cơ vận hành có sự hỗ trợ của bộ siêu nén.

Tốc độ động cơ được hiệu chỉnh đạt các giá trị vận hành 800, 950, 1100, 1250, 1400, 1550 và 1700 (vòng/phút). Tốc độ motor bộ siêu nén được hiệu chỉnh đạt các giá trị 1000, 1500 và 2000 (vòng/phút).

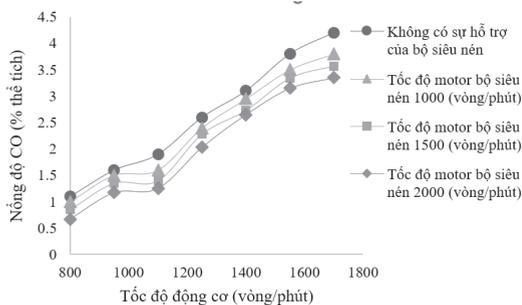
Ở mỗi chế độ hoạt động sẽ thực hiện việc đo kiểm nồng độ các chất khí thải bao gồm CO và HC nhằm phân tích, so sánh và đánh giá hiệu quả vận hành của động cơ về mặt nồng độ các chất khí thải.

Máy đo khí thải ô tô cầm tay AUTO4-1 được sử dụng để đo và thu thập số liệu nồng độ khí thải của động cơ. Trong đó, dải giá trị đo nồng độ CO là 0 – 10 (% thể tích) với độ chính xác  $\pm 0,06$  (% thể tích). Dải giá trị đo nồng độ HC là 0 – 3000 (ppm) với độ chính xác  $\pm 5$  (ppm).

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Ảnh hưởng của bộ siêu nén đến nồng độ khí thải CO

Sự thay đổi về giá trị nồng độ khí CO sản sinh trong quá trình vận hành động cơ đốt trong được thể hiện như trong hình 5. Trong đó, giá trị nồng độ CO ở tất cả các chế độ đều nằm trong giới hạn lớn nhất cho phép của các chất gây ô nhiễm trong khí thải động cơ đốt trong.



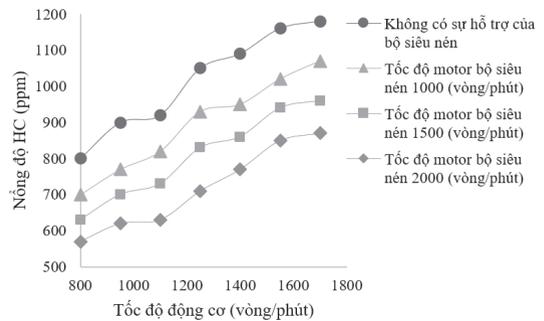
**Hình 5. Giá trị nồng độ khí CO sản sinh trong quá trình động cơ hoạt động**

Như trong hình 5, bộ siêu nén ảnh hưởng rõ rệt đến tỉ lệ hòa khí – nhiên liệu. Bộ siêu nén giúp tăng áp suất và lưu lượng không khí nạp giúp quá trình cháy hiệu quả và sạch hơn so với động cơ không có hỗ trợ của bộ siêu nén. Điều này giúp nồng độ CO giảm đáng kể và khi tăng tốc độ motor bộ siêu nén thì nồng độ CO giảm càng nhiều. Trong trường hợp tăng tốc độ động cơ, tức tăng tải thì lượng nhiên liệu cung cấp cho buồng đốt tăng nên nồng độ các chất khí thải cũng tăng theo. Cụ thể, tại tốc độ động cơ 800 (vòng/ phút) nồng độ CO là 1,1 (% thể tích) khi không có sự hỗ

trợ của bộ siêu nén, trong khi đó, nồng độ CO giảm còn 1,0; 0,85 và 0,67 (% thể tích) tương ứng với chế độ tốc độ motor bộ siêu nén là 1000, 1500 và 2000 (vòng/ phút). Tại tốc độ động cơ 1700 (vòng/ phút) nồng độ CO là 4,2 (% thể tích) khi không có sự hỗ trợ của bộ siêu nén, và nồng độ CO giảm còn 3,8; 3,57 và 3,35 (% thể tích) tương ứng với chế độ tốc độ motor bộ siêu nén là 1000, 1500 và 2000 (vòng/ phút). Khi xét tổng thể trong quá trình hoạt động của động cơ, ở chế độ tốc độ motor bộ siêu nén là 1000, 1500 và 2000 (vòng/ phút) thì nồng độ CO giảm trung bình 8,7%; 16,6% và 24,8% so với trường hợp không có sự hỗ trợ của bộ siêu nén.

#### 3.2. Ảnh hưởng của bộ siêu nén đến nồng độ khí thải HC

Sự thay đổi về giá trị nồng độ khí HC sản sinh trong quá trình vận hành động cơ đốt trong được thể hiện như trong hình 6. Trong đó, giá trị nồng độ HC ở tất cả các chế độ đều nằm trong giới hạn lớn nhất cho phép của các chất gây ô nhiễm trong khí thải động cơ đốt trong.



**Hình 6. Giá trị nồng độ khí HC sản sinh trong quá trình động cơ hoạt động**

Như trong hình 6, giá trị nồng độ HC phụ thuộc vào cả hai thông số vận hành là tốc độ động cơ và tốc độ motor bộ siêu nén. Trong đó, khi tăng tốc độ động cơ sẽ tăng nồng độ HC trong khí xả vì lượng nhiên liệu cung cấp cho quá trình cháy của động cơ sẽ tăng khi tăng tải động cơ. Khi tăng tốc độ motor bộ siêu nén giúp cho áp suất nén và lưu lượng khí nạp tăng sẽ giúp quá trình cháy hiệu quả và sạch hơn nên nồng độ HC trong khí xả giảm đáng kể. Cụ thể, tại tốc độ động cơ 800 (vòng/ phút) nồng độ HC là 800 (ppm) khi không có sự hỗ trợ của bộ siêu nén, trong khi đó, nồng độ HC giảm còn 700, 630 và 570 (ppm) tương ứng với chế độ tốc độ motor bộ

siêu nén là 1000, 1500 và 2000 (vòng/ phút). Tại tốc độ động cơ 1700 (vòng/ phút) nồng độ HC là 1180 (ppm) khi không có sự hỗ trợ của bộ siêu nén, và nồng độ HC giảm còn 1070, 960 và 870 (ppm) tương ứng với chế độ tốc độ motor bộ siêu nén là 1000, 1500 và 2000 (vòng/ phút). Khi xét tổng thể trong quá trình hoạt động của động cơ, ở chế độ tốc độ motor bộ siêu nén là 1000, 1500 và 2000 (vòng/ phút) thì nồng độ HC giảm trung bình 11,9%; 20,5% và 29,4% so với trường hợp không có sự hỗ trợ của bộ siêu nén.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá được ảnh hưởng của bộ siêu nén đến nồng độ khí thải của động cơ phun xăng. Nồng độ khí thải CO và HC trong quá trình hoạt động của động cơ giảm đáng kể khi có sự hỗ trợ của bộ siêu nén. Mức độ giảm nồng độ CO và HC tăng khi tăng hai thông số tốc độ động cơ và tốc độ motor bộ siêu nén. Với sự hỗ trợ của bộ siêu nén giúp giảm nồng độ CO và HC lên tới 24,8% và 29,4%. Đây là mức giảm đáng kể lượng khí thải độc hại ô nhiễm môi trường. Bên cạnh đó, kết quả cũng cho thấy hiệu quả nạp khí tốt giúp cho quá trình cháy của động cơ hiệu quả và sạch hơn giúp tiết kiệm được nhiên liệu trong quá trình hoạt động. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này không xét đến các thông số công suất động cơ và tiêu hao nhiên liệu của động cơ. Hai thông số này có thể được xem xét ở các nghiên cứu sau này.

#### Tài liệu tham khảo

- Matthias, N., Wallner, T., Scarcelli, R., Analysis of Cyclic Variability and the Effect of Dilute Combustion in a Gasoline Direct Injection Engine, SAE Int. J. Engines, vol. 7 (2), pp. 633-641, 2014.
- José Guilherme Coelho Baêta, Michael Pontoppidan, Thiago R.V. Silva, Exploring the limits of a downsized ethanol direct injection spark ignited engine in different configurations in order to replace high displacement gasoline engines, Energy Convers. Manag., vol. 105, pp. 858-871, 2015.
- Millo, F., Perazzo, A., Pautasso, E., Optimizing the calibration of a turbocharged GDI engine through numerical simulation and direct optimization, SAE Int. J. Engines, vol. 3(1), pp. 556-570, 2010.
- Lecointe, B. and Monnier, G., Downsizing a Gasoline Engine Using Turbocharging with Direct Injection. SAE Tech. Pap., pp. 2003-01-0542, 12 pages, 2003. doi:10.4271/2003-01-0542.
- D'Ambrosio S., Spessa E., Vassallo A., Ferrera M., Experimental Investigation of Fuel Consumption, Exhaust Emissions and Heat Release of a Small-Displacement Turbocharged CNG Engine, SAE Tech. Pap., pp. 2006-01-0049, 5 pages, 2006. doi:10.4271/2006-01-0049.
- Lake T., Stokes J., Murphy R., Osborne R., Turbocharging Concepts for Downsized DI Gasoline Engines. SAE Tech. Pap., pp. 2004-01-0036, 8 pages, 2004. doi: 10.4271/2004-01-0036
- Verhelst S., Maesschalck P., Rombaut N., Sierens R., Increasing the power output of hydrogen internal combustion engines by means of supercharging and exhaust gas recirculation. Int. J. Hydrog. Energy., vol. 34, pp. 4406-4412, 2009.
- Pipitone E., Beccari S., Genchi G., Supercharging the Double-Fueled Spark Ignition Engine: Performance and Efficiency, J. Eng. Gas Turbines Power, vol. 139(10), pp. 115- 125, 2017.
- Stefano Beccari, Emiliano Pipitone, Performance and Combustion Analysis of a Supercharged Double-Fuel Spark Ignition Engine, in Proc. 74th ATI national congress: Energy Conversion: Research, Innovation and Development for Industry and Territories (AIP Conference), Modena, Italia, 2019, vol. 2191, pp. 020017.
- An B., Development of two-stage turbogcharger system with eletrig supergharger, in Proc. FIFITA World Automotive Cong., Springer Sgienge & Business Media, Berlin, Germany, 2012, pp 147-155.
- Zhibin Wang, Qian Cheng, Jianyong Li, Lingli Zhang, The Research on Supercharger for the Diesel Engines, in Proc. 4th International Conference on Machinery, Materials and Computing

- Technology (ICMMCT 2016), Hangzhou, China, 2016, pp. 173-176.
12. Pierre Podevin, Christelle Périlhon, Michael Deligant, Plamen Punov, Adrian Clenci and Guillaume De La Bourdonnaye, Efficiency of automotive electric supercharging compressors, in Proc. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, International Scientific Conference on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies (BulTrans-2020), Sozopol, Bulgaria, 10th-13rd September 2020, vol. 1002(1), pp. 012032.
  13. Bisane Rajesh, Kale Rajesh, Effect of Tri-Charged Boosting on Single Cylinder Four Stroke Diesel Engine at Different Compression Ratio, *Nat. Volatiles & Essent. Oils*, vol. 8(4), pp. 3222-3239, 2021.
  14. Zhaoming Huang, Jianping Li, Kai Shen, Li Wang, Hao Pan, Weiguo Chen and Jinyuan Pan, Comprehensive effects on performance and emission of GDI gasoline engine with electric supercharger and EGR, *Int. J. Automot. Technol.*, Vol. 23(3), pp. 867-873, 2022.