

การสร้างเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลในระดับห้องปฏิบัติการ

Construction of Performance Tester for Fuel Injector of Laboratory Diesel Engine

กรยุทธ ตะพานน้ำ¹, สายชล สิทธิพงศ์²

¹วิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, komyuth@northcm.ac.th

²เทคโนโลยียานยนต์, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, Saichon @northcm.ac.th

บทคัดย่อ

การสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดดีเซลจำนวน 1 เครื่องเพื่อใช้งานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดดีเซลที่สามารถฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกเป็นฝอยละอองได้ และสามารถใช้ตรวจสอบสภาพการทำงานของหัวฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลรุ่นต่างๆได้ ในงานวิจัยได้ทดสอบหาค่าความดันหัวฉีดตามค่าสมรรถนะมาตรฐานของความดันหัวฉีดในค่าเต้ารถยนต์ หัวฉีดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบคือหัวฉีดเชื้อเพลิงของรถยนต์นิสสันแบบเดี่ยวรุ่น SD22 และรถยนต์อู่ซูหัวฉีดแบบรูจูน 4JA1 ซึ่งมีค่ามาตรฐานที่ 120 บาร์ 2) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดเชื้อเพลิงดีเซลประชากรและกลุ่มตัวอย่างเป็นช่างผู้เชี่ยวชาญจากสถานประกอบการรวมทั้งสิ้น 10 คนโดยเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบบันทึกข้อมูล และแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าร้อยละ

ผลการทดลองพบว่า เครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดดีเซลของ หัวฉีดเชื้อเพลิงในรถยนต์นิสสันแบบเดี่ยวรุ่น SD22 และหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบรูจูนของรถยนต์อู่ซูรุ่น 4JA1 โดยใช้ปั๊มเชื้อเพลิง VE ในการทดลองหาค่าความดันมาตรฐานของหัวฉีดเชื้อเพลิงรุ่น SD22 ของรถยนต์นิสสันและหัวฉีดที่นำมาทดลองเป็นหัวฉีดแบบเดี่ยวโดยได้ค่าความต่างของความดันหัวฉีดสูงสุดไม่เกิน 5 บาร์และหัวฉีดเชื้อเพลิงในรถยนต์อู่ซู รุ่น 4JA1 นำมาทดลองเป็นหัวฉีดแบบรูโดยมีค่าความต่างของความดันหัวฉีดสูงสุดไม่เกิน 4 บาร์ ค่าความดันที่ได้ของหัวฉีดทั้งสองแบบอยู่ในค่ามาตรฐานที่ใช้งานได้เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดจากค่าเต้ารถยนต์ สำหรับด้านคุณภาพของเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดเชื้อเพลิงดีเซล ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ระดับมาก (3.86) และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องทดสอบพบว่ามีความพึงพอใจโดยภาพรวมในระดับมากที่สุด (4.54)

คำหลัก: ระบบปั๊มและหัวฉีดน้ำมันดีเซล เต้ารถยนต์ดีเซล สมรรถนะหัวฉีด

Abstract

The construction of a diesel injector tester for use with the objectives of 1) creating a diesel injector tester that can spray fuel into mist and can be used to check the working conditions of various diesel engine fuel injectors. In this research, the injector pressure value was tested according to the standard performance value of the injector pressure in the data. [3] The fuel injectors used in the test were Nissan SD22 nozzle injectors and Isuzu 4JA1 hole injector injectors, which have a standard value of 120 bar. 2) studying the satisfaction of users of the diesel fuel injector performance tester. The population and sample were expert technicians and establishments, a total of 10 people, by purposive selection. The research instruments were data recording and questionnaires. The statistics used in the research were mean, standard deviation, and percentage.

The experimental results found that when testing the diesel injector tester of the fuel injector of Nissan car model SD22 pin type and the fuel injector of Isuzu car model 4JA1 hole type using the VE pump to test the standard pressure value of the fuel injector of Nissan car model SD22 and the injector used in the experiment was a pin type injector with the highest difference in injector pressure not exceeding 5 bar and the fuel injector of Isuzu car model 4JA1 was a hole type injector with the highest difference in injector pressure not exceeding 4 bar. The pressure value of both types of injectors is within the standard value that can be used when compared to the standard value specified from the car data. For the quality of the diesel fuel injector performance tester, the overall average value is at a high level (3.86) and the evaluation of the satisfaction of the users with the tester found that they were satisfied with the overall level at the highest level (4.54).

Keywords: Diesel pump and injector system, Diesel Auto-Data, Injector performance

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเครื่องยนต์ดีเซลมีพัฒนาการไปอย่างมากทั้งในด้านการประหยัดน้ำมันการลดมลภาวะจากการพัฒนาระบบการทำงานของปั๊มหัวฉีดเชื้อเพลิงให้มีแรงดันที่สูงกว่าปั๊มหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบเก่า ซึ่งปั๊มหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใหม่ที่ควบคุมการทำงานด้วยอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งปัจจุบันสามารถสร้างแรงดันได้สูงถึง 1,800 บาร์ สร้างแรงดันได้สูงกว่าปั๊มหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบเก่าราว 4 เท่าตัวรวมถึงมีการพัฒนาหัวฉีดเชื้อเพลิง ให้มีความสามารถในการทำงานได้รวดเร็วฉับไวมากขึ้น เมื่อทดสอบการทำงานร่วมกันระหว่างปั๊มหัวฉีดเชื้อเพลิงแรงดันสูงทำงานร่วมกับ

หัวฉีดเชื้อเพลิงประสิทธิภาพสูงพบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงจากหัวฉีดแบบใหม่จะเป็นฝอยละอองได้ละเอียดกว่าระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบเก่า ในปัจจุบันรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลจะมีตัวปั๊มและหัวฉีดเชื้อเพลิงเป็นตัวควบคุมการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ทั้งในอัตราความเร่งและอัตราความเร็ว รถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลรุ่นใหม่พัฒนาเพิ่มขึ้นโดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบไฟฟ้าเป็นตัวปิดเปิด ช่วยให้ประหยัดน้ำมันและให้กำลังงานเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อใช้ไปนานๆ เครื่องยนต์และหัวฉีดจะเกิดการสึกกร่อนอุดตันและหมดสภาพเร็วกว่าปกติ และการตรวจสอบสภาพหัวฉีดที่ผ่านการใช้งาน หรือซ่อมหัวฉีดที่ชำรุดมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ต้องอาศัยชุดเครื่องมือตรวจสอบเฉพาะตลอดจนช่างที่ทำงานในระบบนี้ต้องใช้เวลาในการตรวจสอบที่นานกว่าจะตัดสินใจซื้อชุดหัวฉีดใหม่ซึ่งมีราคาที่สูง จากรายงานวิจัยของ วัลลภ มากมี พบว่ารถยนต์ที่ประสบปัญหาหัวฉีดอุดตันเครื่องยนต์จะกระตุกมีเขม่าควันดำมากและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากผิดปกติจึงเกิดแนวคิดในการสร้างเครื่องล้างหัวฉีดเพื่อให้หัวฉีดกลับมาใช้งานได้ดังเดิมด้วยเทคนิค Ultrasonic Clamp Vibrate Homogenizer ทำให้ของชิ้นเหนียวหรือของแข็งที่อุดตันในท่อและปลายเข็มหัวฉีดถูกทำลายทำให้โมเลกุลแตกกระจายหลุดออกไปเป็นการแก้ปัญหาหัวฉีดอุดตันในรูปแบบหนึ่ง

จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดแนวคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้การสร้างเครื่องตรวจสอบหัวฉีดเชื้อเพลิงเพื่อใช้งานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นต้นแบบ สำหรับผู้ประกอบการนำไปประยุกต์สร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดเชื้อเพลิงดีเซลเพื่อลดระยะเวลา แรงงานและลดต้นทุนในการซ่อมบำรุง และสามารถใช้กับหัวฉีดดีเซลรุ่นต่าง ๆ เครื่องทดสอบหัวฉีดดีเซลที่ผู้วิจัยทำสร้างขึ้นนี้ มีขั้นตอนการทำงาน และการทดลอง โดยการสร้างเครื่องทดสอบแรงดันหัวฉีดดีเซลโดยใช้ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แบบVE เป็นตัวสร้างแรงดันโดยใช้แรงขับจากมอเตอร์ทำให้ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงจ่ายน้ำมันไปยังหัวฉีดโดยผ่านเกจวัดแรงดันเพื่ออ่านค่าแรงดันหัวฉีดนำค่าแรงดันที่ได้ไปเทียบกับค่าแรงดันตามค่าเต้าของรถยนต์รุ่นนั้นๆ โดยหัวฉีดดีเซลมาทำการทดลองกับเครื่องทดสอบมีดังนี้ 1 หัวฉีดเชื้อเพลิงของรถยนต์นิสสันแบบเต็ยรุ่น SD22 และ 2 หัวฉีดเชื้อเพลิงของรถฮิซุซุรุ่น 4JA1 หัวฉีดแบบรู ซึ่งมีค่ามาตรฐานที่ 120 bar

วัตถุประสงค์

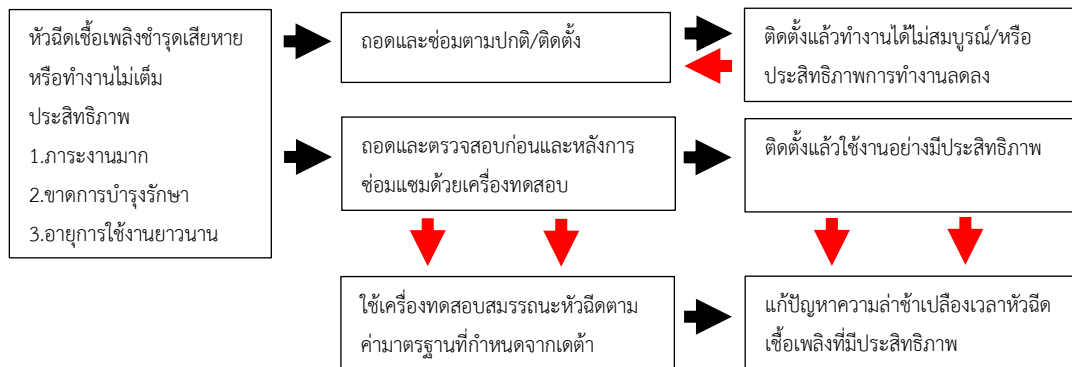
1. เพื่อสร้างเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดเชื้อเพลิง เพื่อทดสอบกับหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบเต็ยของรถยนต์นิสสันรุ่น SD22 และหัวฉีดของรถยนต์ฮิซุซุรุ่น 4JA1 แบบรูโดยใช้ปั๊ม VE ของเครื่องยนต์นิสสันในการสร้างความดันหัวฉีด
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดเชื้อเพลิงดีเซล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้าต่าง ๆ ของรถยนต์เพื่อทดสอบตรวจสอบสภาพหัวฉีดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลที่สึกกร่อนจากการทำงาน

กรอบแนวคิด

การวิจัยในครั้งนี้ผู้สร้างเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้าของรถยนต์เพื่อทดสอบตรวจสอบสภาพหัวฉีดที่สึกกร่อนจากการทำงานมีแนวคิดและกรอบการวิจัย ดังนี้



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยสร้างเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารถยนต์

ในการสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดดีเซล มีกรอบแนวคิดเพื่อสร้างเครื่องทดสอบหัวฉีดเชื้อเพลิงดีเซลที่สามารถใช้งานได้จริงตามสถานประกอบการขนาดเล็ก ช่วยในการประหยัดเวลาในการทดสอบสมรรถนะรถยนต์หลังซ่อมแซมหัวฉีดและยังสามารถใช้ทดสอบหัวฉีดดีเซลรุ่นต่าง ๆ สำหรับการออกแบบสร้างผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ดังนี้

1. หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลทำงานโดยอาศัยการจุดระเบิดด้วยการอัดอากาศในกระบอกสูบ อากาศจะถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลง โดยมีอัตราส่วนการอัด 22:1 ทำให้อุณหภูมิ ของอากาศสูงขึ้นถึง 538°C (1000°F) เมื่อสิ้นสุดจังหวะอัด น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบ ด้วยแรงดันที่สูงกว่า 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หลังจากนั้นอากาศร้อนภายในกระบอกสูบที่ถูกอัดจนร้อนจะจุดระเบิดน้ำมันเชื้อเพลิงทำให้เกิดจังหวะกำลังตามมา ด้วยเหตุนี้เครื่องยนต์ดีเซลจึงต้องมีปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อสร้างแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิงให้สูงพอที่จะฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่มีแรงดันสูงมาก และน้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดออกไปจะต้องแตกเป็นละอองคลุกเคล้ากับอากาศได้อย่างพอเหมาะ

อุปกรณ์ภายในเครื่องยนต์ดีเซลประกอบด้วย แสดงไว้ในภาพ 2

- 1.1 ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel injection pump) ทำหน้าที่สร้างแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิงให้สูงเพื่อป้อนให้กับหัวฉีดหัวฉีดน้ำมัน (Injection nozzle) ทำหน้าที่ฉีดน้ำมันเข้าไปในกระบอกสูบ
- 1.2 ปั๊มน้ำดูดน้ำมันเชื้อเพลิง (Feed pump) ทำหน้าที่ดูดน้ำมันจากถังน้ำมัน
- 1.3 กรองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel filter) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำมันเชื้อเพลิง

1.4 ท่อส่งน้ำมันแรงดันสูง (High-pressure pipe)

1.5 ท่อน้ำมันไหลกลับ (return pipe)

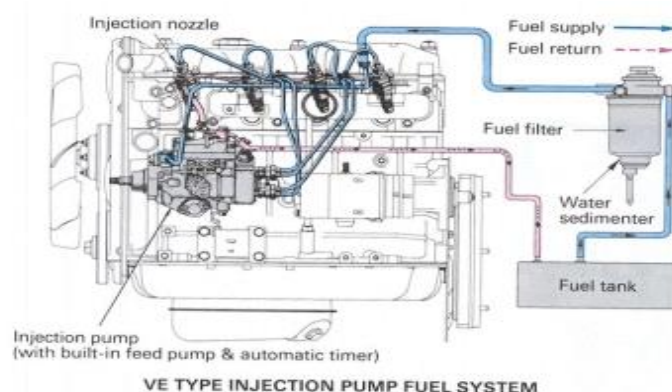
2. ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล

ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง มีหน้าที่ควบคุมการฉีดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านหัวฉีดเข้าสู่กระบอกสูบของแต่ละสูบของเครื่องยนต์ ตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ เปรียบเสมือนได้กับจังหวะการทำงานของจานจ่ายกับการเกิดประกายไฟที่หัวเทียนของเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งชนิดของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงประกอบไปด้วยปั๊มที่มีทั้งแบบควบคุมด้วยกลไก และแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ โดยทั่วไปนิยมใช้กันคือปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ควบคุมด้วยกลไก แบบแถวเรียง หรือ PE (in-line pump) ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ควบคุมด้วยกลไก แบบจานจ่าย หรือ VE (distributor pump) ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ควบคุมการทำงานด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบคอมมอนเรล (common rail pump)

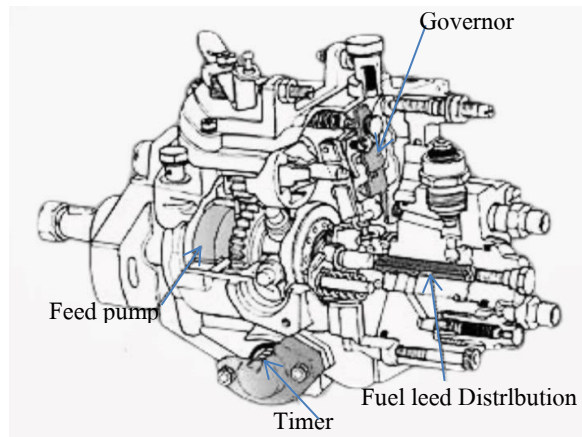
3. หลักการทำงาน ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมด้วยกลไกแบบจานจ่าย VE (distributor pump)

ในการทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้าต่างๆของรถยนต์ในระดับห้องปฏิบัติการสร้างเครื่องทดสอบความดันโดยใช้ปั๊มอัดแรงดันฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ควบคุมด้วยกลไก แบบจานจ่าย หรือ VE (distributor pump) เป็นปั๊มที่มีชุดสร้างแรงดันน้ำมันเชื้อเพลิงแรงดันสูงเพื่อจ่ายให้แต่ละกระบอกสูบผ่านท่อแรงดันสูงเพียงชุดเดียวตามจังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ ประกอบด้วย กัฟเวอร์เนอร์ ไทเมอร์ และปั๊มดูดน้ำมัน โดยปั๊มมีคุณลักษณะเป็นปั๊มมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา สามารถทำงานที่ความเร็วสูงได้ดี อัตราเร่งไวง่ายในการปรับปริมาณการฉีดน้ำมันเพราะมีลูกปั๊มชุดเดียวหล่อลื่นตนเองด้วยน้ำมันดีเซล จึงไม่ต้องบำรุงรักษามาก ใช้กับ รถกระบะ รถพิคอัพ รถเก๋ง เป็นต้น มักใช้ในเครื่องยนต์ขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วยปั๊มดูดน้ำมัน (Feed pump) ทำหน้าที่ดูดน้ำมันจากถังน้ำมัน ทำงานโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในการปั้มน้ำมัน และมีตัวระบายความดันเพื่อไม่ให้ความดันน้ำมันสูงเกินไป อุปกรณ์ภายในปั๊มหัวฉีดน้ำมันดีเซลแบบ VE แสดงไว้ในภาพ

3



ภาพ 2 แสดงอุปกรณ์ที่ติดตั้งในเครื่องยนต์ดีเซล



ภาพ 3 แสดงอุปกรณ์ภายในปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมด้วยกลไกแบบจายแบบ VE

กลไกกัฟเวอร์เนอร์ (Governor) จะติดตั้งอยู่ด้านบนของปั๊มหัวฉีด ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายน้ำมันให้เหมาะสมกับความเร็วภาระของเครื่องยนต์ ควบคุมการจ่ายน้ำมันให้เครื่องยนต์ตั้งแต่รอบเดินเบาถึงรอบสูงสุดให้คงที่ ควบคุมความเร็วตามภาระของเครื่องยนต์ ควบคุมปั๊มจ่ายน้ำมันขณะเร่งไม่ให้อิเสียมคว้นดำควบคุมขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ให้ติดง่าย ไทเมอร์ (Timer) ไทเมอร์มีหน้าที่ควบคุมจังหวะการฉีดน้ำมันจะถูกติดตั้งในส่วนของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแรงดันต่ำ

หัวฉีดรถยนต์ หรือ Electronic Fuel Injection

เครื่องดีเซลมีการจ่ายเชื้อเพลิง 2 แบบ คือ

1. indirect injection แบบนี้หัวฉีดจะฉีดเชื้อเพลิงที่ห้องเผาไหม้ช่วย เป็นห้องเล็ก ๆ เมื่อถึงจังหวะ จุดระเบิดจะเกิดการระเบิดที่ห้องนี้ก่อน แล้วลามไปยังห้องเผาไหม้หลักบนหัวลูกสูบ บางครั้งก็เรียกว่า swirl chamber ระบบนี้จะมีเสียงไม่ดังมาก แต่สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกว่า
2. direct injection แบบนี้หัวฉีดจะจ่ายฉีดเชื้อเพลิงที่ห้องเผาไหม้หลักบนหัวลูกสูบโดยตรง ไม่มีห้องเผาไหม้ช่วย เสียงเครื่องจะดังกว่า แต่ประหยัดเชื้อเพลิง ส่วนระบบ commonrail คือ ใช้ปั๊มแรงดันสูงควบคุมด้วยไฟฟ้า ปั๊มน้ำมันดีเซลส่งไปยังรางหัวฉีดรวม ด้วยแรงดันที่สูงตั้งแต่ 150 MegaPascal ขึ้นไป แล้วไปรอไว้ที่หัวฉีด หัวฉีดจะควบคุมด้วยไฟฟ้า ทำให้ได้ละอองน้ำมันที่ละเอียด เผาไหม้ได้หมดจดเขมาน้อยกำลังสูงประหยัดน้ำมัน จึงสามารถลดขนาดความจุเครื่องลงได้ แต่มีกำลังสูงกว่าเครื่องยนต์ดีเซลรุ่นเก่า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสร้างเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเดต้าต่าง ๆ ของรถยนต์ มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

- 1.1 ศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบปั๊มและหัวฉีดดีเซลและข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบปั๊มและหัวฉีดดีเซล
- 1.2 ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบต้นแบบทำการทดลองให้ใช้งานได้ตามข้อกำหนด
- 1.3 สร้างแบบประเมินด้านคุณภาพประสิทธิภาพเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเดต้ารถยนต์
- 1.4 สร้างแบบประเมินด้านคุณภาพเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเดต้ารถยนต์เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามแบบของลิเคิร์ต ประเมินประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบ ด้านการสร้าง ด้านการใช้งาน ด้านความถูกต้องของข้อมูล และด้านการบำรุงรักษา
- 1.5 ตรวจสอบความถูกต้อง ของแบบประเมินด้านคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับการสร้าง เครื่องมือปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือตามคำแนะนำจนได้เครื่องมือประเมินด้านคุณภาพที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลต่อไป
- 1.6 กำหนดผู้เชี่ยวชาญและสถิติการใช้งานเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดเชื้อเพลิง สำหรับประเมินผลตามค่าเดต้ารถยนต์ ต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพทั้ง 5 ด้านเพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป
- 1.7 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเดต้ารถยนต์ ประกอบด้วยค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เทียบค่าเฉลี่ยที่ได้กับขั้นระดับคุณภาพดังนี้
ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง ระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์ที่กำหนดไว้คือค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ไม่น้อยกว่าระดับมาก (มากกว่า 3.50)

1.8 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- 1.8.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็น ช่วงที่ทำงานบริการและซ่อมเกี่ยวกับระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงรถยนต์ในจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 10 คน (10 สถาน ประกอบการ) โดยเลือกแบบเจาะจง

1.9 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert) ซึ่งมีระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย คณะผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือแบบสอบถามด้วยการสังเคราะห์และประยุกต์ใช้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ส่วนการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาความเที่ยงตรง (Validity) ด้วยการนำแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จำนวน 4 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม จากสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับคุณลักษณะตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ต้องการวัด และทำการทดสอบหาความเชื่อมั่น (Reliability) หรือความสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค ด้วยการนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งไม่ใช่ช่างซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ดีเซลกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาก่อนนำแบบสอบถามไปใช้งานจริง และในการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ใช้ค่าความสอดคล้อง IOC ของผู้เชี่ยวชาญจากการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัยซึ่ง IOC คือค่าดัชนีความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม หรือค่าสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (IOC : Index of item objective congruence) โดยนำชุดคำถามให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ 4 คนในการตรวจสอบนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อมั่น IOC ตามสูตรและคำนวณโดยใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้ ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5-1.00 มีความเที่ยงตรง “ใช้ได้” ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ต้องปรับปรุงแบบสอบถาม (สุรพงษ์ คงสัตย์ และ จีรชาติ ธรรมวง) ซึ่งในการทดสอบแบบสอบถามในโครงการ ค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถามทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 4 คน คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้โปรแกรม “ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล” ปรากฏว่าได้ค่าความสอดคล้องของชุดคำถามมีค่าเท่ากับ “0.85-1.00” แปลความว่าแบบสอบถามมีค่าความเที่ยงตรงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพได้

1.10 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่

กำหนดจากเตดาร์ถยนต์ แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอนดังนี้

1.10.1 ตอน1 แบบบันทึกผลการทดลองเครื่องทดสอบประสิทธิภาพสมรรถนะหัวฉีดตามค่า
เมื่อกำหนดค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตดาร์ถยนต์ จากการเปรียบเทียบค่าความดันหัวฉีด
กับค่ามาตรฐานที่ความเร็วรอบเตอร์ 362.5 รอบต่อนาที

1.10.2 ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นด้านความพึงพอใจด้านการประเมินคุณภาพ 5 ด้าน
ของเครื่องทดสอบ

1.10.3 ตอนที่ 3 แบบสอบถามความคิดเห็นด้านความพึงพอใจ 10 ด้าน ของเครื่องทดสอบ

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 เปิดระบบไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ปรับรอบมอเตอร์ให้เท่ากับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ติดตั้งในเครื่อง
ทดสอบหัวฉีดเชื้อเพลิงโดยการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟูล์เลย์ที่เหมาะสมจากการคำนวณ

2.2 เปิดตู้ประกอบหัวฉีดที่ใช้ในการทดลองหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบเดียวของรถยนต์นิสสันรุ่น SD22 และ
หัวฉีดเชื้อเพลิงแบบรูของรถยนต์ฮิอุซุรุ่น 4JA1แล้วขันให้แน่น

2.3 กดปั๊ม เพื่อปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ระบบปั๊มแรงดันสูง

2.4 เปิดสวิตช์เดินเครื่องยนต์ให้น้ำมันเข้าสู่หัวฉีดและสังเกตการณ์แรงดันน้ำมันจากเกจวัดแรงดัน

น้ำมันที่ติดตั้งไว้ที่หัวฉีดตำแหน่งความเร็วมอเตอร์มีความเร็วเท่ากับความเร็วรอบโดยเฉลี่ยของรถยนต์เท่ากับ 362.5 รอบต่อนาที

1.5 เมื่อทดสอบเสร็จสิ้นปิดสวิตช์และนำผลการทดสอบหัวฉีดที่ได้นำไปวิเคราะห์และแสดงผลในด้าน

คุณสมบัติด้านสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้าต่างๆเปรียบเทียบกับระหว่างหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบเดือย และหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบรูว่ามีคุณสมบัติใกล้เคียงกันหรือไม่ในแบบที่แตกต่าง



ภาพ 4 แสดงลักษณะของเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารถยนต์

2.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลด้านความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารถยนต์

2.6.1 นัดหมายกลุ่มตัวอย่างที่เป็นช่างที่ทำงานบริการและซ่อมเกี่ยวกับระบบเครื่องยนต์ดีเซลใน

เขตเทศบาลนครเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่จำนวน 10 คนโดยเลือกแบบเจาะจงดำเนินการสาธิตการใช้งานเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารถยนต์ให้กลุ่มตัวอย่างดูและทดลองใช้จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบใช้ด้วยตัวเองโดยให้กลุ่มทดสอบในหัวฉีดเชื้อเพลิงที่ปกติ และหัวฉีดที่เสื่อมสภาพเพื่อเปรียบเทียบระดับแรงดันหัวฉีดเพื่อนำไปวิเคราะห์สมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารถยนต์

2.6.2 ให้กลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจการใช้งานเครื่องทดสอบที่สมรรถนะหัวฉีดตามค่าที่กำหนดจากเต้ารถยนต์และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปดำเนินการวิเคราะห์ต่อไป

ผลการวิจัย

ตาราง 1 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารถยนต์ เมื่อทดสอบกับหัวฉีดแบบเดียวของรถยนต์นิสสันหัวฉีดเชื้อเพลิงรุ่น SD 22

ทดสอบครั้งที่	ข้อมูลทั่วไปและผลการประเมิน			
	ค่าความดันหัวฉีดตาม	ผลการทดลองค่า	ผลต่างความดัน	คุณภาพแรงดัน
	มาตรฐานเต้า	ความดันหัวฉีด	หัวฉีด	
1	103-110 บาร์	105 บาร์	5 บาร์	ยอมรับได้
2	103-110 บาร์	108 บาร์	2 บาร์	ดี
3	103-110 บาร์	108 บาร์	2 บาร์	ดี
4	103-110 บาร์	108 บาร์	2 บาร์	ดี
5	103-110 บาร์	108 บาร์	2 บาร์	ดี

จากตาราง 1 แสดงผลการทดสอบหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารถยนต์ เมื่อทดสอบกับหัวฉีดแบบเดียวของรถยนต์นิสสันหัวฉีดเชื้อเพลิงรุ่น SD 22 ที่ความเร็ว 362.5 รอบต่อนาที เมื่อค่าเต้าของรถยนต์นิสสันที่ใช้หัวฉีดเชื้อเพลิงรุ่น SD 22 กำหนดความดันหัวฉีดไว้ที่ 103-110 บาร์ การทดลองครั้งแรกได้ค่าผลต่างความดันหัวฉีด 5 บาร์ถือว่าหัวฉีดมีค่าความดันที่ยอมรับได้ ในการทดลองครั้งที่ 2-5 ค่าผลต่างความดันหัวฉีดมีค่าเท่ากัน คือ 2 บาร์อยู่ในระดับดีตามระดับตามค่ามาตรฐาน

ตาราง 2 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารถยนต์ เมื่อทดสอบกับหัวฉีดแบบเดียวของรถยนต์ฮิซุซุหัวฉีดเชื้อเพลิงรุ่น 4JA1

ทดสอบครั้งที่	ข้อมูลทั่วไปและผลการประเมิน			
	ค่าความดันหัวฉีดตาม	ผลการทดลองค่า	ผลต่างความดัน	คุณภาพแรงดัน
	มาตรฐานเต้า	ความดันหัวฉีด	หัวฉีด	
1	175-185 บาร์	181 บาร์	4 บาร์	ยอมรับได้
2	175-185 บาร์	182 บาร์	3 บาร์	ดี
3	175-185 บาร์	182 บาร์	3 บาร์	ดี
4	175-185 บาร์	182 บาร์	3 บาร์	ดี
5	175-185 บาร์	182 บาร์	3 บาร์	ดี

จากตาราง 2 แสดงผลการทดสอบหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารถยนต์ เมื่อทดสอบกับหัวฉีดแบบเดียวของรถยนต์ฮิซุซุ หัวฉีดเชื้อเพลิงรุ่น 4JA1 ที่ความเร็ว 362.5 รอบต่อนาที เมื่อค่าเต้าของรถยนต์ฮิซุซุที่ใช้หัวฉีดเชื้อเพลิงรุ่น 4JA1 กำหนดความดันหัวฉีดไว้ที่ 175-185 บาร์ การทดลองครั้งแรกได้ค่าผลต่างความดัน

หัวข้อที่ 4 บาร์ถือว่าหัวข้อมีความดันที่ยอมรับได้ ในการทดลองครั้งที่ 2-5 ค่าผลต่างความดันหัวข้อมีความดันเท่ากัน คือ 3 บาร์อยู่ในระดับดีตามระดับตามค่ามาตรฐาน

ตาราง 3 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวข้อตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารยนต์

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	μ	σ	แปลผล
1. ด้านการออกแบบ	3.88	0.69	มาก
2. ด้านการสร้าง	4.08	0.64	มาก
3. ด้านการใช้งาน	3.63	0.85	มาก
4. ด้านความถูกต้องของข้อมูล	3.92	0.76	มาก
5. ด้านการบำรุงรักษา	3.83	0.69	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.86	0.72	มาก

จากตาราง 3 ผลการประเมินคุณภาพของเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวข้อตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารยนต์ โดยภาพรวมพบว่าค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.86 มีคุณภาพอยู่ในระดับ มาก และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการออกแบบ ด้านการสร้าง ด้านการใช้งาน ด้านความถูกต้องของข้อมูล ด้านการบำรุงรักษา มีคุณภาพอยู่ในระดับ มาก เช่นกัน

ตาราง 4 ผลการประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวข้อตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเต้ารยนต์

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	μ	σ	แปลผล
1. การออกแบบถูกต้องเหมาะสมตามหลักการ	4.50	0.52	มากที่สุด
2. มีขนาดเหมาะสมสวยงามและทันสมัย	4.40	0.51	มาก
3. ใช้งานได้ง่ายสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.70	0.48	มากที่สุด
4. ใช้ทดสอบได้โดยตรงตามความต้องการ	4.50	0.52	มากที่สุด
5. อุปกรณ์ประกอบครบถ้วนใช้งานได้สะดวก	4.60	0.51	มากที่สุด
6. มีอุปกรณ์เกจวัดความดันติดตั้งอ่านค่าได้ง่าย	4.80	0.42	มากที่สุด
7. มีความปลอดภัยในการใช้งานสูง	4.20	0.63	มาก
8. สามารถซ่อมแซมได้ง่ายเมื่อเกิดปัญหา	4.50	0.52	มากที่สุด
9. ความเหมาะสมในการใช้งานจริง	4.60	0.51	มากที่สุด
10. ทำความสะอาดและบำรุงรักษาง่าย	4.60	0.51	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.54	0.51	มากที่สุด

จากตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตด้ารยยนต์ จากรายการประเมินทั้งหมด พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตด้ารยยนต์ โดยรวมค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.54 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 0.51 โดยรายการที่ได้คะแนนสูงสุด ได้แก่ มีอุปกรณ์เกจวัดความดันติดตั้งอ่านค่าได้ง่ายค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.80 รองลงมาคือ ใช้งานได้ง่ายสะดวกในการเคลื่อนย้าย ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.70 ส่วนลำดับที่ 3 มี 3 รายการค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.60 ได้แก่ อุปกรณ์ประกอบครบถ้วนใช้งานได้สะดวก ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง และทำความสะอาดและบำรุงรักษาง่าย และรายการที่มีคะแนนต่ำ ซึ่งระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมาก 2 รายการได้แก่ มีขนาดเหมาะสม สวยงามและทันสมัย ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 และรายการที่มีคะแนนต่ำที่สุดได้แก่ มีความปลอดภัยในการใช้งานสูงค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.20

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตด้ารยยนต์ โดยแบ่งการทดสอบเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 สร้างเครื่องและทดสอบแรงดันที่ตำแหน่งหัวฉีดเพื่อเทียบค่าเตด้ารยยนต์ ตอนที่ 2 ทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อคุณภาพเครื่องทดสอบ และตอนที่ 3 ความพึงพอใจสมรรถนะเครื่องทดสอบ มีกลุ่มเป้าหมายได้แก่กลุ่มช่างผู้เชี่ยวชาญ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. จากการทดสอบการใช้งานเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตด้ารยยนต์ เมื่อทดสอบความดันที่หัวฉีด พบว่าผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าเตด้ารยยนต์อยู่ในระดับ 3-4 บาร์ แปลความว่า อยู่ในระดับ ดี

2. จากผลการวิจัยพบว่าเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตด้ารยยนต์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และผ่านการประเมินด้านคุณภาพโดย ซึ่งค่าเฉลี่ยโดย รวมอยู่ที่ 3.86 มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการออกแบบค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.88 ด้านการสร้างมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.08 ส่วนด้านการใช้งานมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.63 ด้านความถูกต้องของข้อมูลมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.92 ด้านการบำรุงรักษามีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.83 แปลผลมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก

3. จากการประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องทดสอบ พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตด้ารยยนต์ โดยรวมค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.54 ซึ่งมีความ พึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และรายการที่ได้คะแนนสูงสุด ได้แก่ มีเกจวัดความดันติดตั้ง สามารถอ่านค่าความดันหัวฉีดได้ง่าย ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.80 รองลงมาคือ ใช้งานได้ง่าย สะดวกในการเคลื่อนย้าย ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.70 ส่วนลำดับที่ 3 มี 3 รายการค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.60 ได้แก่ อุปกรณ์ประกอบครบถ้วนใช้งานได้สะดวก ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง และทำความสะอาดและบำรุงรักษาง่าย และรายการที่มีคะแนนต่ำ ซึ่งระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมาก 2 รายการได้แก่ มีขนาดเหมาะสมสวยงาม และทันสมัย ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 ลำดับสุดท้ายคือ ความปลอดภัยในการใช้งานสูง ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.20

อภิปรายผล

1. จากการทดสอบเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตต้า เมื่อทดสอบหาค่าความดันหัวฉีดตามค่าสมรรถนะมาตรฐานของความดันหัวฉีดในค่าเตต้ารถยนต์ เมื่อใช้หัวฉีดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบคือหัวฉีดเชื้อเพลิงของรถยนต์นิสสันแบบเดียอรุ่น SD22 และรถยนต์อิซูซุหัวฉีดแบบบรูน 4JA1 ซึ่งมีค่ามาตรฐานที่ 120 บาร์ พบว่าผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าเตต้าอยู่ในระดับ 3-4 บาร์ แปลความว่าอยู่ในระดับ “ดี” เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ จีรศักดิ์ บุญครอง เมื่อทดสอบกับเครื่องทดสอบหัวฉีดดีเซลมาทำการทดลองกับหัวฉีด โตโยต้า หัวฉีด อิซูซุ หัวฉีด มิตซูบิชิ และหัวฉีด มาสด้า ซึ่งมีค่ามาตรฐานที่ 120 bar ปรากฏ ว่าผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าเตต้าโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ 2-3 บาร์ แปลความว่าอยู่ในระดับ “ดี” แสดงให้เห็นว่าเครื่องทดสอบหัวฉีดที่สร้างขึ้นมีความน่าเชื่อถือในระดับ “ดี” สามารถใช้งานจริงได้

2. การประเมินด้านคุณภาพของเครื่องทดสอบซึ่งค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 3.86 มีคุณภาพอยู่ในระดับ “มาก” เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ จีรศักดิ์ บุญครอง ในด้านคุณภาพของเครื่องทดสอบมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 3.82 มีคุณภาพอยู่ในระดับ “มาก” เมื่อเปรียบเทียบค่า แสดงว่า เครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐาน ที่กำหนดจากเตต้ารถยนต์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพเครื่องใกล้เคียงกับเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตต้าของ จีรศักดิ์ บุญครอง

3. การประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องทดสอบ พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตต้ารถยนต์ โดยรวมค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.54 ซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ “มากที่สุด” เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ จีรศักดิ์ บุญครอง ในด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องทดสอบ พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดตามค่ามาตรฐานที่กำหนดจากเตต้ารถยนต์ โดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 4.58 ซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ “มาก” จากการเปรียบเทียบเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดที่มีหลักการเดียวแต่ทดสอบกับหัวฉีดของรถยนต์ที่ต่างบริษัทกันแสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญ มีความเชื่อมั่นในเครื่องทดสอบสมรรถนะหัวฉีดที่สร้างขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงโครงสร้าง และรูปทรงให้ทันสมัย และใช้วัสดุที่มีความคงทน แข็งแรงและเหมาะสม เช่น ล้อควรเป็นล้อไฟเบอร์ หรือล้อยางที่สามารถเบรกการเคลื่อนที่ได้
2. มอเตอร์ต้นกำลังในการทำงานควรปรับปรุงให้สามารถปรับรอบความเร็วได้ สำหรับใช้ทดสอบความดันหัวฉีดในกรณีที่เป็นรอบเดินเครื่องเบา รอบปานกลาง รอบความเร็วสูงกรณีเร่งเครื่อง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความดันหัวฉีดที่เปลี่ยนไปตามรอบความเร็วของเครื่องยนต์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ปกรณ์ โรมา ที่ให้คำปรึกษาด้วยดีมาตลอด ตลอดจนให้กำลังใจส่งเสริมงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณทุนวิจัยจากโครงการ ENG Social Engagement สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนการนำเสนองานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เครื่องยนต์คอมมอนเรล. (2556, 21 สิงหาคม). ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบไดเรคอินเจคชั่นและระบบคอม

มอนเรล. <http://jackizuza.blogspot.com/>

จิรศักดิ์ บุญครอง. (2564, 15 กันยายน). เครื่องทดสอบหัวฉีดดีเซล *Nozzle diesel testing machine*.

<https://www.thailandinnovationportal.com/info/innovation/item/35977>

เทคนิคคาร์ตอคอม. (2556, 1 สิงหาคม). ปั๊มหัวฉีดในเครื่องยนต์ดีเซล. <https://www.technicar.com/>

[diesel-fuel-injector/#google_vignette](https://www.technicar.com/diesel-fuel-injector/#google_vignette)

วัลลภ มากมี. (2562, 20 ตุลาคม). เครื่องล้างหัวฉีดดีเซลคอมมอนเรล. ฐานข้อมูลและดัชนีด้านวิทยาศาสตร์

วิจัยและนวัตกรรมของประเทศ สำนักงานวิจัย

แห่งชาติ(วช.). https://explore.nrct.go.th/search_detail/result/7610

สนิท เสมิยมนันย์ . (2556). งานทดสอบปั๊มและหัวฉีดเครื่องยนต์ดีเซล. สำนักพิมพ์: ซีเอ็ดยูเคชั่น, บมจ,

กรุงเทพ, 12(2), 44-62.

สุรพงษ์ คงสัตย์, และธีรชาติ ธรรมวง. (2558, 25 พฤศจิกายน). การหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม

(IOC). บทความ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย. [https://www.mcu.ac.th/article](https://www.mcu.ac.th/article/detail/14329)

[/detail/14329](https://www.mcu.ac.th/article/detail/14329)