การวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลพิษในก๊าซไอเสียที่เกิดจากการขาดการบำรุงรักษาเครื่องยนต์

A COMPARISON ANALYSIS OF FUEL CONSUMPTION AND EXHAUSTED EMISSION DUE TO AN IMPROPERLY PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

เผชิญ จันทร์สา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: pachern.ja@spu.ac.th

อดุลย์ พัฒนภักดี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: adual.pa@spu.ac.th

วิทยา พันธุ์เจริญศิลป์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: vitthaya.ph@spu.ac.th

บทคัดย่อ

รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน จำเป็นต้องได้รับการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างราบรื่น ไม่เกิดปัญหาขัดข้องระหว่างการใช้งาน นอกจากนั้นการขาดการบำรุงรักษาที่ดียังจะส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าปกติและมีการปลดปล่อยมลพิษทางไอเสียมากขึ้น บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์กรณีศึกษาของการขาดการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน โดยจำลองสถานการณ์การขาดการบำรุงรักษาเป็น 3 กรณี ได้แก่ 1. การขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศ 2. การขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิด และ 3. การขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศและการขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดในเวลาเดียวกัน เปรียบเทียบกับกรณีที่เครื่องยนต์ได้รับการบำรุงรักษาที่ดีอย่างสม่ำเสมอ โดยแต่ละกรณีศึกษาได้มีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์จากกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ของรถยนต์ ผ่านอุปกรณ์ต่อเชื่อมข้อมูล (OBD-II) แบบไร้สาย และการตรวจวัดค่ามลพิษไอเสียจากเครื่องวัดของสถานตรวจสภาพเอกชน (ตรอ.) จากการเปรียบเทียบกับกรณีที่เครื่องยนต์มีการทำงานที่สมบูรณ์จากการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ พบว่าการขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศมีผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.67 การขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดมีผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.85 และ การขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศและการขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดในเวลาเดียวกันมีผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.52 สำหรับผลการวิเคราะห์มลพิษจากก๊าซไอเสียได้มีการวัดค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนน็อกไซด์ (CO) และไฮโดรคาร์บอน (HC) เปรียบเทียบกับกรณีที่เครื่องยนต์มีการทำงานที่สมบูรณ์จากการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ พบว่าการขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.21 และมีการปลดปล่อยไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.14 ppm การขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดมีการปลดปล่อยก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.08 และมีการปลดปล่อยไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 5.40 ppm และ การขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศและการขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดในเวลาเดียวกันมีผลให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.31 และการปลดปล่อยไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 17.75 ppm ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปได้ว่ากรณีการขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศไม่ได้ส่งผลให้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัย แต่การขาดการดูแลรักษาระบบจุดระเบิดจะมีผลต่ออัตราสิ้นเปลืองที่เพิ่มขึ้นมากกว่าอย่างชัดเจน และในส่วนของมลพิษจากไอเสียนั้น การขาดการบำรุงรักษาทุกกรณีจะส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนน็อกไซด์เพิ่มขึ้นน้อยมาก แต่ปริมาณการเพิ่มขึ้นของการปล่อยไฮโดรคาร์บอนในก๊าซไอเสียนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

คำสำคัญ: การบำรุงรักษาเครื่องยนต์ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง มลพิษในก๊าซไอเสีย กล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ช่องต่อเชื่อมข้อมูลกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (OBD-II)

ABSTRACT

The internal combustion engine vehicles have to be received a good preventive maintenance for every day used with no trouble. Otherwise, it may affect to fuel consumption and exhausted gas emissions problem. This paper presents the analysis of three cases study of an improperly preventive maintenance of the gasoline engine. The first is a lacking of preventive maintenance of the intake air filter system, the second is a lacking of preventive maintenance of the ignition system, and the third is a lacking preventive maintenance of both the filter of air intake system and the ignition system in the same time. The results of those three cases are compared with that of a good preventive maintenance. In each case of study, the engine operation data are collected from the vehicle's electronic control unit (ECU) by a wireless OBD-II scanner and the exhaust gas emissions are measured by the exhaust gas meter of a private inspection facility. In comparison to a good preventive maintenance, a lacking of preventive maintenance of the intake air filter system affects the average fuel consumption rate increased about 0.67 %. A lacking of preventive maintenance of the ignition system affects the average fuel consumption rate increased about 14.85 %. And a lacking of preventive maintenance of both the intake air filter system and the ignition system, affects the average fuel consumption rate increased about 18.52 %. In case of the exhaust gas emission compared with that of a good preventive maintenance, a lacking of preventive maintenance of the intake air filter system affects the increasing of carbon dioxide (CO_2) is about 0.21 % and the hydrocarbon (HC) increases about 9.14 ppm. A lacking of preventive maintenance of the ignition system affects the increasing of carbon dioxide (CO_2) is about 0.08 % and the hydrocarbon (HC) increases about 5.40 ppm. And a lacking of preventive maintenance of both the intake air filter system and the ignition system, affects the increasing of carbon dioxide (CO_2) is about 0.31 % and the hydrocarbon (HC) increases about 17.75 ppm. It can be concluded that a lacking of preventive maintenance of the intake air filter system has little effect on both fuel consumption and exhausted gas emissions. But a lacking of preventive maintenance of the ignition system has more effect on both fuel consumption and exhausted gas emissions.

Keywords: Preventive Maintenance of Engine, Fuel Consumption, Exhausted Gas Emissions, Vehicle's Electronic Control Unit (ECU), On-Board Diagnostics – II Connector (OBD-II)

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

เป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไปว่าเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ติดตั้งใช้งานอยู่ในรถยนต์นั้น จำเป็นต้องได้รับการบำรุงรักษาอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ แต่ก็มีไม่น้อยที่มีการใช้งานรถเครื่องยนต์สันดาปภายในโดยขาดการบำรุงรักษาจนทำให้ระบบการทำงานของเครื่องยนต์เกิดความไม่สมบูรณ์ หรือเกิดการเสียหายตามมา ผลกระทบสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำงานเครื่องยนต์สันดาปภายในคืออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลพิษจากไอเสีย หากเครื่องยนต์มีการทำงานบกพร่องอันเนื่องมาจากการขาดการบำรุงรักษาก็เป็นไปได้ว่าเครื่องยนต์จะมีประสิทธิภาพลดลงทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้นและมลพิษจากไอเสียก็จะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ในการพิสูจน์แนวคิดนี้ จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์เปรียบเทียบกันระหว่างกรณีที่เครื่องยนต์ทำงานอย่างปกติสมบูรณ์จากการได้รับการบำรุงรักษาที่ดีกับกรณีที่เครื่องยนต์มีการทำงานไม่สมบูรณ์จากการขาดการบำรุงรักษา ปัจจุบันการเก็บและบันทึกข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์นั้นสามารถทำได้ง่ายและสะดวกขึ้นโดยการใช้อุปกรณ์สำหรับอ่านข้อมูลผ่านช่องเชื่อมต่อข้อมูลกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Onboard Diagnostic II หรือ OBD-II) ซึ่งข้อมูลที่ตรวจวัดและบันทึกได้นี้ สามารถนำมาประกอบการคำนวณและวิเคราะห์หาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและองค์ประกอบของไอเสียเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของการขาดการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ได้ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบของการขาดการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ 3 กรณี ได้แก่ 1. จำลองสภาวะของการขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศจนทำให้เกิดการอุดตันมากขึ้น 2. จำลองสภาวะของการขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดจนทำให้เครื่องยนต์ทำงานไม่ครบทุกระบอกสูบ และ 3. จำลองสภาวะของการขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศและการขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดในเวลาเดียวกัน แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและองค์ประกอบของไอเสียกับกรณีที่เครื่องยนต์ทำงานสมบูรณ์จากการได้รับการบำรุงรักษาที่ดีอย่างสม่ำเสมอ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สันดาปภายในจากกรณีขาดการบำรุงรักษาที่ดีจนเกิดความไม่สมบูรณ์

2.2 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบองค์ประกอบไอเสียของเครื่องยนต์สันดาปภายในจากกรณีขาดการบำรุงรักษาที่ดีจนเกิดความไม่สมบูรณ์

3. วิธีการศึกษาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 กรณีปัญหาของการขาดการบำรุงรักษาเครื่องยนต์

รถยนต์ที่ผ่านการใช้งานมาช่วงระยะเวลาหนึ่งย่อมต้องมีการสึกหรอเนื่องจากการทำงานของเครื่องยนต์ ผู้ใช้งานบางส่วนอาจไม่ได้ทำการบำรุงรักษาตามระยะที่กำหนดในคู่มือการบำรุงรักษา จึงอาจจะทำให้เครื่องยนต์มีการทำงานที่ผิดปกติไปจากเดิม ได้แก่ กินน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น หรือ ปลดปล่อยมลพิษในไอเสียมากขึ้น เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยนี้ได้คำนึงถึงปัญหาของการขาดการบำรุงรักษารถยนต์เครื่องสันดาปภายใน 2 ประการที่ส่งผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและการปลดปล่อยมลพิษ คือ

3.1.1 รถยนต์ที่ขาดการบำรุงรักษากรองอากาศ

เมื่อเครื่องยนต์ขาดการบำรุงรักษากรองอากาศจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ลดลงเช่น อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้น, รถเกิดอาการกระตุก, อัตราเร่งช้าลง เป็นต้น ซึ่งอาจส่งผลทำ

ให้เกิดอันตรายขณะขับขี่ได้ผู้ขับขี่จึงต้องหมั่นตรวจสอบตามระยะทางที่คู่มือแนะนำและสังเกตอาการที่ผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ ไส้กรองอากาศรถยนต์มีหลายประเภท โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นไส้กรองอากาศแบบแห้ง หรือแบบกระดาษที่สามารถกรองฝุ่นขนาดเล็กได้ถึง 0.001-1 ไมครอน ซึ่งเมื่อใช้งานไปนานๆ โดยไม่มีการทำความสะอาดหรือเปลี่ยนใหม่ ก็จะทำให้กรองอากาศเกิดการอุดตัน

3.1.2 การทำงานที่ไม่ครบสูบของเครื่องยนต์

เมื่อเครื่องยนต์มีการใช้งานมาสักระยะเวลาหนึ่งสิ่งสำคัญที่ควรตรวจสอบลำดับต้นๆ ก็คือหัวเทียน เนื่องจากหัวเทียนได้รับความร้อนโดยตรงจากห้องเผาไหม้อยู่ตลอดเวลาจึงเกิดความเสียหายได้ง่ายเมื่อหัวเทียนเสื่อมสภาพจะทำให้การทำงานของเครื่องยนต์ผิดปกติไปจากเดิมเช่น รถเกิดอาการกระตุกหรือเครื่องสะดุด อืด หรือเร่งไม่ขึ้น และเดินเบาไม่ได้หรือสตาร์ทไม่ติด เป็นต้น

3.2 การตรวจวัดและเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์

ข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์นั้นจะถูกตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัด (sensor) ต่างๆ ที่มีการติดตั้งในเครื่องยนต์และข้อมูลของการตรวจวัดก็จะถูกส่งไปยังกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) เพื่อนำไปประมวลผลการทำงานหรือเก็บบันทึกไว้กรณีที่มีความผิดปกติเกิดขึ้น ข้อมูลต่างๆที่ส่งมายัง ECU นี้ สามารถส่งออกได้ผ่านช่องเชื่อมต่อ OBD-II โดยใช้เครื่อง OBD-II scanner อุปกรณ์ OBD-II มีหลากหลายแบบให้เลือก ซึ่งปัจจุบันมีอุปกรณ์ OBD-II ขนาดเล็กที่สามารถใช้งานได้ผ่านการเชื่อมต่อกับ Application ในโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนโดยสามารถเชื่อมต่อผ่านได้ทั้ง Bluetooth และ WIFI ที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยหลายเรื่องที่มีการศึกษาด้วยการใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ OBD-II ขนาดเล็กที่ใช้งานร่วมกับ Application ในโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน เช่น การศึกษาการเก็บข้อมูลจากกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของรถยนต์สำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมการขับขี่ที่มีผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (เผชิญ จันทร์สา และคณะ, 2559) และความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์รถยนต์ OBD-II (อดุลย์ พัฒนภักดี และคณะ, 2560) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกอุปกรณ์ตรวจวัดค่า OBD-II ที่ใช้ในการทดสอบยี่ห้อ Vgate iCar Pro BlueTooth 4.0 elm 327 ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 Vgate iCar Pro BlueTooth 4.0 elm 327

3.3 การตรวจวัดมลพิษจากไอเสีย

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สันดาปภายในในปัจจุบันนี้ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งมีชีวิตและธรรมชาติ ซึ่งจะต้องมีการตรวจวัดมลพิษที่เกิดขึ้นโดยสถานตรวจสภาพจะเป็นผู้ทำการตรวจวัดเพื่อที่จะสามารถนำรถยนต์ไปต่อภาษีประจำปีได้ โดยมีการกำหนดอัตราการปล่อยมลพิษไว้ดังตารางที่ 1 (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2564)

ตารางที่ 1 กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ชนิดเผาไหม้ภายในที่มีการจุดระเบิดด้วยประกายไฟ และใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง

ประเภทรถ	มลพิษ	ค่ามาตรฐาน	เครื่องมือการตรวจวัด	วิธีการตรวจวัด
จดทะเบียนก่อน 1 พ.ย. 2536	CO HC	4.5% 600 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระเครื่องยนต์เดินเบา
จดทะเบียนตั้งแต่ 1 พ.ย. 2536	CO HC	1.5% 200 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระเครื่องยนต์เดินเบา
จดทะเบียนตั้งแต่ 1 ม.ค. 2550	CO HC	0.5% 100 ppm	NDIR	ตรวจวัดขณะรถจอดอยู่กับที่ไม่มีภาระเครื่องยนต์เดินเบา
รถยนต์เบนซินทุกประเภท	เสียง	100 dB(A)	เครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC	เร่งเครื่องยนต์ 3/4 ความเร็วรอบสูงสุด

โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าไอเสียของรถยนต์ในสถานตรวจสภาพเอกชนสำหรับงานวิจัยนี้เป็นเครื่องวิเคราะห์ก๊าซยี่ห้อ CUBIC รุ่น GASBOARD-5020H ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดการวัดดังนี้

- ใช้ระบบอินฟราเรดตรวจวัดการกระจายของก๊าซ
- คำนวณผลค่าก๊าซและอากาศ โดยอัตโนมัติ
- มีการแสดงผลเป็นตัวเลขบนจอ LCD
- ผ่านการเห็นชอบจากกรมการขนส่งทางบกแล้ว
- ย่านการวัด : HC : 0 - 15000 ppm , CO : 0 - 10% คือ สามารถตรวจวัดก๊าซไฮโดรคาร์บอน(HC) ได้ตั้งแต่ 0-15000 ppm และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ได้ตั้งแต่ 0-10 % ของไอเสีย
- ค่าความผิดพลาด : HC : +/- 3% , CO : +/- 3% คือ ความสามารถในการตรวจวัดของเครื่องตรวจวัดก๊าซมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ +/- 3%
- ความละเอียดในการวัด : HC : 1 ppm , CO : 0.01% คือ สามารถตรวจวัดก๊าซไฮโดรคาร์บอน(HC) ได้ตั้งแต่ 1 ppm ขึ้นไป และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ได้ตั้งแต่ 0.01% ขึ้นไป

รูปที่ 2 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ CUBIC GASBOARD-5020H

3.4 ทฤษฎีและการคำนวณ

ในการคำนวณอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่สภาวะการทำงานจริงของเครื่องยนต์นั้นสามารถใช้ข้อมูลค่าอัตราส่วนมวลของอากาศต่อเชื้อเพลิงและค่าอัตรามวลไหลของอากาศที่วัดได้จากอุปกรณ์อ่านค่าจาก OBD-II มาคำนวณตามความสัมพันธ์ (John B. Heywood., 1989)

$$\dot{m}_f = \frac{\dot{m}_a}{(A/F)} \quad (1)$$

โดยที่ $\dot{m}_f$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิง (g/s)

$\dot{m}_a$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (g/s)

(A/F) คือ อัตราส่วนโดยมวลของอากาศต่อเชื้อเพลิง

สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบของไอเสียนั้นจะใช้ค่า F/A equivalent ratio, ϕ ของอัตราส่วนมวลของเชื้อเพลิงกับอากาศจริง, $(F/A)_{actual}$ ซึ่งจะได้จากการตรวจวัดด้วย OBD-II ต่อค่าอัตราส่วนมวลของเชื้อเพลิงกับอากาศทางทฤษฎี, $(F/A)_s$ ดังสมการที่ 2 (John B. Heywood., 1989)

$$\phi = \frac{(F/A)actual}{(F/A)s} \quad (2)$$

โดยค่าอัตราส่วนมวลของเชื้อเพลิงกับอากาศทางทฤษฎี, $(F/A)_s$ สามารถคำนวณได้จากสมการการเผาไหม้ตามทฤษฎี (John B. Heywood., 1989) ซึ่งกรณีที่เชื้อเพลิงเป็น E20 จะพิจารณาสมการการเผ้าไหม้ได้ดังสมการที่ 3 ซึ่งจะได้ค่าอัตราส่วนมวลของเชื้อเพลิงกับอากาศทางทฤษฎี, $(F/A)_s$ เท่ากับ 0.068653

$$\left(0.8C_8H_{18}+0.2C_2H_5OH\right)+10.6\left(O_2+3.773N_2\right)=6.8CO_2+7.8H_2O+3.773(10.6)N_2 \quad (3)$$

เมื่อได้ค่า F/A equivalent ratio, ϕ มาแล้วสามารถนำมาคำนวณหาค่าองค์ประกอบของไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ได้โดยสมการที่ 4 และสมการที่ 5

$$\left(0.8C_8H_{18}+0.2C_2H_5OH\right)+\frac{10.6}{\phi}\left(O_2+3.773N_2\right)=aCO_2+bH_2O+cCO+dH_2+\frac{10.6}{\phi}\left(3.773N_2\right) \quad (4)$$

$$K=\frac{bc}{ad} \quad (5)$$

โดยที่ K คือค่าคงตัวการสมดุลปฏิกิริยาที่แต่ละอุณหภูมของก๊าซไอเสีย ซึ่งสามารถหาได้จากตารางที่ 2

a, b, c, และ d คือจำนวนองค์ประกอบโดยโมลในก๊าซไอเสียของ CO_2, H_2O, CO และ H_2 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่า log 10 ของค่าคงตัวของการสมดุล (K) ของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่างๆ

(Michael J. Moran and Howard N. Shapiro., 2006)

Temp. K	$\log_{10} K$								Temp. °R
	$H_2 \rightleftharpoons 2H$	$O_2 \rightleftharpoons 2O$	$N_2 \rightleftharpoons 2N$	$\frac{1}{2}O_2 + \frac{1}{2}N_2 \rightleftharpoons NO$	$H_2O \rightleftharpoons H_2 + \frac{1}{2}O_2$	$H_2O \rightleftharpoons OH + \frac{1}{2}H_2$	$CO_2 \rightleftharpoons CO + \frac{1}{2}O_2$	$CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$	
298	−71.224	−81.208	−159.600	−15.171	−40.048	−46.054	−45.066	−5.018	537
500	−40.316	−45.880	−92.672	−8.783	−22.886	−26.130	−25.025	−2.139	900
1000	−17.292	−19.614	−43.056	−4.062	−10.062	−11.280	−10.221	−0.159	1800
1200	−13.414	−15.208	−34.754	−3.275	−7.899	−8.811	−7.764	+0.135	2160
1400	−10.630	−12.054	−28.812	−2.712	−6.347	−7.021	−6.014	+0.333	2520
1600	−8.532	−9.684	−24.350	−2.290	−5.180	−5.677	−4.706	+0.474	2880
1700	−7.666	−8.706	−22.512	−2.116	−4.699	−5.124	−4.169	+0.530	3060
1800	−6.896	−7.836	−20.874	−1.962	−4.270	−4.613	−3.693	+0.577	3240
1900	−6.204	−7.058	−19.410	−1.823	−3.886	−4.190	−3.267	+0.619	3420
2000	−5.580	−6.356	−18.092	−1.699	−3.540	−3.776	−2.884	+0.656	3600
2100	−5.016	−5.720	−16.898	−1.586	−3.227	−3.434	−2.539	+0.688	3780
2200	−4.502	−5.142	−15.810	−1.484	−2.942	−3.091	−2.226	+0.716	3960
2300	−4.032	−4.614	−14.818	−1.391	−2.682	−2.809	−1.940	+0.742	4140
2400	−3.600	−4.130	−13.908	−1.305	−2.443	−2.520	−1.679	+0.764	4320
2500	−3.202	−3.684	−13.070	−1.227	−2.224	−2.270	−1.440	+0.784	4500
2600	−2.836	−3.272	−12.298	−1.154	−2.021	−2.038	−1.219	+0.802	4680
2700	−2.494	−2.892	−11.580	−1.087	−1.833	−1.823	−1.015	+0.818	4860
2800	−2.178	−2.536	−10.914	−1.025	−1.658	−1.624	−0.825	+0.833	5040
2900	−1.882	−2.206	−10.294	−0.967	−1.495	−1.438	−0.649	+0.846	5220
3000	−1.606	−1.898	−9.716	−0.913	−1.343	−1.265	−0.485	+0.858	5400
3100	−1.348	−1.610	−9.174	−0.863	−1.201	−1.103	−0.332	+0.869	5580
3200	−1.106	−1.340	−8.664	−0.815	−1.067	−0.951	−0.189	+0.878	5760
3300	−0.878	−1.086	−8.186	−0.771	−0.942	−0.809	−0.054	+0.888	5940
3400	−0.664	−0.846	−7.736	−0.729	−0.824	−0.674	+0.071	+0.895	6120
3500	−0.462	−0.620	−7.312	−0.690	−0.712	−0.547	+0.190	+0.902	6300

Source: Based on data from the JANAF Thermochemical Tables, NSRDS-NBS-37, 1971.

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การจำลองกรณีปัญหาสำหรับการทดสอบ

ก่อนการทดสอบได้มีการเปลี่ยนกรองอากาศใหม่และตรวจสอบหัวเทียน สายหัวเทียนและคอยล์จุดระเบิดให้มีสภาพใช้งานได้ปกติ การทดสอบจะรถยนต์คันเดียวกันสำหรับการจำลองสถานการณ์ตามเงื่อนไขของการทดสอบเก็บข้อมูล โดยแบ่งกรณีของปัญหาที่เกิดจากการขาดการบำรุงรักษาเครื่องยนต์เป็น 3 กรณี ได้แก่

4.1.1 จำลองสภาวะของการขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศจนทำให้เกิดการอุดตัน ซึ่งจะทดลองโดยการใช้ผ้ามาซ้อนทับกรองอากาศดังรูปที่ 3

4.1.2 จำลองสภาวะของการขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดจนทำให้เครื่องยนต์ทำงานไม่ครบทุกกระบอกสูบ โดยการคอยล์จุดระเบิดออก 1 กระบอกสูบ ดังรูปที่ 4

4.1.3 จำลองสภาวะของการขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศและการขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดในเวลาเดียวกัน โดยการทำในข้อ 4.1.1 และ 4.1.2 พร้อมกัน

ผลของการตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลของการทดสอบทั้ง 3 กรณี จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับกรณีที่เครื่องยนต์ทำงานแบบปกติสมบูรณ์

รูปที่ 3 การจำลองให้กรองอากาศเกิดการอุดตัน

รูปที่ 4 การจำลองให้เครื่องยนต์ทำงานไม่ครบสูบ

4.2 ค่าตัวแปรสำคัญในการตรวจวัดและเก็บข้อมูล

ตัวแปรสำคัญที่มีการตรวจวัดและบันทึกในการทดสอบเก็บข้อมูลจะมีทั้งข้อมูลที่ได้จาก OBD-II และจากเครื่องตรวจวัดของสถานตรวจสภาพเอกชน มีดังต่อไปนี้

4.2.1 อัตราส่วนโดยมวลของอากาศต่อเชื้อเพลิง, (A/F)

4.2.2 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, $\dot{m}_a$

4.2.3 ค่า F/A equivalent ratio, ϕ

4.2.4 ปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไอเสีย

4.2.5 ปริมาณของก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ในไอเสีย

4.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบจะทำโดยสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะจอดอยู่กับที่ แล้วทำการตรวจวัดและบันทึกตัวแปรต่างๆ ที่ 4 ค่าความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ ได้แก่ ขณะเดินเบา, 1500 rpm, 2000 rpm และ 2500 rpm

5. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

ตารางที่ 4 ผลการตรวจวัดและวิเคราะห์อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย

การจำลองสถานการณ์	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย $\dot{m}_f$ (g/s)			
	ขณะเดินเบา	1500 rpm	2000 rpm	2500 rpm
เครื่องยนต์ปกติสมบูรณ์	0.319100	0.583468	0.794295	1.002357
กรองอากาศอุดตัน	0.324310	0.575307	0.806353	1.011835
เครื่องยนต์ทำงานไม่ครบสูบ	0.357785	0.663828	0.917999	1.181976
กรองอากาศอุดตันและเครื่องยนต์ทำงานไม่ครบสูบ	0.368466	0.685281	0.959621	1.207818

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดปริมาณมลพิษจากก๊าซไอเสีย

การจำลองสถานการณ์	องค์ประกอบของมลพิษในก๊าซไอเสีย	ปริมาณมลพิษในก๊าซไอเสีย			
		ขณะเดินเบา	1500 rpm	2000 rpm	2500 rpm
เครื่องยนต์ปกติสมบูรณ์	CO (%)	0.14	0.17	0.20	0.23
	HC (ppm)	2	4	5	7
กรองอากาศอุดตัน	CO (%)	0.17	0.19	0.25	0.29
	HC (ppm)	27	32	46	69
เครื่องยนต์ทำงานไม่ครบสูบ	CO (%)	0.15	0.16	0.23	0.27
	HC (ppm)	8	18	34	72
กรองอากาศอุดตันและเครื่องยนต์ทำงานไม่ครบสูบ	CO (%)	0.18	0.22	0.26	0.31
	HC (ppm)	33	84	94	131

จากการเปรียบเทียบกับกรณีที่เครื่องยนต์มีการทำงานที่สมบูรณ์จากการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ พบว่าการขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศมีผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.67 การขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดมีผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.85 และ การขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศและการขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดในเวลาเดียวกันมีผลต่ออัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.52 สำหรับผลการวิเคราะห์มลพิษจากก๊าซไอเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่เครื่องยนต์มีการทำงานที่สมบูรณ์จากการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ พบว่าการขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.21 และมีการปลดปล่อยไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.14 ppm การขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.08 และมีการปลดปล่อยไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 5.40 ppm และ การขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศและการขาดการบำรุงรักษาระบบจุดระเบิดในเวลาเดียวกันมีผลให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.31 และการปลดปล่อยไฮโดรคาร์บอนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 17.75 ppm

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบเก็บข้อมูลและจากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปได้ว่ากรณีการขาดการบำรุงรักษาระบบกรองอากาศไม่ได้ส่งผลให้อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัย แต่การขาดการดูแลรักษาระบบจุดระเบิดจะมีผลต่ออัตราสิ้นเปลืองที่เพิ่มขึ้นมากกว่าอย่างชัดเจน และในส่วนของมลพิษจากไอเสียนั้น การขาดการบำรุงรักษาทุกกรณีจะส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนน็อกไซด์เพิ่มขึ้นน้อยมาก แต่ปริมาณการเพิ่มขึ้นของการปล่อยไฮโดรคาร์บอนในก๊าซไอเสียนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามการทดสอบเพื่อตรวจวัดและเก็บข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ กระทำในขณะการสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะจอดอยู่กับที่เท่านั้น ด้วยเหตุผลด้านความปลอดภัย เนื่องจากการจำลองสภาพให้เครื่องยนต์เกิดการทำงานไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะการทำให้เครื่องยนต์ทำงานไม่ครบสูบ จะเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะต่อการขับขี่ทำให้ยากต่อการควบคุมรถยนต์และอาจเกิดอันตรายได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ได้แก่ นายสิริวัส ธนกิตติ์จีรกูล นางสาวกาญจนา มิรัตนไพร และนายภูมิพัฒน์ รัตนะวงศ์สิริ ที่ช่วยเหลือในการทดสอบและเก็บข้อมูลสำหรับการศึกษานี้และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีปทุมที่มีส่วนสนับสนุนการนำเสนอบทความในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2564). *ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ชนิดเผาไหม้ภายในที่มีการจุดระเบิดด้วยประกายไฟและใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง พ.ศ. 2564*. ค้นเมื่อ 31 พฤษภาคม 2565, จาก: https://www.pcd.go.th › กฎหมายและมาตรฐาน.

เผชิญ จันทร์สา และคณะ. (2559). การศึกษาการเก็บข้อมูลจากกล่องควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของรถยนต์สำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมการขับขี่ที่มีผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, *หนังสือประมวลบทความการประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 30 (ME-NETT 30)*, วันที่ 5-8 กรกฎาคม 2559 จังหวัดสงขลา

อดุลย์ พัฒนภักดี และคณะ. (2560). ความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์รถยนต์ OBD II. *หนังสือประมวลบทความการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 12, ประจำปี 2560*, วันที่ 14 ธันวาคม 2560 ณ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2501-2509.

John B. Heywood. (1989). *Internal Combustion Engine Fundamentals, International Edition*. McGraw-Hill, Inc.

Michael J. Moran and Howard N. Shapiro. (2006). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics,* 5th Edition. John Wiley & Sons, Inc.