

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลกระทบของสัดส่วนเอทานอลในเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ที่มีต่อมลพิษไอเสียของ  
รถจักรยานยนต์

EFFECT OF ETHANOL CONTENT IN GASOHOL FUEL ON EMISSION OF  
MOTORCYCLE



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....110441  
วัน,เดือน,ปี.....- 2 พ.ย. 2553

b.....  
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2553

KMITL-2010-EN-M-030-087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**EFFECT OF ETHANOL CONTENT IN GASOHOL FUEL ON EMISSION OF  
MOTORCYCLE**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2010**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **KMITL-2010-EN-M-030-087** อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2010**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของสัดส่วนเอทานอลในเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ที่มีต่อมลพิษไอเสียของรถจักรยานยนต์

Thesis Title Effect of Ethanol Content in Gasohol Fuel on Emission of Motorcycle

นักศึกษา นายวรโรจน์ วุ่นแป้น

รหัสประจำตัว 48060305

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2010-EN-M-030-087

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.จำลอง	ปราบแก้ว	
ผศ.ดร.อนุรัตน์	พิณโสภณ	
ดร.ณัฐวุฒิ	เดโช	
ดร.คณิต	วัฒน์วิเชียร	
ผศ.ดร.จินดา	เจริญพรพาณิชย์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553 เวลา 13.00 – 15.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 1  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.  
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์  
วันที่ 4 เดือน 5 พ.ศ. 53  
ลงชื่อ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของสัดส่วนเอทานอลในเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอล์ที่มีต่อมลพิษไอเสียของรถจักรยานยนต์
นักศึกษา	นายวรวิทย์ วุ่นเป็น
รหัสประจำตัว	48060305
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาปริมาณการปล่อยสารมลพิษของรถจักรยานยนต์ สำหรับรถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง แก๊สโซลีน E10 E20 E85 และเอทานอลล้วน ทำการปรับแต่งรถจักรยานยนต์ให้สามารถใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่จะทำการศึกษาวัดปริมาณมลพิษไอเสียจากการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน E10 E20 E85 และเอทานอลล้วนและเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ทดสอบมลพิษไอเสียจากรถจักรยานยนต์ตามมาตรฐานการทดสอบ มอก.2350-2551 ซึ่งอ้างอิงมาจากการทดสอบ EURO3 และปฏิบัติตามวิธีการที่กำหนด ทดสอบหาปริมาณของมลพิษ Air Toxic โดยทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ EPA TO-11A และ EPA TO-15 ผลการทดสอบเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอลในแก๊สโซลีน ผลที่ได้ปริมาณมลพิษไอเสีย HC NO<sub>x</sub> และ CO ลดลง 1.2 - 54.2% 3.9-56.7% และ 58.7-74.3% สำหรับรถจักรยานยนต์หัวฉีด ในขณะที่รถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์สามารถลด HC และ NO<sub>x</sub> 9.2-3.2% and 1.7-61.1 % แต่ CO กลับเพิ่มขึ้น 5.6-197% มลพิษ Air Toxic แสดงให้เห็นกลุ่มของ Carbonyl (Formaldehyde Acetaldehyde) ที่เพิ่มขึ้น 346-2725%, แต่ส่วนกลุ่มของ BTEX (Benzene Toluene Ethyl benzene และ Xylene) ลดลง 37.4-89 % เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอลในแก๊สโซลีน อย่างไรก็ตาม อัตราการปล่อยที่เพิ่มขึ้นของ formaldehyde และ acetaldehyde สามารถลดได้ 88.2% และ 88.6% ด้วยแคทาไลติกคอนเวอร์เตอร์

**Thesis** Effect of ethanol content in gasohol fuel on emission of motorcycle

**Student** Mr. Wannu Wunphean

**Student ID.** 48060305

**Degree** Master of Engineering

**Program** Mechanical Engineering

**Year** 2010

**Thesis Advisor** Assist.Prof Chinda Charoenphonphanich

### ABSTRACT

The objective of this study is to observe pollutant emissions of motorcycle using gasoline, E10, E20, E85 and neat ethanol. Injector and carburetor motorcycle engines were modified to be fitted for each fuel. The amount of pollutant emissions of E10, E20, E85 and neat ethanol were measured and compared with conventional gasoline. The emission test was followed the current Thai regulation TISI 2350-2551 based on the European Union standard using EURO3 driving cycle of motorcycle. The air toxic test was followed United States Environmental Protection Agency using method EPA TO-11A and EPA TO-17. As the test results, the emission of HC, NO<sub>x</sub> and CO of injector motorcycle decrease 1.2 -54.2% 3.9-56.7% and 58.7-74.3% respectively when the ethanol content in gasohol increased. In case of carburetor motorcycle HC and NO<sub>x</sub> decrease 9.2-3.2% and 1.7-61.1 % respectively whereas CO increases 5.6-197%. The results of air toxic show that Carbonyl group (Formaldehyde and Acetaldehyde) increases 346-2725%, while BTEX group (Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene) decreases 37.4-89 % with increasing of ethanol content in the gasohol. It is concluded that formaldehyde and acetaldehyde emissions increase with ethanol content but air toxic (Carbonyl group) pollutants decreases. However formaldehyde and acetaldehyde emissions can be reduced by using catalytic converter about 88.2% and 88.6% respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา II และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพณิชย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาโดยตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอบคุณ สถาบันยานยนต์ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์และสถานที่ทดสอบ ห้องทดสอบ มลพิษไอเสียรถจักรยานยนต์ และห้องวิเคราะห์เคมี โดยเฉพาะที่อุทัยผู้จัดการแผนกทดสอบ ผู้สนับสนุนให้เกิดงานวิจัยนี้ น้องเอ็ดประจำห้องทดสอบมลพิษไอเสียรถจักรยานยนต์ น้องไก่อ้นกเคมีวิเคราะห์ประจำห้องวิเคราะห์เคมี น้องหนุ่มและน้องๆ ในชมรมยานยนต์ที่ไม่ได้กล่าวถึงใน ณ ที่นี้ด้วย ที่ช่วยกันทำงานและให้คำปรึกษา รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา และพี่สาวที่เป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า พร้อมทั้งคอยช่วยให้กำลังใจและให้คำปรึกษาต่างๆ จนทำให้ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ได้สำเร็จ

วร โธ วุ่นแป้น

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การศึกษา.....	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ทำวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
1.7 ขั้นตอนการศึกษา.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine).....	7
2.1.1 ระบบคาร์บิวเรเตอร์.....	8
2.1.7 ระบบฉีดเชื้อเพลิง.....	10
2.2 เอทานอล (ethanol).....	16
2.3 มลพิษอากาศ (Air pollution).....	18
2.3.1 สารมลพิษทั่วไป (Criteria pollutants).....	19
2.3.2 สารมลพิษ Air Toxic.....	20
2.4 แก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโตรเมทรี (GC-MS).....	23
2.5 HPLC (High Performance Liquid Chromatography).....	26
2.6 ภาระถนน (Road load).....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	30
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	30
3.2 รถจักรยานยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ.....	34
3.3 กระบวนการในการทดสอบ.....	35
3.5 การเตรียมการเตรียมจักรยานยนต์ในการทดสอบ.....	36
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	45
4.1 จักรยานยนต์ระบบคาร์บิวเรเตอร์.....	45
4.1.1 อุณหภูมิไอดีจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์.....	45
4.1.2 อุณหภูมิไอเสียจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์.....	46
4.1.3 มลพิษจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์.....	46
4.1.4 มลพิษ Air Toxic จักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์.....	49
4.1.5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์.....	52
4.2 รถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด.....	53
4.2.1 อุณหภูมิไอดีจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด.....	53
4.2.2 อุณหภูมิไอเสียจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด.....	54
4.2.3 มลพิษจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด.....	55
4.2.4 มลพิษ Air Toxic จักรยานยนต์ระบบหัวฉีด.....	57
4.2.5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์หัวฉีด.....	61
4.3 ผลกระทบมลพิษไอเสียจากแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์.....	62
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	64
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	64
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	65
บรรณานุกรม.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก.....	64
ภาคผนวก ก. โปรแกรมขยายสัญญาหมวดจัดและปรับตั้งองศาจุดระเบิด.....	69
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่.....	82
ภาคผนวก ค. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์เฉพาะด้านความปลอดภัย สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 6.....	89

ประวัติผู้วิจัย.....	118
----------------------	-----



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของเอทานอลกับแก๊สโซลีน.....	17
2.2 ตัวอย่าง สาร VOCs ที่เป็นสารก่อมะเร็ง และสารส่งเสริมการเกิดเนื้องอก.....	23
2.3 ตัวอย่างสาร VOCs บางชนิด ผลกระทบต่อระบบเนื้อเยื่อ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ.....	23
2.4 มาตรฐานค่าค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปเป็นเวลาปีแต่ละชนิด.....	24
3.1 รายละเอียดของเครื่องชนิดที่ใช้ในการทดสอบ.....	33
3.2 ขนาดขนาดนมหนูลัก.....	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กลไกของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ.....	7
2.2 คาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐาน.....	8
2.3 สมรรถนะของคาร์บูเรเตอร์แบบพื้นฐานในรูปของการเปลี่ยนแปลง.....	10
2.4 ตำแหน่งตัวตรวจจับต่างๆ ที่ตัวเรือนปีกผีเสื้อ.....	11
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ.....	12
2.6 วงจรภายในของตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี.....	12
2.7 วงจรภายในของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง.....	13
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง.....	13
2.9 ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์และตำแหน่งจุดระเบิด.....	14
2.10 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง.....	14
2.11 ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงและตัวควบคุมความดัน.....	15
2.12 หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง.....	15
2.13 กราฟมลพิษไอเสียบนความเข้มข้นของไอดี.....	19
2.14 ไดอะแกรมเครื่องGC-MS.....	25
2.15 ไดอะแกรมเครื่องGC.....	25
2.16 ไดอะแกรม Mass Spectrometer.....	26
2.17 Electron Ionization.....	27
2.18 กลไกการเกิด Fragment ของ EI และ CI.....	27
2.19 เครื่องHPLC.....	28
3.1 เซนเซอร์ไดนาโมมิเตอร์.....	30
3.2 ชุดเก็บและวิเคราะห์ไอเสีย CVS -9100S.....	31
3.3 แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี.....	31
3.4 High Performance Liquid Chromatograph (HPLC).....	32
3.5 ป้อนอากาศ Caplab.....	32
3.6 ถุงเก็บตัวอย่าง Tedlar bag.....	33
3.7 อุปกรณ์เก็บสารตัวอย่าง DNPH และ Tenex Tube.....	33
3.8 อุปกรณ์บันทึกและวัดอุณหภูมิ.....	34
3.9 จักรยานยนต์ที่ทำการทดสอบ.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

### รูปที่

3.10	ไดอะแกรมในการทดสอบรถจักรยานยนต์	35
3.11	วัฏจักรการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์	36
3.12	อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบฉีดเชื้อเพลิง	37
3.13	ไดอะแกรมการทำงานของตัวตรวจจับ	37
3.14	ลักษณะสัญญาณของหัวฉีดเชื้อเพลิงของเดิม	38
3.15	วงจรควบคุมความดันไว้ที่ 5 โวลต์	38
3.16	วงจรแปลงสัญญาณหัวฉีด	39
3.17	วงจรจับหัวฉีด	39
3.18	กล่องขยายสัญญาณหัวฉีด	40
3.19	สัญญาณของหัวฉีดเชื้อเพลิงเดิมและสัญญาณที่ขยาย	40
3.20	นมหนูเคินเบาและนมหนูหลัก	41
3.21	อุปกรณ์ในการขยายนมหนู	41
3.22	ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิไอคิและไอเสียรถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	42
3.23	ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิไอคิและไอเสียรถจักรยานยนต์หัวฉีด	42
3.24	แคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ3ทาง	43
3.25	ตำแหน่งการติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ3ทางรถจักรยานยนต์หัวฉีด	43
4.1	อุณหภูมิไอคิจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	45
4.2	อุณหภูมิไอเสียจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	46
4.3	ไฮโดรคาร์บอน (HC) จักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	47
4.4	ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO <sub>x</sub> ) จักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	48
4.5	คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	48
4.6	มลพิษAir Toxic (Acetaldehyde) รถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	49
4.7	มลพิษAir Toxic (Formaldehyde) รถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	50
4.8	มลพิษAir Toxic (Benzene) รถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	51
4.9	มลพิษAir Toxic (Toluene) รถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	51
4.10	มลพิษAir Toxic (Ethyl benzene) รถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	52
4.11	มลพิษAir Toxic (Xylene) รถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	52
4.12	อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 อุณหภูมิไอดีจักรยานยนต์หัวฉีด	54
4.14 อุณหภูมิไอเสียจักรยานยนต์หัวฉีด	54
4.15 ไฮโดรคาร์บอน (HC) จักรยานยนต์หัวฉีด	55
4.16 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO <sub>x</sub> ) จักรยานยนต์หัวฉีด	56
4.17 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จักรยานยนต์หัวฉีด	57
4.18 มลพิษ Air Toxic (Acetaldehyde) รถจักรยานยนต์หัวฉีด	58
4.19 มลพิษ Air Toxic (Formaldehyde) รถจักรยานยนต์หัวฉีด	58
4.20 มลพิษ Air Toxic (Benzene) รถจักรยานยนต์คาร์หัวฉีด	59
4.21 มลพิษ Air Toxic (Toluene) รถจักรยานยนต์คาร์หัวฉีด	59
4.22 มลพิษ Air Toxic (Ethyl benzene) รถจักรยานยนต์คาร์หัวฉีด	60
4.23 มลพิษ Air Toxic (Xylene) รถจักรยานยนต์คาร์หัวฉีด	60
4.24 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์คาร์บีวเรเตอร์	61
4.25 เปรียบเทียบมลพิษ ไอเสียเชื้อเพลิงE100 และเชื้อเพลิงE100 ติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ3ทาง	62
4.26 เปรียบเทียบสารมลพิษ Air Toxic ในกลุ่มของ Carbonyl เชื้อเพลิงE100 และเชื้อเพลิงE100 ติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ3ทาง	63

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักของประเทศที่มีอัตราการเติบโตต่อเนื่องตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา โดยมีการผลิตเพื่อจำหน่ายทั้งในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศ และเมื่อมีการผลิตยานยนต์อย่างต่อเนื่องทำให้มีปริมาณยานยนต์ที่สะสมและวิ่งบนถนนในปริมาณที่มากขึ้นด้วยนั่นเอง ซึ่งมีผลทำให้การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัวด้วย ทำให้ประเทศไทยต้องนำเข้าน้ำมันดิบในปริมาณที่มากขึ้นซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ประเทศไทยเสียดุลการค้าต่างประเทศเป็นจำนวนมาก

ดังนั้นการใช้พลังงานทดแทนในประเทศจึงมีความจำเป็น ในเรื่องของพลังงานทดแทนสำหรับภาคยานยนต์นั้นสำหรับเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ พลังงานทดแทนหลักที่เริ่มมีการนำมาใช้อย่างเป็นรูปธรรมคือแก๊ส โซฮอล์ซึ่งเกิดจากส่วนผสมระหว่างน้ำมันเบนซิน และเอทานอลที่ผลิตจากพืชผลทางการเกษตรที่ผลิตได้ในประเทศได้แก่อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น โดยสำหรับรถยนต์ในประเทศได้มีการพัฒนาเครื่องยนต์และระบบเชื้อเพลิงให้สามารถใช้แก๊ส โซฮอล์ E20 ได้แล้วแต่สำหรับจักรยานยนต์นั้นปัจจุบันมีการพัฒนาให้ใช้ได้เพียงแก๊ส โซฮอล์ E10 เท่านั้น ซึ่งถ้าเราสามารถพัฒนาเครื่องยนต์ของจักรยานยนต์ให้สามารถรองรับแก๊ส โซฮอล์ที่มีส่วนผสมที่สูงขึ้นนั้นก็จะสามารถทำให้มีการเพิ่มสัดส่วนการใช้เอทานอลที่ผลิตในประเทศ

โดยการพัฒนาเครื่องยนต์ของจักรยานยนต์นั้นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ควรคำนึงถึงก็คือค่ามลพิษดังนั้นผู้วิจัยจึงนำค่ามลพิษที่ทดสอบตามมาตรฐาน ไอเสียรถจักรยานยนต์ใหม่ มอก.2350-2551 (EURO3) มาเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบค่ามลพิษในครั้งนี้ รวมถึงเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลและแนวทางการผลิตหรือปรับแต่งรถจักรยานยนต์ให้เป็นไปตามคุณภาพมาตรฐานที่กำหนด

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ การปล่อยสารมลพิษ ไอเสียจากรถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง แก๊สโซลีน แก๊สโซฮอล์ E10 E20 E85 และ E100 ตามมาตรฐานมอก.2350-2551 (EURO3)
- 1.2.2 ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน แก๊สโซฮอล์ E10 E20 E85 และ E100 จากมาตรฐานการทดสอบ มอก.2350-2551

## 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

- 1.3.1 ปริมาณการปล่อยมลพิษเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลCO<sub>2</sub> และ NO<sub>x</sub> สูงกว่าแก๊สโซลีนเมื่อไม่ปรับแต่งเครื่องยนต์
- 1.3.2 ปริมาณการปล่อยมลพิษ Air toxic จากเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลบางชนิดสูงกว่าแก๊สโซลีนเมื่อไม่ปรับแต่งเครื่องยนต์

## 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ทำวิจัย

- 1.4.1 การทำงานของเครื่องยนต์ทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์
- 1.4.2 การทำงานของเครื่องวิเคราะห์ GC/MS และ HPLC
- 1.4.3 คุณสมบัติของแก๊สโซลีนและเอทานอล
- 1.4.4 ทฤษฎีการเผาไหม้ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.5.1 ปรับแต่งรถจักรยานยนต์ฮอนด้าเวฟ125R และ 125i ให้สามารถใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E10, E20, E85 และ E100 ได้
- 1.5.2 ทดสอบรถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E0 E10 E20 E85 E100 ตามมาตรฐานการทดสอบ มอก.2350-2551 นำค่าที่ได้จากการทดสอบเปรียบเทียบมลพิษไอเสีย
- 1.5.3 คำนวณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยวิธีสมมูลคาร์บอนของรถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์แก๊สโซฮอล์ E0 E10 E20 E85 E100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Fikret Yüksel และ Bedri Yüksel [1] ได้มีการทดลองเครื่องยนต์ จุกระเบิดด้วยประกายไฟ ที่ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บิวเรเตอร์ ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ ที่มีอัตราส่วนผสมของแก๊สโซลีนกับเอทานอล 40 และ 60% ตามลำดับ โดยวัดปริมาณสารมลพิษจริงตลอดเวลาด้วย VLT-3600 ที่ โดยการเปิดวาล์วที่ 0 25 50 และ 100% ตามลำดับ ผลที่ได้ของการทดสอบ แรงบิดที่ได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย สามารถลดปริมาณค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ได้ที่ 80% และค่าของไฮโดรคาร์บอน (HC) ของลดลงได้ 50% แต่ในทางกลับกันมีค่าของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) มีค่าเพิ่มขึ้น 20% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

กำลังของเครื่องยนต์เมื่อใช้เอทานอล Al-Hasan [2] ได้ทำการทดสอบเอทานอลผสมกับ แก๊สโซลีนในสัดส่วน E5 E10 E15 E20 และ E30 แล้วนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ใช้คาร์บิวเรเตอร์ ผลที่ออกมาเครื่องยนต์ที่ใช้ E20 มีกำลังสูงขึ้นกว่าแก๊สโซลีน 8.3% เหตุผลที่กำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นก็มาจากคุณสมบัติของเอทานอลที่มีค่าความร้อนแฝงในการระเหยตัวที่สูงกว่าแก๊สโซลีนจริงทำให้ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเพิ่มสูงขึ้นกว่าการใช้แก๊สโซลีนเพียงอย่างเดียว Brusstar [3] นำเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์ที่ได้เพิ่มอัตราส่วนการอัดให้เหมาะสมกับเอทานอลผลที่ออกมาเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงถึง 40% Dambach และคณะ [4] นำเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์คาร์บิวเรเตอร์ขนาดเล็กและได้ปรับแต่งนมหุขยายจากเดิม 20-30% ของขนาดนมหุเดิมที่ใช้แก๊สโซลีน เมื่อใช้เอทานอลแล้วกำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจากแก๊สโซลีน 10% เนื่องมาจากตัวคุณสมบัติของเอทานอลที่มีค่า  $A/F = 9:1$  เมื่อนำไปใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่มีค่าอัตราส่วนเชื้อเพลิงและอากาศ 14.7:1 เอทานอลมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วยจึงต้องให้เชื้อเพลิงเข้าไปได้เยอะกว่าแก๊สโซลีน จึงทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมีกำลังที่สูงกว่าแก๊สโซลีน ภาณุเดช จินดาวงศ์ และคณะ [5] ได้ทำการทดสอบการใช้เอทานอล 95% และ 99.5% เปรียบเทียบกับแก๊สโซลีนผลที่ได้มาเมื่อใช้เอทานอลความบริสุทธิ์ 99.5% ให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 25-30% เนื่องมาจากเอทานอลมีค่า Adiabatic flame temperature ที่ต่ำกว่าแก๊สโซลีน เอทานอลมีค่า 2197 K ส่วนแก๊สโซลีนมีค่า 2266K) ซึ่งทำให้การสูญเสียความร้อนจากการนำและการแผ่รังสีของเครื่องยนต์ออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่าทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้น คุณสมบัติในการเผาไหม้ของเอทานอลที่เร็วกว่าแก๊สโซลีนจึงทำให้สูญเสียความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมข้างได้น้อยกว่า และอุณหภูมิไอศิต่ำกว่าทำให้ ไอศิตที่เข้ากระบอกสูบมีความหนาแน่นมากกว่าทำให้การเผาไหม้มีความดันที่สูงกว่าส่งผลให้ได้กำลังงานที่มากกว่าและประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย

มลพิษของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอล Can Cinar [6] นำเอทานอลมาผสมกับแก๊สโซลีนในสัดส่วน E10 E20 E40 และ E60 ผลที่ออกมาที่เห็นได้ชัดเจนคือ E40 และ E60 ที่ 2000 rpm มีค่า CO ลดลง 11% และ 10.8% ตามลำดับเมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน ส่วนค่า HC เมื่อใช้ E60 ลดลงมากที่สุดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5000 rpm ถึง 16.45 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน CELIK [7] ใช้ E50 ในการทดสอบ โดยที่ กำลังของเครื่องยนต์ 6:1 ค่า CO ลดลง 45% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีนเนื่องมาจากความต้องการอากาศ ของเอทานอลที่น้อยกว่าแก๊สโซลีน และเมื่อเพิ่มกำลังอัดของเครื่องยนต์ เป็น 10:1 ทำให้ค่า CO ลด ไปอีก 53% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน ส่วนค่า HC เมื่อใช้ E50 ที่กำลังอัด 6:1 ลดลง 26% เมื่อเทียบ กับแก๊สโซลีน และค่า  $\text{NO}_x$  เมื่อใช้ E50 ที่อัตราส่วนการอัด 6:1 ลดลง 33% เมื่อเทียบกับแก๊สโซลีน และเมื่อเพิ่มกำลังอัดค่า  $\text{NO}_x$  เพิ่มสูงขึ้นเนื่องมาจากอุณหภูมิในการเผาไหม้ที่

อัตราการสิ้นเปลืองของเอทานอล Yucesu [8] มีการเพิ่มสัดส่วนของเอทานอลตั้งแต่ E10 E20 E40 และ E60 โดยที่ค่า BSFC ของ E60 อยู่ที่ 330 g/kW.h ส่วนของแก๊สโซลีนอยู่ที่ 260 g/kW.h เมื่อ เพิ่มอัตราส่วนของเอทานอลมากขึ้นเท่าไรอัตราการสิ้นเปลืองก็เพิ่มสูงขึ้นกว่าแก๊สโซลีน และถ้าเพิ่ม อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์ก็ลดลงเช่นกัน Dambach และคณะ [9] ใช้เครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ขนาดเล็กพบว่าเมื่อใช้เอทานอลมีอัตราการสิ้นเปลืองเพิ่มขึ้น ประมาณ 38% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

Chan-Wei Wu Rong-Hong Chen Jen-YungPu และ Ta-Hui Lin, [10] ศึกษาอัตราส่วนผสม ของเชื้อเพลิงกับอากาศที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพและปริมาณสารมลพิษของเครื่องยนต์จุดระเบิด ด้วยประกายไฟ เมื่ออัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงบาง ( $\lambda < 1$ ) แรงบิดที่ได้จะสูง ปริมาณของ CO ขึ้นอยู่กับปริมาณของเอทานอลที่เป็นส่วนผสมและ  $\lambda > 1$  ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ CO จะลดลง ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) มากที่สุดเมื่อ  $\lambda \sim 1$  ปริมาณของไฮโดรคาร์บอนจะมีปริมาณ น้อยเมื่อ  $\lambda > 1$  และเมื่อมีค่ากว่าหนึ่งมากปริมาณของไฮโดรคาร์บอนจะสูงขึ้นอีก

ธนวัฒน์ ศรีรักษา [11] ศึกษาผลจกยานยนต์เชื้อเพลิงเอทานอลเปรียบเทียบกับแก๊สโซลีน จากงานวิจัยครั้งนี้สรุปว่าเราสามารถนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แทนเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน โดยปรับปรุงระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะกับคุณสมบัติของเอทานอล และเมื่อเชื้อเพลิงเอทานอลแล้วเครื่องยนต์จะมีแรงม้ามากกว่าประมาณ 4-16% ส่วนแรงบิดจะมีมากกว่า 16% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง และมลภาวะที่ออกมาพอจะสรุปได้ดังนี้ ค่า CO ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลจะมีค่าที่น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนประมาณ 6-30% ค่า  $\text{CO}_2$  ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลจะมีค่าที่สูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ประมาณ 4-43% และค่า  $\text{NO}_x$  ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลจะมีค่าโดยรวมน้อยกว่า เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 4-31% ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (BSFC) ของเชื้อเพลิงเอทานอลจะมีความสิ้นเปลืองมากกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 25-38% และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (BSEC) เชื้อเพลิงเอทานอลจะมีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 2-28% ซึ่งจะเห็นได้ว่าเอทานอลสามารถนำมาใช้แทนแก๊สโซลีนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีประสิทธิภาพแต่ต้องมีการปรับแต่งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอลด้วย

กรมควบคุมมลพิษ[12]ได้ทำการวิจัยมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์ดำเนินการตรวจวัดสารมลพิษจากรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์เป็นเชื้อเพลิงได้แก่สารมลพิษทั่วไป HC NO<sub>x</sub> CO CO<sub>2</sub> และสารมลพิษ Air Toxic (Benzenes Toluene Ethylbenzene Xylene Formaldehyde Acetaldehyde) รถยนต์การระบายก๊าซ CO ลดลงเฉลี่ยร้อยละ14.79 เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ การระบายก๊าซ NO<sub>x</sub> HC CO<sub>2</sub> เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 12.20 5.73 และ3.93ตามลำดับ การระบายสาร 1,3-Butadiene และBenzene ลดลงเฉลี่ยร้อยละ55.71 และ12.86 การระบายสารXylene Acetaldehyde Ethylbenzene Formaldehyde Toluene เพิ่มขึ้นเฉลี่ย117.07 127.29 122.34 20.72 และ 6.2 ไมโครกรัม ตามลำดับ สำหรับรถจักรยานยนต์ ระบายก๊าซ CO และ HC ลดลงเฉลี่ยร้อยละ10.52 และ5.55 การระบาย NO<sub>x</sub> CO<sub>2</sub> เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 17.39 และ 5.56ตามลำดับ การระบายสาร1,3-Butadiene, Benzene, Toluen, Formaldehyde ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 284.37 60.35 17.51 9.68 ตามลำดับ เมื่อใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ การระบายสาร Acetaldehyde, Xylene, Ethyl benzene เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 68.37 49.89 และ42.69 ตามลำดับ

Shing Tet Leong S. Muttamara และ Preecha Laortanakul [13]ทดสอบรถยนต์เพื่อหาปริมาณของ VOC จากด้วยการจับตามวัฏจักรมาตรฐานการทดสอบของประเทศไทยและทำการเลือกเชื้อเพลิงสำหรับการทดสอบโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน แก๊สโซฮอล์E10 และE15 ใช้รถยนต์ทดสอบ 16 คัน ที่มีความแตกต่างกันคือระยะทางที่รถใช้ ปีที่ใช้งาน ระบบการฉีดเชื้อเพลิง วิเคราะห์ปริมาณ VOC จากการจับ benzene toluene, m-xylene formaldehyde และ acetaldehyde ผลที่ได้จากการทดสอบ รถยนต์ช่วงปี 1995-1997 ที่มีระยะทางการใช้งานสูง มีการปล่อยปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) 1746–2285 mg/km มากกว่ารถยนต์ปี 1998-2000 ซึ่งมีระยะทางการใช้งานน้อยกว่า ปล่อยปริมาณ ไฮโดรคาร์บอน (HC) อยู่ในช่วงปริมาณ 113.30–1274.80 mg/km. รถยนต์แต่ละรุ่นมีการปล่อยปริมาณ VOC ที่แตกต่างกันแต่กล่าวโดยสรุปได้ว่า VOC ที่ปล่อยออกมาของรถยนต์ช่วงปี 1995-1997ปล่อยปริมาณ VOC มากกว่า รถยนต์ปี 1998- 2000 อีกทั้ง เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์E10 และE15 มีการปล่อยปริมาณ VOC น้อยกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาแล้วนั้นเห็นได้ว่าเมื่อเราใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงนั้นจะต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอลเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้ใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน อัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงเอทานอลสูงกว่าแก๊สโซลีนเนื่องมาจากในปริมาณที่เท่ากันเอทานอลมีค่าความร้อนที่น้อยกว่าแก๊สโซลีนเมื่อใช้เอทานอล กำลังเครื่องยนต์ที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลได้สูงกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน มลพิษ CO HC และ NO<sub>x</sub> และปริมาณของสารมลพิษ Air toxic ที่ออกมาโดยรวมน้อยกว่าแก๊สโซลีน เมื่อใช้เชื้อเพลิงเอทานอล จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ว่าวิจัยที่ผ่านมีมีการวิจัยที่เกี่ยวกับรถยนต์เป็นส่วนมาก มีส่วนน้อยที่วิจัยเกี่ยวกับรถจักรยานยนต์ และประเทศไทยมีรถจักรยานยนต์กว่า 16 ล้านคันและ ประเทศไทยสามารถผลิตเอทานอลขึ้นได้ภายในประเทศ ดังนั้นถ้าสามารถวิจัยเกี่ยวกับเชื้อเพลิงที่เป็นทางเลือกให้กับรถจักรยานยนต์ เพิ่มความมั่นคงในด้านพลังงานภายในประเทศได้อีกทางหนึ่ง

## 1.7 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความจำเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนการศึกษา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการทำวิจัย ซึ่งประกอบด้วย ระบบการทำงานเครื่องยนต์ คุณสมบัติของเอทานอล ทำงานของเครื่องวิเคราะห์ GC/MS และ HPLC

บทที่ 3 ขั้นตอนและ วิธีการดำเนินการเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือในการทดสอบรวมทั้งกระบวนการในการทดสอบและบันทึกผลการทดสอบ

บทที่ 4 ผลการทดลองของรถจักรยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊ส โซลีนและแก๊ส โซฮอลล์แต่ละชนิด วิเคราะห์ และเปรียบเทียบ

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

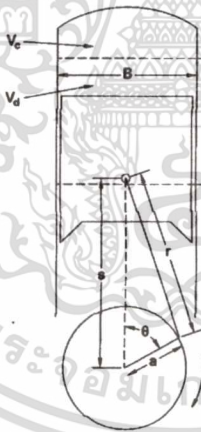
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 เครื่องยนต์สันดาปภายใน

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) โดยใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด (spark ignition engine) เครื่องยนต์มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นงานและกำลัง โดยเครื่องยนต์แก๊สโซลีนมีวัฏจักรการทำงาน 4 จังหวะ และ 2 จังหวะ โดยที่ลูกสูบเคลื่อนที่กลับไปกลับมาภายในกระบอกสูบและถ่ายทอดกำลังผ่านก้านสูบและเพลาคือเหวี่ยงดังรูปที่ 2.1 แสดงกลไกของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ ซึ่งการเคลื่อนที่ของลูกสูบนี้อันถูกเปลี่ยนไปเป็นการหมุนของเพลาคือเหวี่ยง เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปศูนย์ตายบน (top dead center, TDC) ปริมาตรของกระบอกสูบน้อยที่สุดเรียกว่าปริมาตรช่องว่าง (clearance volume,  $V_c$ ) และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงไปศูนย์ตายล่าง (bottom dead center, BDC) ปริมาตรของกระบอกสูบมากที่สุดเรียกว่าปริมาตรรวม (total volume,  $V_t$ ) โดยปริมาตรที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงไปคือปริมาตรกระจัด (displaced volume หรือ swept volume,  $V_d$ ) ซึ่งอัตราส่วนระหว่างปริมาตรสูงสุดและปริมาตรต่ำสุดคืออัตราส่วนกำลังอัด (compression ratio,  $R_c$ ) และช่วงระหว่างศูนย์ตายบนและศูนย์ตายล่างเรียกว่าระยะชัก (stroke)



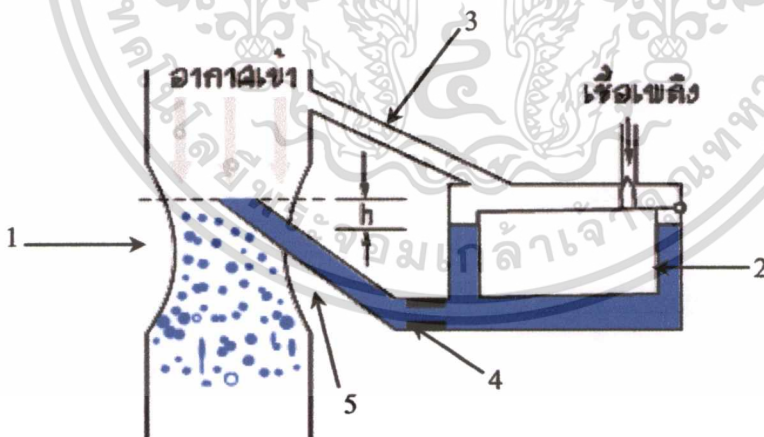
รูปที่ 2.1 กลไกของเครื่องยนต์แบบลูกสูบ [28]

ในปัจจุบันเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะเป็นที่นิยม แต่เครื่องยนต์ 2 จังหวะยังคงมีใช้อยู่ในงานบางประเภทซึ่งการพัฒนาเครื่องยนต์ 4 จังหวะได้มีการพัฒนาไปเป็น อย่างมากทั้งในเรื่องสมรรถนะ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และมลภาวะที่ออกมาจากเครื่องยนต์ ซึ่งก็ได้นำเอาระบบต่างๆ เข้ามาเพื่อที่ช่วยในการทำงานของเครื่องยนต์ ระบบจ่ายน้ำมัน เชื้อเพลิงก็เป็นระบบหนึ่งที่ได้มีการพัฒนาเป็นอย่างมากซึ่งในปัจจุบันระบบที่เป็นที่นิยมใช้กันคือระบบคาร์บูเรเตอร์ (carburetor) และระบบหัวฉีด (EFI) โดยที่การเผาไหม้ของเครื่องยนต์นั้นต้องการออกซิเจนในปริมาณหนึ่ง และในอากาศไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแก๊สไนโตรเจนและออกซิเจน คิดเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักประมาณ 3.76 : 1 และไนโตรเจนแม้เป็นแก๊สเฉื่อยไม่มีส่วนช่วยในการสันดาป แต่ก็มีความสำคัญมากเช่นเดียวกันเนื่องจากแก๊สไนโตรเจนนี้ช่วยลดความเร็วในการเผาไหม้และยังป้องกันไม่ให้ความดันภายในกระบอกสูบสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนเป็นอันตรายต่อ เครื่องยนต์ สำหรับเครื่องยนต์ที่สภาวะการทำงานจริงนั้นความต้องการอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นไม่คงที่ บางครั้งเครื่องยนต์อาจต้องการ ส่วนผสมที่หนา บางครั้งก็ ต้องการส่วนผสมที่บาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะการขับขี ซึ่งมีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์ อัตราความสิ้นเปลืองและการเกิดมลพิษ ดังนั้นเห็นได้ว่าระบบจ่ายเชื้อเพลิงมีความสำคัญต่อ เครื่องยนต์เป็นอย่างมาก

### 2.1.1 ระบบคาร์บิวเรเตอร์

คาร์บิวเรเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการไหลของเชื้อเพลิงเข้าไปในท่อไอดี โดยที่อากาศไหลผ่านเข้าท่อเวนจูรี ความแตกต่างของความดันที่เกิดขึ้นระหว่างทางเข้าและคอคอดของท่อเวนจูรี (ขึ้นอยู่กับความเร็วของอากาศ) โดยรูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของคาร์บิวเรเตอร์แบบพื้นฐานโดยที่อากาศไหลผ่านไปยังท่อเวนจูรี (1) ซึ่งความเร็วของอากาศเร็วขึ้นความดันลดลง โดยที่ระดับของเชื้อเพลิงถูกรักษาไว้ให้คงตัวในห้องลูกลอย (2) ซึ่งถูกต้องผ่านท่ออากาศ (3) เข้ากับทางอากาศเข้าเชื้อเพลิงก็ไหลผ่านออร์ฟิซหลัก (4) ได้เพราะความดันที่ต่างกันระหว่างห้องลูกลอยและคอคอดของท่อเวนจูรี เชื้อเพลิงไหลผ่านท่อส่งเชื้อเพลิง (5) เข้าไปในคอคอดของท่อเวนจูรีทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงแตกเป็นฝอยละอองเข้าไปสู่เครื่องยนต์



รูปที่ 2.2 คาร์บิวเรเตอร์แบบพื้นฐาน [28]

โดยการวิเคราะห์การทำงานของคาร์บิวเรเตอร์แบบพื้นฐานแยกออกเป็น

1) การไหลผ่านท่อเวนจูรี การไหลของอากาศผ่านท่อเวนจูรี โดยทั่วไปพิจารณาเป็นการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบคงตัวของของไหลยวบตัว ซึ่งได้อัตราการไหลของมวลอากาศ ( $\dot{m}_a$ )

$$\dot{m}_a = \frac{C_{D_T} A_T P_0}{\sqrt{RT_0}} \left( \frac{P_T}{P_0} \right)^{1/\gamma} \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[ 1 - \left( \frac{P_T}{P_0} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \right] \right\}^{1/2} \quad (2.1)$$

โดยที่  $C_{D_T}$  และ  $A_T$  เป็นสัมประสิทธิ์ของอัตราการไหลและพื้นที่ของคอคอดตามลำดับ เมื่อไม่มีคิดความเร็วที่ทางเข้าคาร์บิวเรเตอร์และให้  $\Delta p_a = p_0 - p_T$  สมการที่ 2.1 ก็เขียนได้เป็น

$$\dot{m}_a = C_{D_T} A_T (2\rho_{a_0} \Delta p_a)^{1/2} \Phi \quad (2.2)$$

โดย

$$\Phi = \left[ \frac{\left( \frac{\gamma}{\gamma-1} \right) \left( \frac{P_T}{P_0} \right)^{2/\gamma} - \left( \frac{P_T}{P_0} \right)^{(\gamma+1)/\gamma}}{1 - \left( \frac{P_T}{P_0} \right)} \right]^{1/2} \quad (2.3)$$

ซึ่ง  $\Phi$  มักถูกเรียกว่าฟังก์ชันของการไหลแบบยวบตัวของความดันที่ตกลง ( $\Delta P_a$ ) สำหรับช่วงการทำงานตามปกติของคาร์บิวเรเตอร์ โดย  $\Delta P_a / P_0 \leq 0.1$  ผลของการยวบตัวซึ่งทำให้  $\Phi$  ต่ำกว่า 1.0 มีน้อย

2) การไหลผ่านออริฟิซเชื่อเพลิง เนื่องจากเชื่อเพลิงเป็นของเหลวจึงพอถือได้ว่าไม่ยวบตัว อัตราการไหลของเชื่อเพลิงผ่านออริฟิซหลัก

$$\dot{m}_f = C_{D_0} A_0 (2\rho_f \Delta P_f)^{1/2} \quad (2.4)$$

โดยที่  $C_{D_0}$  และ  $A_0$  เป็นสัมประสิทธิ์อัตราการไหลและพื้นที่ของออริฟิซตามลำดับ  $\Delta P_f$  เป็นผลต่างของความดันเมื่อผ่านออริฟิซ และสมมติให้พื้นที่ของออริฟิซน้อยกว่าพื้นที่ของช่องทางผ่านมาก สำหรับระดับเชื่อเพลิงในห้องลูกลอยทำให้ต่ำกว่าปลายของท่อส่งเชื่อเพลิงดังใน รูป 2.2 เพื่อป้องกันไม่ให้เชื่อเพลิงหกเมื่อเครื่องยนต์เียงจากระดับในแนวนอน ดังนั้น

$$\Delta P_f = \Delta P_a - \rho_f gh \quad (2.5)$$

โดยทั่วไปแล้ว  $h$  มีค่าประมาณ 10 มิลลิเมตร

3) สมรรถนะของคาร์บิวเรเตอร์แบบพื้นฐาน อัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื่อเพลิงที่ได้จากคาร์บิวเรเตอร์แบบพื้นฐานก็เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

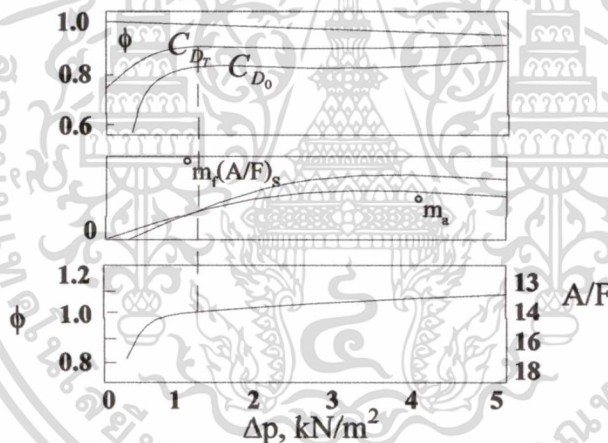
$$\left(\frac{A}{F}\right) = \frac{m_a}{m_f} = \left(\frac{C_{D_{Tr}}}{C_{D_0}}\right) \left(\frac{A_T}{A_0}\right) \left(\frac{\rho_{a_0}}{\rho_f}\right)^{1/2} \left(\frac{\Delta P_a}{\Delta P_a - \rho_f g h}\right)^{1/2} \Phi \quad (2.6)$$

และอัตราส่วนสมมูล ( $\phi$ ) ก็เป็น

$$\phi = \frac{(A/F)_s}{\Phi} = \left(\frac{C_{D_0}}{C_{D_{Tr}}}\right) \left(\frac{A_0}{A_T}\right) \left(\frac{\rho_f}{\rho_{a_0}}\right)^{1/2} \left(1 - \frac{\rho_f g h}{\Delta P_a}\right)^{1/2} \quad (2.7)$$

โดย  $(A/F)_s$  เป็นอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงพอดี

สำหรับคาร์บิวเรเตอร์แบบพื้นฐาน เชื้อเพลิง และสภาวะโดยรอบหนึ่งๆ พจน์  $A_0$ ,  $A_T$ ,  $\rho_f$  และ  $\rho_{a_0}$  คงตัว ส่วนสัมประสิทธิ์อัตราไหล  $C_{D_0}$ ,  $C_{D_{Tr}}$  และ  $\Phi$  แปรผันกับอัตราการไหล ดังนั้นอัตราส่วนสมมูลของสารผสมที่ได้จากคาร์บิวเรเตอร์แบบพื้นฐานจึงไม่คงตัว



รูปที่ 2.3 สมรรถนะของคาร์บิวเรเตอร์แบบพื้นฐานในรูปของการเปลี่ยนแปลง [28]

### 2.1.2 ระบบฉีดเชื้อเพลิง (fuel-injection system) $C_{DT}$

ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟนั้นมีการฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาศในช่วงของการดูด โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมตามความต้องการของเชื้อเพลิงในสภาวะต่างๆ โดยระบบฉีดเชื้อเพลิงที่ใช้กันอยู่มีอยู่หลายแบบซึ่งสามารถจำแนกได้ตามลักษณะต่างๆ ดังนี้

1) แบ่งตามลักษณะของการควบคุม เป็นระบบที่ควบคุมเชิงกล (mechanical control) และระบบที่ควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic control)

2) แบ่งตามลักษณะการฉีด เป็นการฉีดอย่างต่อเนื่องและการฉีดเป็นช่วงๆ

3) แบ่งตามตำแหน่งการฉีด เป็นการฉีดเข้าช่องไอดี (port injection) การฉีดเข้าช่องปีกผีเสื้อ (throttle-body injection-ฉีดที่เสื่อลิ้นเร่ง) และการฉีดตรงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (direct injection)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) แบ่งตามจำนวนจุดที่ฉีด เป็นการฉีดที่จุดเดียว (single-point injection) และการฉีดเข้าหลายจุด (multipoint injection) ซึ่งการฉีดเข้าจุดเดียวเป็นการฉีดเข้าช่องปีกผีเสื้อ และการฉีดเข้าหลายจุดสำหรับเครื่องยนต์หลายสูบเป็นการฉีดเข้าช่องไอดี

ในที่นี้กล่าวถึงระบบการควบคุมหัวฉีดที่ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์(Electronic fuel injection) ที่ใช้ในรถจักรยานยนต์สูบเดียว 4 จังหวะ โดยมีตัวตรวจจับต่างๆ ดังนี้

- 1) ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ
- 2) ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี
- 3) ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง
- 4) ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง
- 5) ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์
- 6) ตัวตรวจจับมุมเอียงของรถ



รูปที่ 2.4 ตำแหน่งตัวตรวจจับต่างๆ ที่ตัวเรือนปีกผีเสื้อ [32]

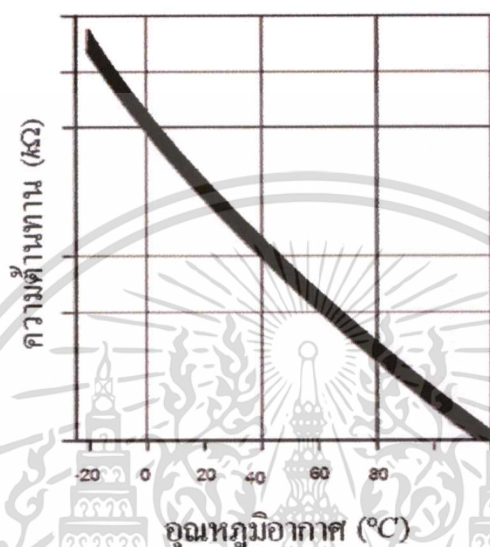
#### 2.1.2.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศในท่อไอดี (Intake Air Temperature Sensor)

เป็นตัวจับอุณหภูมิอากาศก่อนที่เข้าสู่เครื่องยนต์แล้วส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุม (ECM) เพื่อปรับอัตราส่วนการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ โดยตัวตรวจจับติดตั้งบริเวณด้านหน้าของลิ้นปีกผีเสื้อ (รูปที่ 2.4) หลักการทำงานเมื่ออากาศมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นก็ทำให้ความหนาแน่นลดลงก็ต้องจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลงด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้าอากาศมีอุณหภูมิต่ำลงความหนาแน่นของอากาศเพิ่มขึ้นก็ต้องจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น

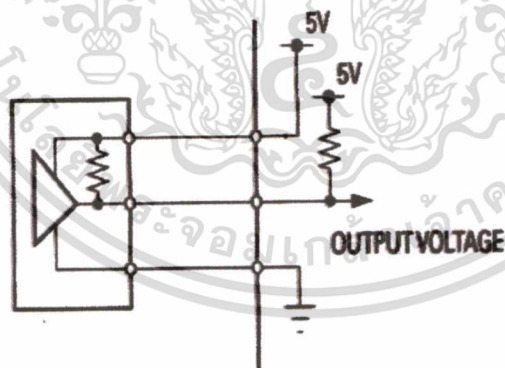
#### 2.1.2.2 ตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี (Manifold Absolute Pressure Sensor)

ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณอากาศด้วยการตรวจจับความดันภายในท่อไอดีซึ่งเป็นความเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านทานที่เปลี่ยนแปลงได้แบบสารกึ่งตัวนำแล้วส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุม (ECM) เพื่อปรับอัตราส่วนการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ โดยตัวตรวจจับความดันในท่อไอดีติดอยู่บริเวณหลังปีกผีเสื้อซึ่งประกอบเป็นชุดเดียวกันกับเรือนลิ้นเร่ง (รูปที่ 2.5) หลักการทำงานถ้าความดันในท่อไอดีสูงก็มีการเพิ่มปริมาณน้ำมันมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าความดันในท่อไอดีต่ำก็ลดน้ำมันลงเช่นกัน



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าความดันทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ [32]

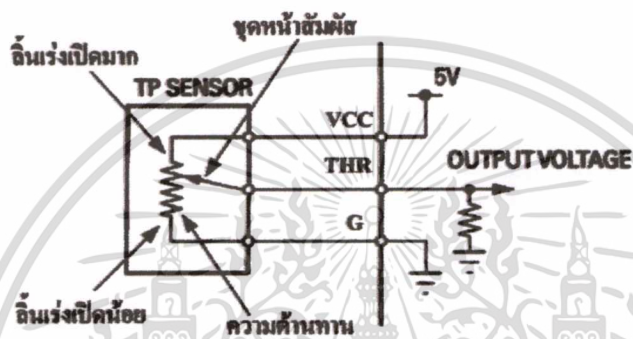


รูปที่ 2.6 วงจรภายในของตัวตรวจจับความดันในท่อไอดี [32]

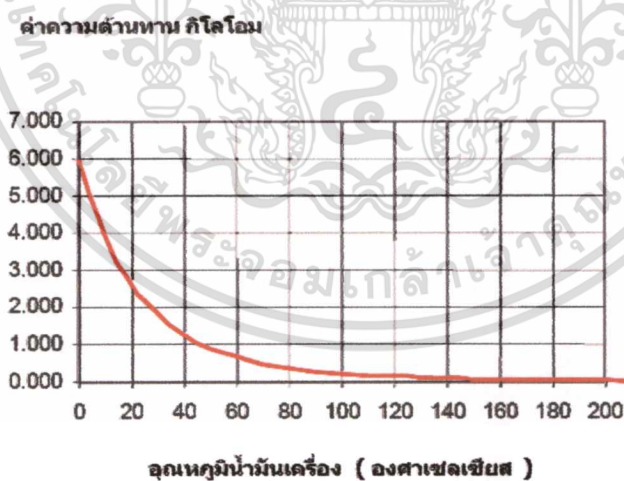
### 2.1.2.3 ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง (Throttle Position Sensor)

ทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่งของลิ้นเร่งแล้วส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุม (ECM) เพื่อจ่ายน้ำมัน ให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์และมีการตัดน้ำมันเมื่อผ่อนคันเร่ง โดยการเปรียบเทียบกับสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์และสัญญาณอุณหภูมิน้ำมันเครื่องด้วย การทำงานที่ตำแหน่งลิ้นเร่งปิดสุดชุดหน้าสัมผัสสัญญาณการเปิดลิ้นเร่ง ต่อที่ส่วนปลายของแผ่นความต้านทานในตำแหน่งนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานมาก ทำให้ไฟที่จ่ายมาจากขั้ว VCC 5 โวลต์ ไหลผ่านความต้านทานมากจึงทำให้ไฟไหลกลับไปที่กล่องควบคุม (ECM) ที่ขั้ว THR น้อย (0.5 โวลต์) ในตำแหน่งนี้กล่อง ECM สั่งให้หัวฉีดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง น้อยเมื่อบิดคันเร่งมากขึ้นจุดหน้าสัมผัสสัญญาณการเปิดลิ้นเร่ง เคลื่อนที่เข้าหาขั้ว VCC มากขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขั้ว VCC กับขั้ว THR ลดลงยอมให้กระแสไฟไหลกลับไปกล่อง ECM ที่ขั้ว THR มากขึ้น เป็นผลให้กล่อง ECM สั่งจ่ายน้ำมันมากขึ้น จนลิ้นเร่งเปิดสุดความต้านทานน้อยที่สุดทำให้ไฟไหลกลับไปที่กล่องควบคุม (ECM) ได้มากที่สุด 4.47 โวลต์ ตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่งประกอบเป็นชุดเดียวกันกับตัวเรือนลิ้นเร่ง โดยเชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของลิ้นปีกผีเสื้อ ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ท่อไอดี (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.7 วงจรภายในของตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง [32]



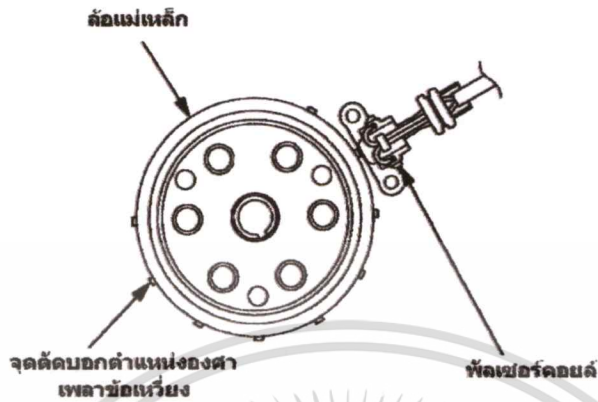
รูปที่ 2.8 อุณหภูมิและความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง [29]

2.1.2.4 ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำมันเครื่อง (Engine Oil Temperature Sensor)

ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิของน้ำมันเครื่องส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุม (ECM) เพื่อเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำมันเครื่องกล่าวคือถ้าอุณหภูมิน้ำมันเครื่องต่ำก็จ่ายน้ำมันมากขึ้นแสดงในรูปที่ 2.8 เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.2.5 ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Engine Speed Sensor)

ทำหน้าที่ตรวจจับความเร็วแล้วส่งสัญญาณไปยังกล่องควบคุม (ECM) ผลการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะกับเชื้อเพลิงและตำแหน่งการจุดระเบิดที่เหมาะสม

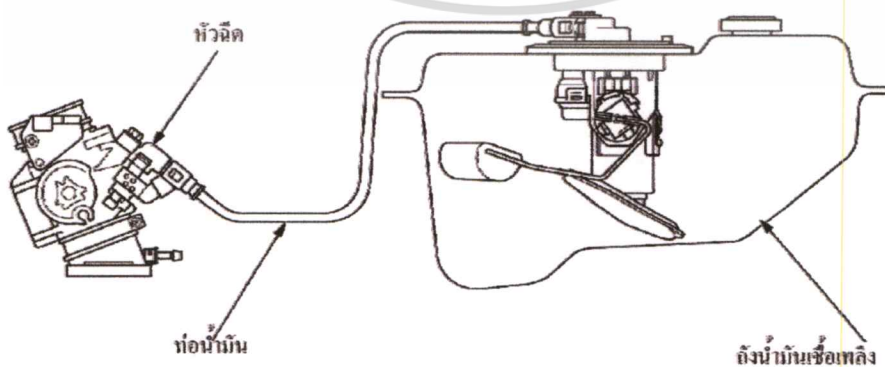


รูปที่ 2.9 ตัวตรวจจับความเร็วรอบเครื่องยนต์และตำแหน่งจุดระเบิด [32]

นอกจากนี้ยังมีตัวตรวจจับความเอียงของตัวรถ (bank angle sensor) เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในขณะที่รถล้ม โดยตัวตรวจจับความเอียงนี้ส่งกระแสไฟฟ้าประมาณ 1 โวลต์ ไปยังกล่องควบคุม (ECM) เพื่อที่ตัดการทำงานของระบบเชื้อเพลิง ในกรณีที่รถล้มเพื่อป้องกันไหม้ในกรณีเกิดอุบัติเหตุรถล้ม

### 2.1.2.6 ระบบเชื้อเพลิง

ทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้คงที่ตลอดเวลาตามความต้องการของเครื่องยนต์ด้วยความดันคงที่ 295 kPa ซึ่งประกอบไปด้วยถึงน้ำมันเชื้อเพลิง ปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง ตัวควบคุมความดันน้ำมันเชื้อเพลิง ท่อน้ำมันเชื้อเพลิง (ท่อความดันสูง) และหัวฉีดแสดงในรูป 2.10

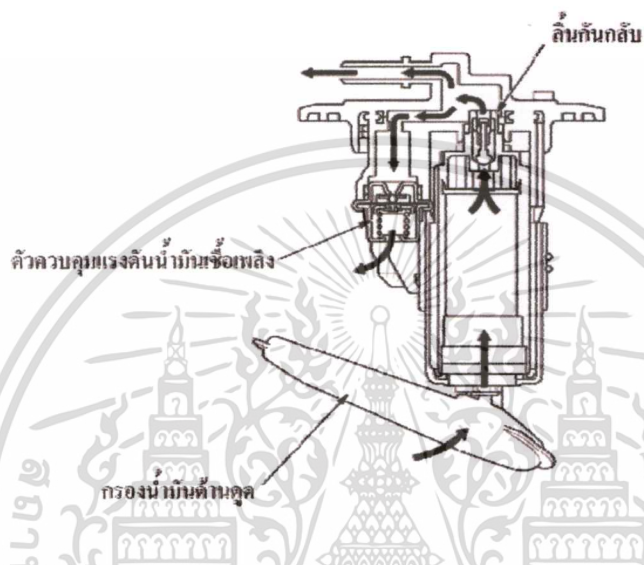


รูปที่ 2.10 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง [32]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel pump) ทำหน้าที่สร้างความดันให้เชื้อเพลิงแล้วส่งไปยังหัวฉีดให้เพียงพอกับความต้องการของเครื่องยนต์โดยสร้างความดัน 294 kPa หรือ 3 kgf/cm<sup>2</sup> โดยทำงานโดยการสั่งจากกล่องควบคุม เมื่อเราเปิดสวิตช์กุญแจปั๊มทำงานประมาณ 2 วินาทีแล้วหยุดทำงานอีกครั้งต่อเมื่อสัญญาณการหมุนของเครื่องยนต์หรือเมื่อเราสตาร์ทเครื่อง

2) ตัวควบคุมความดัน (pressure regulator) ติดตั้งอยู่ในถังน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อรักษาความดันในระบบให้คงที่



รูปที่ 2.11 ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและตัวควบคุมความดัน [32]

3) หัวฉีด (injector) ทำหน้าที่ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละออง เพื่อคลุกเคล้ากับอากาศบริเวณท่อไอดีก่อนผ่านวาล์วไอดีเข้าสู่กระบอกสูบ หัวฉีดที่ใช้เป็นแบบบังคับการเปิดของหัวฉีดโดยโซลินอยด์ไฟฟ้าและปิดโดยแรงดันสปริง



รูปที่ 2.12 หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

#### 2.1.2.7 กล่องควบคุม (Engine Control Module ECM)

กล่องควบคุม (ECM) ถือว่าเป็นตัวประมวลผลในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยรับสัญญาณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวตรวจจับต่างๆ ที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้แล้วนำมาประมวลผลเพื่อที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและตำแหน่งในการจุดระเบิดที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์มากที่สุดในทุกสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์และการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

## 2.2 เอทานอล (ethanol)

เอทานอล (ethanol) เป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในประเทศ ซึ่งสามารถนำมาบริโภคได้ ซึ่งการผลิตเอทานอลนี้ได้มาจากการแปรรูปพืชจำพวกแป้งและน้ำตาลรวมทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส โดยการหมักตัวอย่างเช่น อ้อย ข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น โดยเมื่อกลั่นออกมาแล้วมีสูตรทางเคมีเป็น  $C_2H_5OH$  มีชื่อทางเคมีคือ เอทิล-แอลกอฮอล์ (ethyl alcohol)

โดยเอทานอลนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ โดยคุณสมบัติของเอทานอลแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของเอทานอลกับแก๊สโซลีน [28]

Fuel	Gasoline	Ethanol
Formula	$C_{8.26}H_{15.5}$	$C_2H_5OH$
Molar C/H ratio	0.445	0.333
Molecular weight (kg/kmol)	114.18	46.07
Low heating value (MJ/kg)	44	26.9
Stoichiometric air/fuel ratio	14.6	9
Auto-ignition temperature ( $^{\circ}C$ )	257	425
Heat of vaporization (kJ/kg)	305	840
Research octane number	88-100	108.6
Motor octance number	80-90	89.7
Freezing point ( $^{\circ}C$ )	-40	-114
Boiling point ( $^{\circ}C$ )	27-225	78
Density ( $kg/m^3$ )	765	785

จากคุณสมบัติของเอทานอลและแก๊สโซลีนที่มีความแตกต่างกันเราต้องมีการปรับปรุงเครื่องยนต์เพื่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอล เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมมีแนวทางในการปรับปรุงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 อะตอมของเอทานอลมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วย ซึ่งจับตัวอยู่ในรูปของอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxy-OH) ทำให้โมเลกุลของเอทานอลมีคุณสมบัติเป็น โพลาร์ (polar) ซึ่งมีปฏิกิริยาในการกัดกร่อนต่อชิ้นส่วนที่เป็นโลหะและพลาสติก ดังนั้นต้องมีการเคลือบสารเพื่อป้องกันการกัดกร่อนกับชิ้นส่วนที่สัมผัสกับเอทานอล

2.2.2 ค่าความร้อน (Low heating value) เอทานอลมีค่าน้อยกว่าแก๊สโซลีนอยู่ประมาณ 30% โดยวัดต่อหน่วยน้ำหนัก ดังนั้นเราต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าแก๊สโซลีนเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้เหมือนเดิมจากตารางที่ 2.1 เห็นว่าค่าความร้อนของเอทานอลนั้นมีน้อยกว่าแก๊สโซลีน ดังนั้นก็ต้องปรับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะสม โดยที่แก๊สโซลีนมีอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเป็น 14.7 : 1 แต่เอทานอลมีอัตราส่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเป็น 9 : 1 โดยเราคิดที่สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์หรือเรียกว่า stoichiometric air fuel ratio ได้ดังนี้

สำหรับแก๊สโซลีนซึ่งมีสมการเคมี  $C_{8.26}H_{15.5}$  สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของแก๊สโซลีน คือ



คิดในหน่วยโมล

$$\begin{aligned} 1 + 12.135(1 + 3.773) &= 8 + 7.75 + 45.7852 \\ 59.9 &= 61.8 \end{aligned}$$

คิดในหน่วยน้ำหนัก

$$\begin{aligned} 114.83 + 1672.3 &= 363.53 + 139.62 + 1282.9 \\ 1786.05 &= 1786.05 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นจำนวนอากาศที่ใช้ต่อ 1 กิโลกรัมของแก๊สโซลีน ได้

$$(A/F)_s = \frac{1672.3}{114.83} = 14.56 \quad (2.9)$$

นั่นคือเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 1 กิโลกรัมต้องใช้อากาศ 14.7 กิโลกรัมจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ในทางทฤษฎี

สำหรับเอทานอลซึ่งมีสมการเคมี  $C_2H_5OH$  สมการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเอทานอล คือ



คิดในหน่วยโมล

$$1 + 3(1 + 3.773) = 2 + 3 + 11.32$$

$$15.32 = 16.32$$

คิดในหน่วยน้ำหนัก

$$46.07 + 414.71 = 88.02 + 46.06 + 318.77$$

$$460.78 = 460.78$$

เพราะฉะนั้นจำนวนอากาศที่ใช้ต่อ 1 กิโลกรัมของเอทานอล ได้

$$\left(\frac{A}{F}\right)_s = \frac{414.71}{46.07} = 9.00 \quad (2.11)$$

นั่นคือเชื้อเพลิงเอทานอล 1 กิโลกรัมต้องใช้อากาศ 9 กิโลกรัมจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ในทางทฤษฎี

2.2.3 ค่าความร้อนของการระเหยเป็นไอ (heat of vaporization) จากตารางที่ 1 เห็นได้ว่าเอทานอลมีค่าความร้อนแฝงในการระเหยตัวสูงกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 3 เท่า ซึ่งมีการดึงความร้อนออกจากเครื่องยนต์มากกว่าแก๊สโซลีนมีผลกับเครื่องยนต์ดังนี้

- ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์นั้นมีอุณหภูมิต่ำลงทำให้มีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรสูงขึ้น มีผลให้กำลังของเครื่องยนต์สูงขึ้น

- เอทานอลต้องใช้ความร้อนในการระเหยตัวที่มากกว่าแก๊สโซลีนทำให้อาจมีปัญหาในขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะอุณหภูมิต่ำ

2.2.4 ค่าออกเทน (octane) จากตารางที่ 2.1 เห็นได้ว่าเอทานอลมีค่าออกเทนสูงกว่าแก๊สโซลีนซึ่งทำให้สามารถเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ได้มากกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

### 2.3 มลพิษอากาศ (Air pollution)

สารมลพิษ (Pollutants) หมายถึงสารที่ก่อให้เกิดอันตรายหรือผลกระทบทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อ มนุษย์ สัตว์ พืช และสภาพแวดล้อมอื่นๆที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลา นานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืชและวัสดุ ประเภทของ

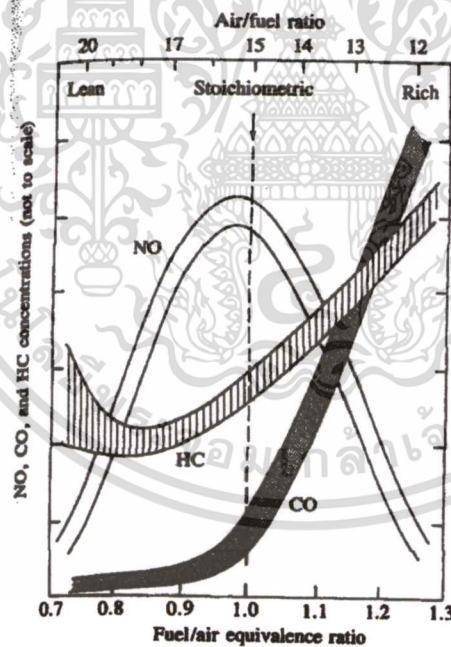
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารมลพิษอากาศแบ่งออกได้สองประเภท ประเภททั่วไป (Criteria pollutants) และสารอันตราย (Hazardous)

### 2.3.1 สารมลพิษทั่วไป (Criteria pollutants)

สารมลพิษทั่วไปที่เกิดกระบวนการสันดาปของรถยนต์และเครื่องยนต์สันดาปภายในอื่นๆ สารเหล่านี้สร้างมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อม กลิ่นและปัญหาระบบหายใจ สาเหตุสำคัญเหล่านี้คือการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ การแตกตัวของไนโตรเจนและสิ่งแปลกปลอมที่ไม่พึงประสงค์ของเชื้อเพลิงและอากาศมลพิษในไอเสียที่มีปัญหาคือ ไฮโดรคาร์บอน (HC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน( $\text{NO}_x$ )

2.3.1.1 ไฮโดรคาร์บอน (HC) ไอเสียที่ออกจากห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสูงถึง 6,000 ppm หรือเทียบเท่า 1-1.5% ของเชื้อเพลิง 40% ของส่วนดังกล่าวนี้ คือสารประกอบของเชื้อเพลิงซึ่งมีได้เผาไหม้ส่วนอีก 60%คือสารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่มีได้มีอยู่ดั้งเดิมในเชื้อเพลิง จากรูปที่ 2.13 แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนอากาศเชื้อเพลิงมีผลอย่างมากต่อปริมาณไฮโดรคาร์บอน การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ถ้าไอดีเจือจางเกินไปและการสันดาปไม่ทั่วถึง



รูปที่ 2.13 กราฟมลพิษไอเสียบนความเข้มข้นของไอดี [22]

2.3.1.2 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยไอเสียที่มีความเข้มข้นสูงดังแสดงรูปที่ 2.16 เมื่อไม่มีออกซิเจนเพียงพอในการทำปฏิกิริยากับคาร์บอนให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ เชื้อเพลิงส่วนใหญ่จึงไม่ถูกสันดาปและทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟส่วนใหญ่มีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 0.2-5% คาร์บอนมอนอกไซด์มิได้เป็นสารพิษไม่พึงประสงค์ในไอเสียเท่านั้นการมี คาร์บอนมอนอกไซด์หมายถึงการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปเพราะคาร์บอนมอนอกไซด์ก็เป็น เชื้อเพลิงที่สามารถให้พลังงานความร้อนได้ดังสมการต่อไปนี้



2.3.1.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) ไอเสียของเครื่องยนต์ทั่วไปมีปริมาณของ ออกไซด์ของไนโตรเจนประมาณ 2000 ppm หรือต่ำกว่านั้น โดยส่วนใหญ่เป็น ไนโตรเจนออกไซด์( $\text{NO}$ ) มีไนโตรเจนไดออกไซด์( $\text{NO}_2$ ) ปนอยู่ส่วนน้อยเท่านั้น และที่เหลือซึ่งมีปริมาณน้อยมากเป็น สารประกอบต่างๆ ระหว่างไนโตรเจนและออกซิเจน ออกไซด์เหล่านี้ถูกเรียกรวมกันว่า  $\text{NO}_x$



$\text{NO}$  ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานี้จะทำปฏิกิริยาต่อเนื่องและกลายเป็น  $\text{NO}_2$  ได้ดังนี้



การคำนวณปริมาณสารมลพิษ [29]

$$M = \frac{V_{\text{mix}} \times \rho \times K_h \times C_i \times 10^6}{d} \quad (\text{g/km}) \quad 2.18$$

$V_{\text{mix}}$  = ปริมาตรไอเสียที่ไหลผ่านระบบเก็บตัวอย่างขณะทดสอบ (liter)

$\rho$  = ความหนาแน่นของสารมลพิษในไอเสีย (g/liter)

$K_h$  = Humidity factor for  $\text{NO}_x$

$C_i$  = ปริมาณสารมลพิษในไอเสีย (g)

$d$  = ระยะทางที่ใช้ทดสอบ (km)

2.3.1.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนเอทานอลที่เพิ่มขึ้นใน เชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ย่อมเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าความจุความร้อนเอทานอลที่น้อยกว่าแก๊ส โซลีน จึงต้องมีการเพิ่มเชื้อเพลิงเพื่อชดเชยในส่วนนี้ การคำนวณอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงใช้วิธีสมมูล คาร์บอนจากมาตรฐาน ECE 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตรการคำนวณอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน

$$FC = (0.1155 \div D) \cdot [(0.866 \times HC) + (0.429 \times CO) + (0.273 \times CO_2)] \quad 2.19$$

- เมื่อ
- FC = อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลิตรต่อหนึ่งร้อยกิโลเมตร (L/100 km)
  - D = ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงทดสอบ
  - HC = ปริมาณของไฮโดรคาร์บอนที่วัดได้จากการทดสอบ (g/km)
  - CO = ปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้จากการทดสอบ (g/km)
  - CO<sub>2</sub> = ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้จากการทดสอบ (g/km)

2.3.3 สารมลพิษ Air Toxic ได้แก่ ไอร์โระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds: VOCs) และสารพวก HAPs (Hazardous AirPollutants) พวกสารมลพิษเหล่านี้เป็นสารประกอบในพวกลิตัวทำละลาย น้ำมัน ซึ่งมีแหล่งปล่อยออกมาจากยานยนต์ตามท้องถนนจากเครื่องจักรกลจากโรงงานอุตสาหกรรม และจากบริเวณที่มีน้ำเสียสารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์

องค์การอนามัยโลก (The World Health Organization: WHO) นิยามความหมายของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) ว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ ที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีจุดเดือดอยู่ในช่วง 50-260 °C (ไม่นับรวมสารในกลุ่มยาฆ่าแมลง) ในสถานะอุณหภูมิปกติ สาร VOCs จะอยู่ในรูปของก๊าซหรือไอ Volatile Organic Compounds (VOCs) คือสารประกอบคาร์บอนใดๆ ยกเว้น carbon monoxide (CO) carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) carbonic acid metallic carbides หรือ carbonates และ ammonium carbonate ซึ่งมีส่วนร่วมในการเกิด photochemical ในบรรยากาศ ทั้งนี้รวมถึงสารประกอบบางชนิดซึ่งไม่ได้มีส่วนในกระบวนการเคมีแสงดังกล่าวด้วย ชนิดของสารประกอบ VOCs สามารถแบ่งกลุ่มตามโมเลกุลของสารได้เป็นสองชนิด

#### 2.3.2.1 Non-chlorinated Vocs หรือ Non-halogenated hydrocarbons

กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุลประกอบด้วย aliphatic hydrocarbons (เช่น fuel oils, gasoline hexane industrial solvents ในอุตสาหกรรม alcohols aldehydes ketone, hexane) และกลุ่มสาร aromatic hydrocarbons เช่นสารตัวทำละลาย toluene benzene ethylbenzene, xylenes, styrene, phenol)

#### 2.3.2.2 Chlorinated VOCs หรือ halogenated hydrocarbons

กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล Chlorinated VOCs นี้มีความเป็นพิษมากกว่าและเสถียรตัวในสิ่งแวดล้อมมากกว่าสารกลุ่มแรก (non-chlorinated VOCs) เพราะมีโครงสร้างที่มีพันธะระหว่างคาร์บอนและธาตุกลุ่มฮาโลเจนที่ทนทานมาก ขาดต่อการสลายตัวใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติ ทางชีวภาพ ทางกายภาพ หรือโดยทางวิธีเคมีทั่วไป มีความคงตัวสูงและสะสมได้นานเช่น Chloroform Vinyl Chloride Dichloromethane

### 2.3.2.3 เมตะบอลิซึม ความเป็นพิษ และกลไกการเกิดพิษ

สาร VOCs เข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางคือ การหายใจ ได้รับทางปอด การกิน-ดื่มทางปาก และ การสัมผัสทางผิวหนัง หลังจากการเข้าสู่ร่างกายแล้วจะผ่านเข้าสู่ตับ ซึ่งจะมีเอนไซม์และวิถีทางเมตะบอลิซึม (metabolism) หลากหลายที่แตกต่างกัน จะทราบกลไกการเกิดพิษของสาร VOCs ต้องอาศัยความรู้ด้านเภสัชวิทยาและพิษจุลศาสตร์ เช่น สารพิษถูกเปลี่ยนแปลงทางเมตะบอลิซึมในตับ ในระยะแรก โดยอาศัยเอนไซม์ในระบบ P450 และในระยะหลังรวมตัวกับสาร glutathione ชนิดเอนไซม์ P450 ที่ใช้จะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของ VOCs เช่น เอนไซม์ชนิด CYP2E1 มีบทบาทมากต่อเมตะบอลิซึมของ trichloroethylene ซึ่งจะกลายเป็น chloral hydrate และต่อมาถูกเอนไซม์ชนิด CYP2B เร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็น trichloroethanol ซึ่งในที่สุดจะถูกขับทิ้งทางปัสสาวะในรูปของ trichloroacetic acid เชลล์ตับจะทำให้ toluene กลายเป็น benzyl alcohol และ benzoic acid ละลายในน้ำได้ง่าย แล้วถูกขับออกทางปัสสาวะ

ปัจจัยที่ทำให้สาร VOCs เกิดอันตรายมีความรุนแรงและอาการป่วยมากหรือน้อยมีดังนี้

1. ช่วงชีวิตครึ่งของสาร VOCs ในเลือดการตรวจวัดสารระเหย VOCs ในเลือดสามารถบอกประวัติการได้รับ หรือ การสัมผัส VOCs ในประชากรได้
2. ขึ้นอยู่กับสภาวะภายในร่างกาย และปฏิกิริยาชีวเคมีทางเมตะบอลิซึมในตับและเนื้อเยื่อแปรสภาพให้เป็นพิษมากขึ้นหรือน้อยลงได้ และขึ้นอยู่กับปริมาณอัลกอฮอล์หรือสารเคมีอื่นในกระแสเลือดและเนื้อเยื่อด้วย ตัวอย่างเช่น การดื่มเหล้าหรือเครื่องดื่มที่มีอัลกอฮอล์จะเพิ่มการดูดซึมและเพิ่มระดับของ 2-butanone และ acetone ในเลือดของนักดื่มเหล้าทั้งหลาย
3. การขับสารพิษทั้ง สาร VOCs ถูกขับโดยตรงผ่านไตออกมาทางปัสสาวะ ทางลมหายใจ และโดยทางอ้อมผ่านตับ และน้ำดี ถ้าสารนั้นถูกขับออกทิ้งได้ง่าย ความเป็นพิษจะน้อยลงกว่าสารเคมีที่ถูกขับออกทิ้งได้ยาก ตัวอย่าง ผลกระทบของสารอินทรีย์ ไอร์เซตอระบบต่าง ๆ มีดังนี้

### ตารางที่ 2.2 ตัวอย่าง สาร VOCs ที่เป็นสารก่อมะเร็ง และสารส่งเสริมการเกิดเนื้องอก [33]

<p>Benzene (Acute myeloblastic leukemia) Carbon Tetrachloride (hepatoma), Dichloropropane, Ethylbenzene, Dichloroethane, Pentachloropheno, Trichloroethylene, Dichloromethane, Vinyl Chloride Toluene Xylene Hexachlorobenzene Dibromochloropropane, Ethylene Dibromide, Trihalomethanes, Trihalomethnes, Trichloroacetylene (lung cancer), Haloacetic Acid Acetaldehyde Formaldehyde</p>
---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างสาร VOCs บางชนิด ผลกระทบต่อระบบเนื้อเยื่อ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ [33]

สาร VOCs	เนื้อเยื่อที่ถูกทำลายโดย VOCs	ผลร้ายต่อสุขภาพ
Benzene	Hemopoietic system, red blood cell, nerve	ทำลายไขกระดูก เม็ดเลือดแดง แดก โรคโลหิตจาง และอาการหรือโรคทางประสาทส่วนกลาง
Carbon tetrachloride(CCl4)	Liver, CNS	ตับเสื่อม ตับแข็ง
Dichlorobenzene (methylene chloride, DCM)	Liver, kidney, blood, skin, eyes, upper respiratory tract	ฤทธิ์แสบ-ระคายเคือง ปอดปวม โรคตับ กดประสาทส่วนกลาง อาจหมดสติและตายได้
Ethyl alcohol (methylene)	Liver, CNS nerve, placenta	ตับเสื่อม ตับแข็ง เร่งการเกิดมะเร็งตับ มีอาการกดประสาท ทำให้ทารกคลอดพิการ
Ethyl benzene (ethylbenzol) n-Hexane	Eyes, CNS nerve, nasal cavity Nerve	ทำให้ระคายเคือง แสบตา แสบจมูก กดประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดหัว สับสนงุนงง อาจ
Methyl alcohol (methanol)	Liver, CNS nerve	ตับเสื่อม อาการกดประสาท ทำให้ตาบอด
Toluene (methylbenzene, toluol)	CNS nerve	อาการทางประสาทส่วนกลาง
Trichlorobenzene	Liver, Kidney	ตับแข็ง ตับเสื่อม ไตเสื่อม
1,1, 1-Trichloroethane (methylchloroform)	Liver, Nerve, Kidney	อาการทางประสาทส่วนกลาง ชัก หมดสติและอาจตายได้
Acetaldehyde	Liver, Nerve, Kidney	อาเจียน ท้องร่วงระคายเคืองต่อจมูกคอ ทางเดินหายใจ
Formaldehyde	Eyes, CNS nerve, nasal cavity Nerve	สารนี้ก่อให้เกิดมะเร็ง กัดกร่อนต่อผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ
Xylene	CNS nerve	ระคายเคือง โรคผิวหนัง และอาการเกิดจากการกดประสาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ข้อกำหนดสารสาร VOCs ของประเทศไทยในปัจจุบันได้มีออกพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เกี่ยวกับ ค่าสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds) ในบรรยากาศโดยทั่วไปเป็นเวลาปี ซึ่งได้กำหนดไว้ 9 ชนิด แสดง ตารางที่ 2.4

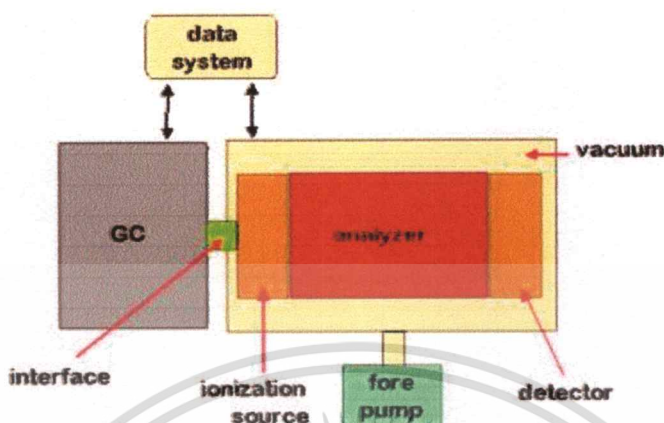
ตารางที่ 2.4 มาตรฐานค่าค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปเป็นเวลาปีแต่ละชนิด [34]

สาร VOCs	ข้อกำหนด
อะซิทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde)	ต้องไม่เกิน ๘๖๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
อะครอลีน (Acrolein)	ต้องไม่เกิน ๐.๕๕ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
อะคริโลไนไตร (Acrylonitrile)	ต้องไม่เกิน ๑๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
เบนซีน (Benzene)	ต้องไม่เกิน ๗.๖ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
เบนซิลคลอไรด์ (Benzyl Chloride)	ต้องไม่เกิน ๑๒ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
1,3 - บิวทาไดอิน (1, 3 - Butadiene)	ต้องไม่เกิน ๕.๓ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
โบรมอมีเทน (Bromomethane)	ต้องไม่เกิน ๑๕๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	ต้องไม่เกิน ๑๕๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	ต้องไม่เกิน ๕๗ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
1, 2 - ไดโบรมออีเทน (1, 2 - Dibromoethane)	ต้องไม่เกิน ๓๗๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
1, 4 - ไดคลอโรเบนซีน (1, 4 - Dichlorobenzene)	ต้องไม่เกิน ๑,๑๐๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
1, 2 - ไดคลอโรอีเทน (1, 2 - Dichloroethane)	ต้องไม่เกิน ๔๘ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	ต้องไม่เกิน ๒๑๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
1, 2 - ไดคลอโรโพรเพน (1, 2 - Dichloropropane)	ต้องไม่เกิน ๘๒ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
1, 4 - ไดออกเซน (1, 4 - Dioxane)	ต้องไม่เกิน ๘๖๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
เตตระคลอโรเอทิลีน (Tetrachloroethylene)	ต้องไม่เกิน ๔๐๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
1, 1, 2, 2 - เตตระคลอโรอีเทน (1, 1, 2, 2 - Tetrachloroethane)	ต้องไม่เกิน ๘๓ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ไตรคลอโรเอทิลีน (Trichloroethylene)	ต้องไม่เกิน ๑๓๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	ต้องไม่เกิน ๒๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

#### 2.4 แก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography-Mass Spectrometry)

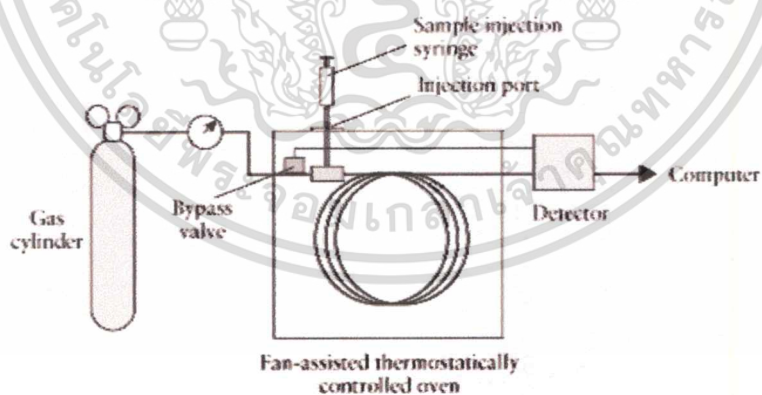
เป็นวิธีที่สามารถทำนายชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารได้อย่างค่อนข้างแม่นยำโดยอาศัยการเปรียบเทียบ Fingerprint ของเลขมวล (Mass number) ของสารตัวอย่างนั้นๆ กับข้อมูลที่มีอยู่ใน Library นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) และเชิงคุณภาพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Qualitative analysis) GC-MS ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่อง GC (Gas chromatography) และ ส่วนของเครื่อง Mass spectrometer



รูปที่ 2.14 โคอะแกรมเครื่อง GC-MS

2.4.1 Gas Chromatograph (GC) ทำหน้าที่ในการแยกองค์ประกอบของสารที่สามารถระเหยกลายเป็นไอ (Volatile organic compounds) ได้เมื่อถูกความร้อน กลไกที่ใช้ในการแยกองค์ประกอบต่างๆ ในสารตัวอย่างอาศัยหลักของความชอบที่แตกต่างกันขององค์ประกอบในตัวอย่างที่มีต่อเฟส 2 เฟส คือ Stationary phase และ Mobile phase องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง GC สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ



รูปที่ 2.15 โคอะแกรมเครื่อง GC

1.) Injector คือ ส่วนที่สารตัวอย่างจะถูกฉีดเข้าสู่เครื่องและระเหยเป็นไอก่อนที่จะเข้าสู่ Column อุณหภูมิที่เหมาะสมของ injector ควรเป็นอุณหภูมิที่สูงพอที่จะทำให้อาหารตัวอย่างสามารถระเหยได้แต่ต้องไม่ทำให้อาหารตัวอย่างของ injector ได้รับความเสียหายได้แก่ Split, Splitless, On column

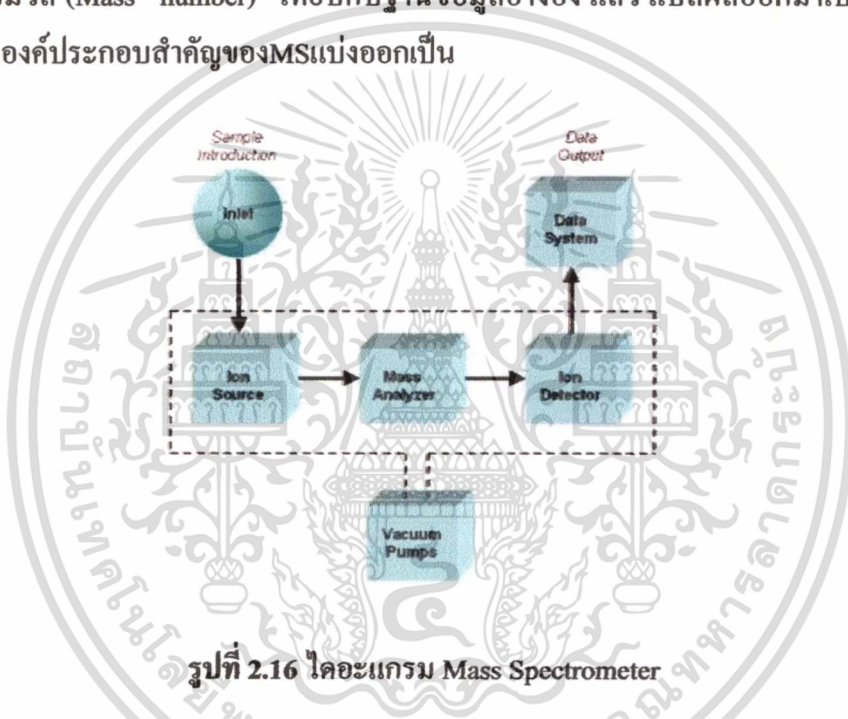
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) Oven คือส่วนที่ใช้สำหรับบรรจุ Column และเป็นส่วนที่ควบคุมอุณหภูมิของ Column ให้เปลี่ยนไปตามความเหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิของ Oven นั้นมี 2 แบบ

3.) Detector คือส่วนที่จะใช้สำหรับตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างและดูว่าสารตัวอย่างชนิดที่เราสนใจมีปริมาณอยู่เท่าใดที่ใช้โดยทั่วไปมีหลายอย่าง คือ Faraday cup detector, Electron multiplier detector, Scintillation counter detector, Photographic plate detector

#### 2.4.2 Mass Spectrometer (MS)

เป็น Detector ที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างโดยอาศัยกลไกคือ โมเลกุลขององค์ประกอบที่ถูกแยกออกมาจากสารตัวอย่างโดยเครื่อง GC จะถูกไอออไนซ์ในสภาวะสุญญากาศแล้วตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล (Mass number) เทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง แล้ว แปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้นๆ องค์ประกอบสำคัญของ MS แบ่งออกเป็น

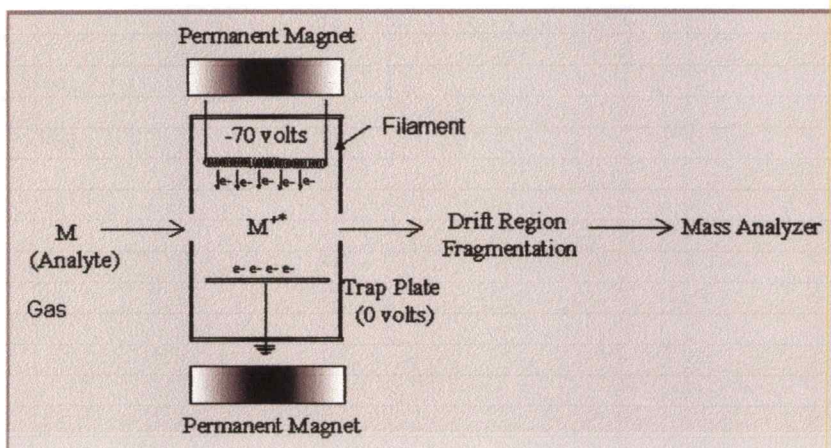


รูปที่ 2.16 โค้ดแกรม Mass Spectrometer

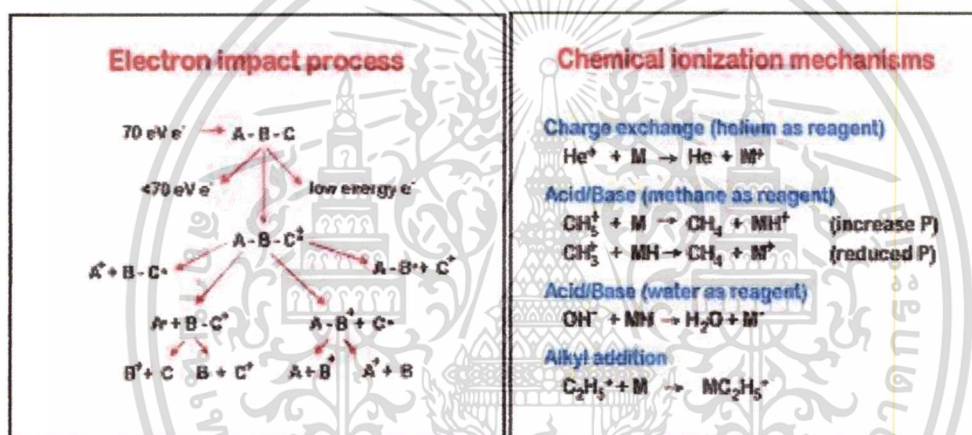
2.4.2.1 Ionization Source แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ Electron Ionization (EI) เป็นการทำให้สารเกิด Fragment โดยใช้ลำ Electron ซึ่ง Ionization chamber ต้องมีความดันต่ำประมาณ 10-8 Torr โดย Electron จาก Filament ที่ร้อนจะถูกโฟกัสผ่านห้องนี้และถูกดึงเข้าหา repeller voltage ที่มีความต่างศักย์ 70 โวลต์ ซึ่งจะให้พลังงานกับ Electron เป็น 70 eV ทำให้ของผสมที่ซับซ้อนของไอออนเกิดการแตกหัก (Fragmentation ion) ที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและความอุดมสัมพัทธ์ (Relative abundance)

2.4.2.2 Chemical Ionization (CI) เป็นการทำให้สารเกิดการ Fragment ด้วยวิธีทางเคมีโดยผสมสารตัวอย่าง (ความดัน 10 -4 Torr) เข้ากับแก๊สที่ทำปฏิกิริยาด้วย (ความดัน 1 Torr) แล้วผ่านสารผสมเข้าไปใน Ionization chamber โดยการทำให้เกิดการ Fragment ด้วยการชนกับ Electron เช่นเดียวกันแก๊สที่ใช้ได้แก่ Methane, Isobutane, Ammonia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 Electron Ionization



รูปที่ 2.18 กลไกการเกิด fragment ของ EI และ CI

### 2.5 HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

เครื่อง HPLC ( High Performance Liquid Chromatography ) เป็นเครื่องมือใช้สำหรับแยกสารประกอบที่สนใจที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง โดยกระบวนการแยกสารประกอบที่สนใจจะเกิดขึ้นระหว่างเฟส 2 เฟส คือ เฟสอยู่กับที่ ( column ) กับ เฟสเคลื่อนที่ ( mobile phase ) ซึ่งสารจะถูกแยกออกมาในเวลาที่แตกต่างกัน โดยสารผสมที่อยู่ในตัวอย่างสามารถถูกแยกออกจากกันได้นั้น ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ดีของสารนั้นกับ mobile phase หรือ stationary phase สารประกอบตัวไหนที่สามารถเข้ากันได้ดีกับ mobile phase จะเคลื่อนที่ผ่าน column ได้เร็วสารนั้นก็就会被แยกออกมาก่อน ส่วนสารที่เข้ากันได้ไม่ดีกับ mobile phase หรือเข้ากันได้ดีกับ stationary phase จะเคลื่อนที่ผ่าน column ได้ช้า ก็จะถูกแยกออกมาทีหลัง โดยสารที่ถูกแยกออกมาได้นี้จะถูกตรวจวัดสัญญาณด้วยตัวตรวจวัด สัญญาณที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกได้จากตัวตรวจวัดจะมีลักษณะเป็นพีค ซึ่งจะเรียกว่า โครมาโตแกรม โดย HPLC สามารถทดสอบได้ทั้งเชิงคุณภาพ และทดสอบเชิงปริมาณ โดยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ส่วนประกอบหลักของเครื่อง HPLC

1. Mobile phase / Solvent หรือตัวทำละลายที่ใช้ในการชะหรือแยกตัวอย่าง เป็นเฟสเคลื่อนที่มีลักษณะเป็นของเหลว ทำหน้าที่ในการนำสารตัวอย่างและตัวทำละลายเข้าสู่ stationary phase (ในที่นี้คือคอลัมน์) เพื่อให้เกิดกระบวนการแยกภายในคอลัมน์

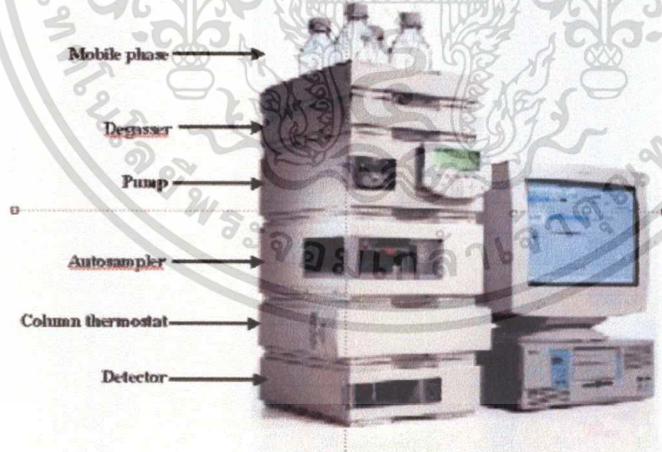
2. Degaser ทำหน้าที่กำจัดฟองอากาศ อากาศที่มีอยู่ใน mobile phase เพื่อไม่ให้ฟองอากาศเข้าสู่ column และ detector

3. Pump ทำหน้าที่ดึงตัวทำละลาย ( mobile phase ) เข้าสู่ระบบ HPLC

4. Injector / Autosampler ทำหน้าที่ในการฉีดสารตัวอย่างเข้าระบบ HPLC

5. Column หรือจะเรียกว่า stationary phase มีลักษณะเป็นของแข็งหรือเจล เป็นเฟสอยู่กับที่ ทำหน้าที่ให้เกิดกระบวนการแยกของสารที่สนใจ โดยการบวนการแยกเกิดขึ้นระหว่าง mobile phase กับ stationary phase แต่สำหรับ HPLC Agilent 1100 มีอุปกรณ์เพิ่มเติมที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ Column จึงเรียกว่า column thermostat

6. Detector คือ ตัวตรวจวัดสัญญาณ ทำหน้าที่ในการตรวจวัดสัญญาณของสารที่สนใจที่ได้จากกระบวนการแยก มีหลายชนิดด้วยกัน การเลือกใช้ขึ้นกับตัวอย่างที่สนใจว่าสามารถตอบสนองกับ Detector ชนิดไหนได้



รูปที่ 2.19 เครื่อง HPLC

## 2.6 ภาระถนน (Road Load)

การทดสอบรถจักรยานยนต์ตามมาตรฐานการทดสอบ มอก.2350 -2551 เป็นการทดสอบสภาพการจำลองการขับจริงบนถนน การขับจริงบนถนนมีตัวแปรมากมายที่ไม่สามารถกำหนดได้ เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วลม พื้นผิวถนน จึงต้องมีการทดสอบในห้องที่ควบคุมตัวแปรเหล่านี้ โดยใช้เครื่อง แชสซีส์ ไดนาโมมิเตอร์ (Chassis Dynanometer) เป็นเครื่องมือจำลองภาระถนนแทนถนนจริง เนื่องจากเครื่อง แชสซีส์ ไดนาโมมิเตอร์เป็นเครื่องมือสร้างภาระจำลองของถนนจริงจึงมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างเช่น น้ำหนักรถ น้ำหนักคนขับ

จากสูตร[35]

$$F_e = A_t \times B_t \times (V_t)^2 \quad 2.20$$

เมื่อ  $F_e = \text{Load Resistance (N)}$

$A_t = \text{Rolling resistance (N)}$

$B_t = \text{Air Resistance (N/(km/h))}^2$

$V_t = \text{Velocity}$

ที่น้ำหนักรถ+น้ำหนักคนขับ  $= 175 \text{ kg}$  จะได้  $a_t = 15.0 \text{ N}$ ,  $B_t = 0.0226(\text{N}/(\text{km/h}))^2$

และที่ความเร็ว  $10 \text{ km/h}$   $F_e = 15 \times 0.0226 \times 10^2 = 17.26 \text{ N}$  หรือ  $1.76 \text{ kgf}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

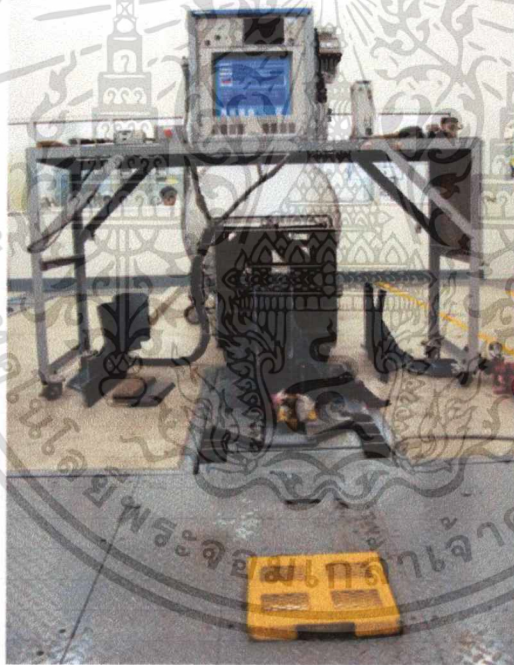
## บทที่ 3

# ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

### 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ชุดวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษ Air toxic ตามมาตรฐานการทดสอบโดยอ้างอิงตาม EPA TO-11A EPA TO-17 และทดสอบมลพิษไอเสียตามมาตรฐานการทดสอบ มอก.2350-2551 (EURO3) ประกอบด้วย

3.1.1. แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis Dynanometer) เป็นชุดจำลองภาระการขับบนถนนจริง วัดค่าออกมาในรูปความเร็ว กิโลเมตรต่อชั่วโมง และระยะทางการขับทั้งหมดเป็นกิโลเมตร ยี่ห้อ HORIBA รุ่นCTDY -2240 แสดงในรูปที่3.1



รูปที่ 3.1 แชสซิสไดนาโมมิเตอร์

3.1.2 ชุดเก็บและวิเคราะห์มลพิษไอเสีย ยี่ห้อ HORIBA รุ่นCVS -9100S โดยวิเคราะห์แก๊สได้ 5 ชนิด คือคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ช่วงการวิเคราะห์ 50 100 200 และ 500 ppm คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ช่วงการวิเคราะห์ 1% และ 2 %โดยปริมาตร ไฮโดรคาร์บอน(HC) ช่วงการวิเคราะห์ 10 50 100 และ500 ppmc และ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) ช่วงการวิเคราะห์ 10 20 50 และ100 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 HPLC เป็นเครื่องมือใช้สำหรับแยกสารประกอบที่สนใจที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง โดยกระบวนการแยกสารประกอบที่สนใจ โดยสารที่ถูกแยกออกมาได้นี้จะถูกตรวจวัดสัญญาณด้วยตัวตรวจวัด สัญญาณที่บันทึกได้จากตัวตรวจวัดจะมีลักษณะเป็นพีค ซึ่งจะเรียกว่า โครมาโตแกรมโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแยกสารเคมีภายใต้ความดันของเหลว เป็นเทคนิคการวิเคราะห์สารเชิงคุณภาพวิเคราะห์ (qualitative analysis) และปริมาณวิเคราะห์ (quantitative analysis) ที่นิยมใช้มากวิธีหนึ่ง วิเคราะห์ปริมาณต่างๆได้ในระดับไมโครกรัม ( $\mu\text{g}$ ) ถึงพิโคกรัม ( $\text{pg}$ ) เมื่อเลือกใช้เครื่องตรวจวัดที่เหมาะสม แสดงในรูปที่3.4



รูปที่ 3.4 High Performance Liquid Chromatograph (HPLC)

3.1.4 ปุ่มดูดอากาศใช้สำหรับดูดมลพิษ ไอเสียเพื่อไปวิเคราะห์การอากาศเป็นพิษ (Air Toxic) เป็นของยี่ห้อCaplab อัตราการดูดเก็บสารตัวอย่างอยู่ที่10-1000 มิลลิลิตรต่อนาทีแสดงในรูปที่3.5



รูปที่ 3.5 ปุ่มดูดอากาศ Caplab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.5. ถุงเก็บเก็บตัวอย่าง Tedlar bag

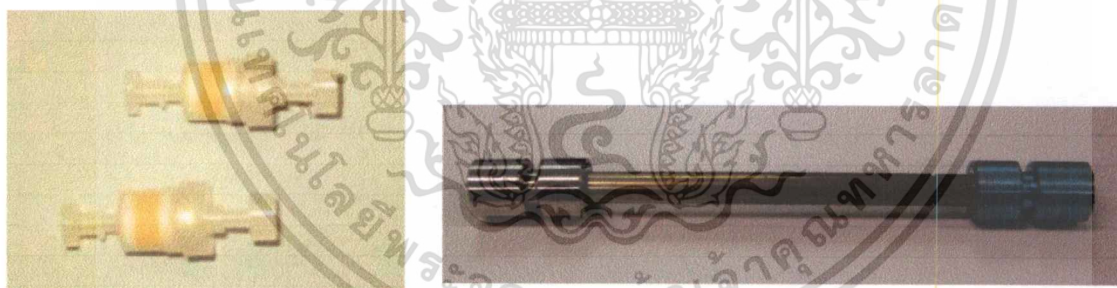
เป็นถุงชนิดพิเศษใช้เป็นตัวเก็บมลพิษไอเสียเพื่อไว้วิเคราะห์ปริมาณสาร Air Toxic ปริมาตรถุง 10 ลิตรแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ถุงเก็บตัวอย่าง Tedlar bag

### 3.1.6. อุปกรณ์เก็บสารตัวอย่าง (Sorbent Tubes)

เป็นอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสาร Air Toxic โดยจะใช้ DNPH เก็บสารตัวอย่างไปวิเคราะห์กับเครื่อง HPLC และ Tenex Tube ไปวิเคราะห์กับเครื่อง GCMS แสดงในรูป 3.7

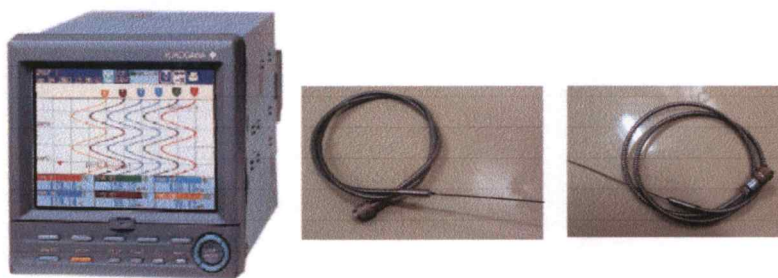


รูปที่ 3.7 อุปกรณ์เก็บสารตัวอย่าง DNPH และ Tenex Tube

### 3.1.7 ชุดวัดอุณหภูมิและบันทึกผล

เครื่องมือวัดอุณหภูมิของ YOKOGAWA รุ่น FX-100A อัตราสุ่มเก็บข้อมูลทุกสองวินาที โดยใช้วัดทั้งอุณหภูมิอากาศที่เข้าไปด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด J ช่วงการวัด -40-750 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิไอเสียด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K ช่วงการวัด -100-1350 องศาเซลเซียส เพื่อที่ดูความแตกต่างกันระหว่างการใช้แก๊สโซลีนและเอทานอล แสดงในรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์บันทึกและวัดอุณหภูมิ

### 3.2 รถจักรยานยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

จักรยานยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นจักรยานยนต์ฮอนด้า รุ่น เวฟ 125R และเวฟ 125i ซึ่งมีทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์โดยรายละเอียดของเครื่องยนต์แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

รายการ	รายละเอียดของเครื่องยนต์	
รุ่น	ฮอนด้า เวฟ 125i	ฮอนด้า เวฟ 125R
เครื่องยนต์	4 จังหวะ โอเวอร์เฮดแคมชาฟร์ ระบายความร้อนด้วยอากาศ	
ปริมาตรกระบอกสูบ	124.9 ซีซี.	
ระบบจ่ายเชื้อเพลิง	หัวฉีด PGM-FI	คาร์บูเรเตอร์
ความกว้างกระบอกสูบ X ช่วงชัก	52.4 X 57.9 มม.	
อัตราส่วนกำลังอัด	9.3 : 1	
เลขไมล์ก่อนการทดสอบ	24,242 กิโลเมตร	30,014 กิโลเมตร

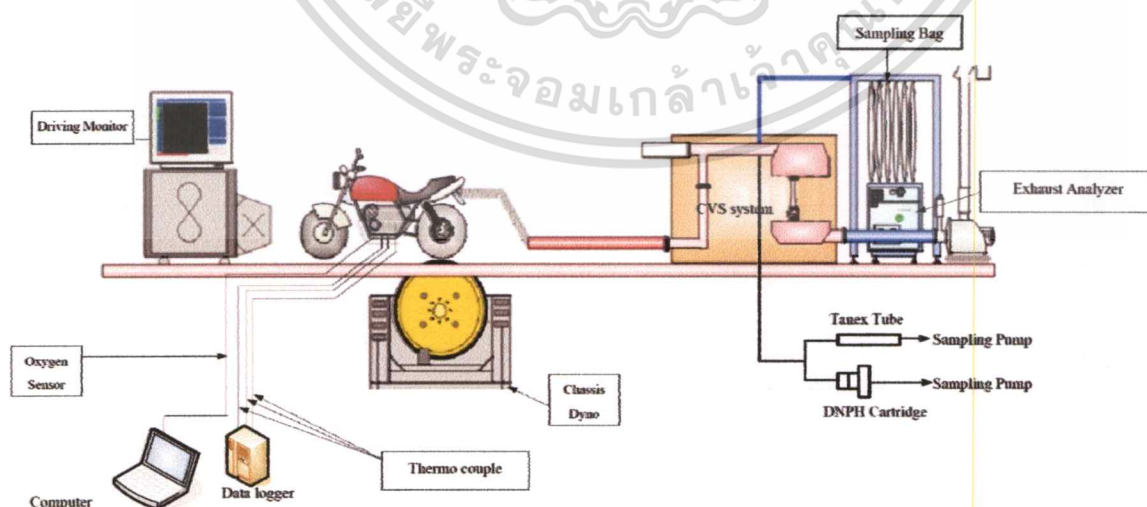
โดยจักรยานยนต์ทั้งสองรุ่นนี้มีทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์โดยระบบหัวฉีดก็มีพื้นฐานมาจากเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ ดังนั้นถ้าต้องการให้การทดสอบสมบูรณ์ต้องใช้เครื่องยนต์สองตัวทั้งหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์เพื่อให้ผลการทดสอบนั้นแม่นยำมากที่สุด โดยรูปเครื่องยนต์แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 จักรยานยนต์ที่ทำการทดสอบฮอนด้าเวฟ 125i (ชาย) ฮอนด้า เวฟ 125R (ขวา)

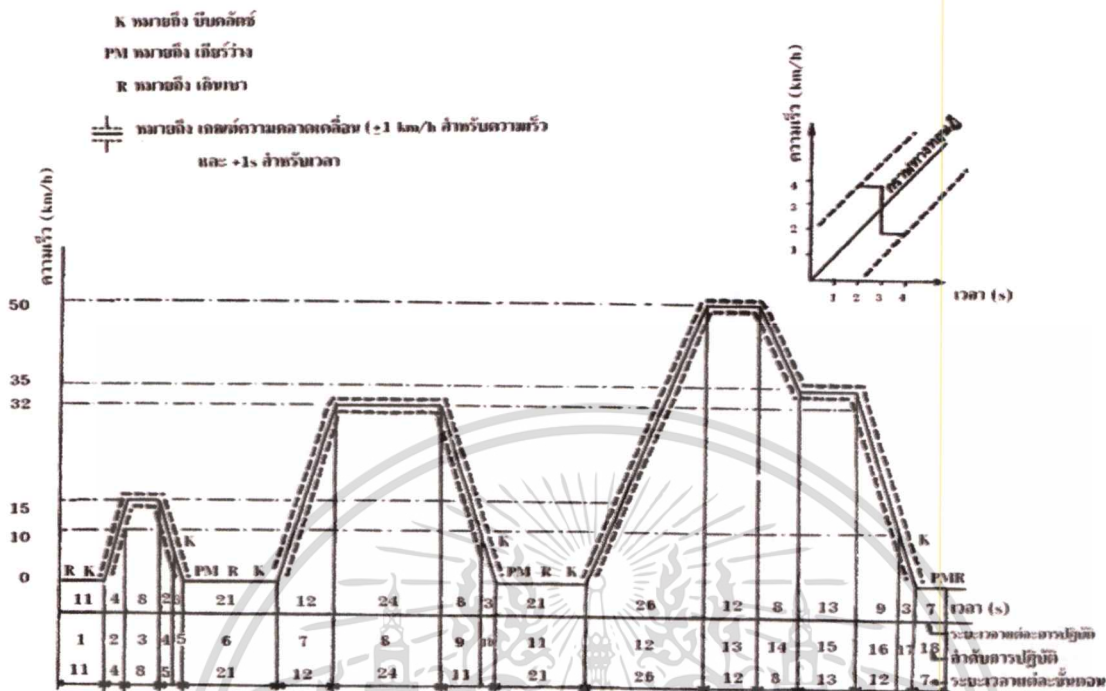
### 3.3 กระบวนการในการทดสอบ

ในการทดสอบนี้นำเครื่องยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์มาทำการทดสอบดังรูป 3.10 ทดสอบรถจักรยานยนต์ตามมาตรฐานการทดสอบ มอก.2350-2551 โดยมีการเก็บตัวอย่างรถในห้องก่อนการทดสอบอุณหภูมิเครื่องยนต์ต้องแตกต่างกับห้องที่ 23 องศาเซลเซียส ไม่เกินสององศาเซลเซียส ขับรถตามลักษณะการขับขี่แสดงในรูปที่ 3.11 โดยขับที่ความเร็ว 0-50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจำนวน 6 ครั้งถือเป็นหนึ่งการทดสอบ แล้วทำการเก็บข้อมูลไว้ของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีน จากนั้นปรับแต่งรถจักรยานยนต์ให้ใช้เชื้อเพลิงที่เป็น E10 E20 E85 E100 แล้วทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ มอก.2350-2551 [27] และทดสอบ สารมลพิษ Air toxic ตามมาตรฐานการทดสอบ EPA TO-11A [19] และ EPA TO-17 [21] ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาเปรียบเทียบ



รูปที่ 3.10 โค้ดแกรมในการทดสอบรถจักรยานยนต์ [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วัฏจักรการขับทดสอบรถจักรยานยนต์ [26]

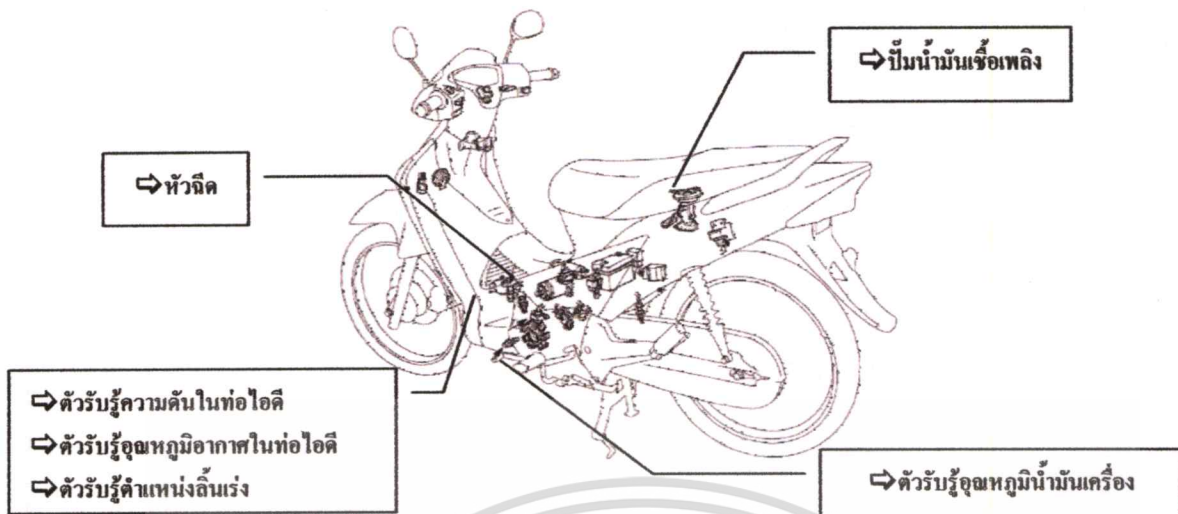
### 3.4 การเตรียมจักรยานยนต์ในการทดสอบ

ในการทดสอบเป็นการทดสอบรถจักรยานยนต์เดิมที่มาจากโรงงาน ปรับแต่งการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะกับคุณสมบัติของเชื้อเพลิง โดยทำการทดสอบนี้เหมือนกันทั้งระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์ จากคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่จะทำการทดสอบมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันจึงจำเป็นต้องมีการปรับแต่งรถจักรยานยนต์ให้เหมาะสมกับเชื้อเพลิงแต่ละชนิดก่อนการทดสอบ

#### 3.4.1 ระบบหัวฉีด

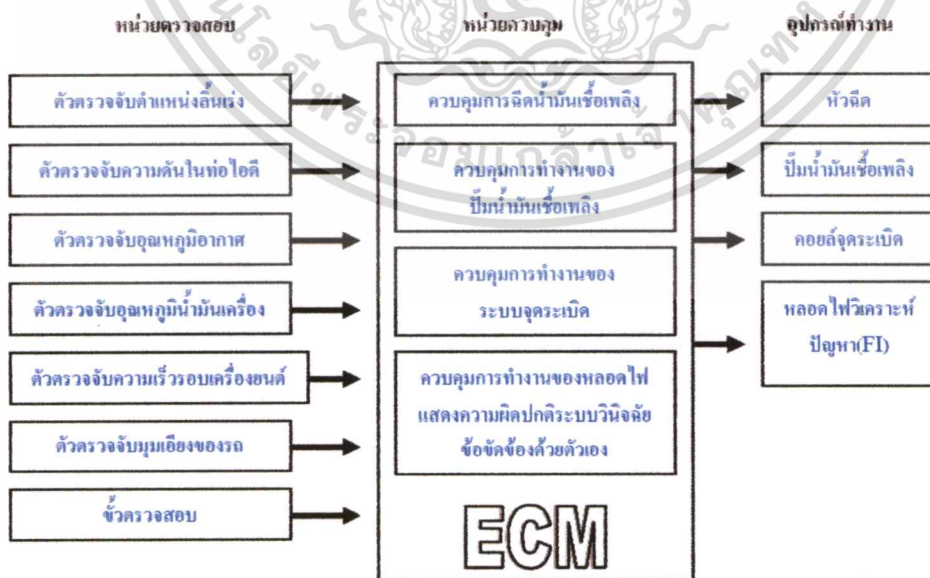
เครื่องยนต์ระบบหัวฉีดมีพื้นฐานคล้ายกับคาร์บูเรเตอร์แต่มีตัวรับรู้สัญญาณต่างๆ เพิ่มเข้าเพื่อให้การจ่ายเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้นในการที่ปรับปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้มากขึ้นเมื่อใช้เอทานอลต้องศึกษาการทำงานของหัวฉีดว่ามีการทำงานเป็นอย่างไร มีตัวตรวจจับจำนวน4ตัวดังแสดงในรูปที่ 3.12 เพื่อที่ได้จัดทำอุปกรณ์ในการเพิ่มปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



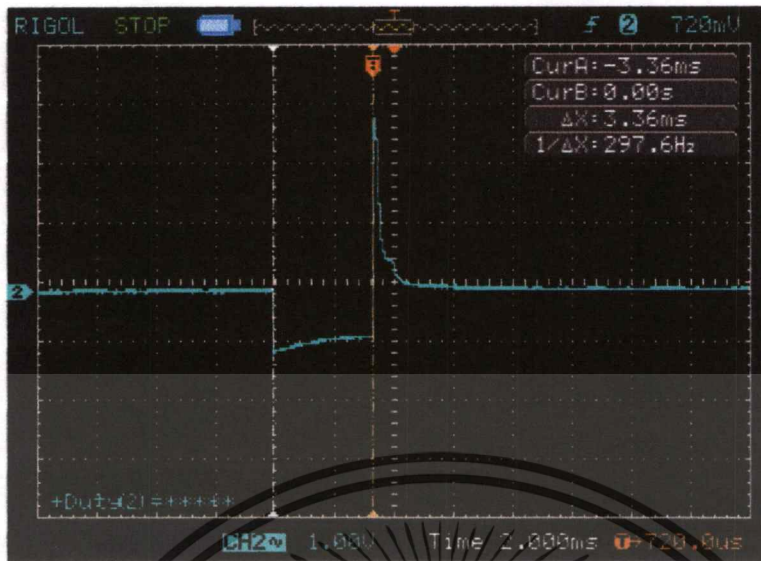
รูปที่ 3.12 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบฉีดเชื้อเพลิง [30]

จากรูปที่ 3.13 เห็นได้ว่าตัวควบคุมการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุม โดยกล่อง ECM โดยรับสัญญาณจากตัวรับรู้ต่างๆ เพื่อมาคำนวณและควบคุมปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะกับเครื่องยนต์มากที่สุด แต่กล่อง ECM นี้ทำมาเพื่อเครื่องยนต์แก๊สโซลีนดังนั้นต้องปรับให้เหมาะสมกับเอทานอล ในที่นี้ทำการวัดสัญญาณที่ออกจากกล่อง ECM ไปยังหัวฉีดเชื้อเพลิงความีลักษณะเป็นอย่างไร แสดงในรูปที่ 3.14



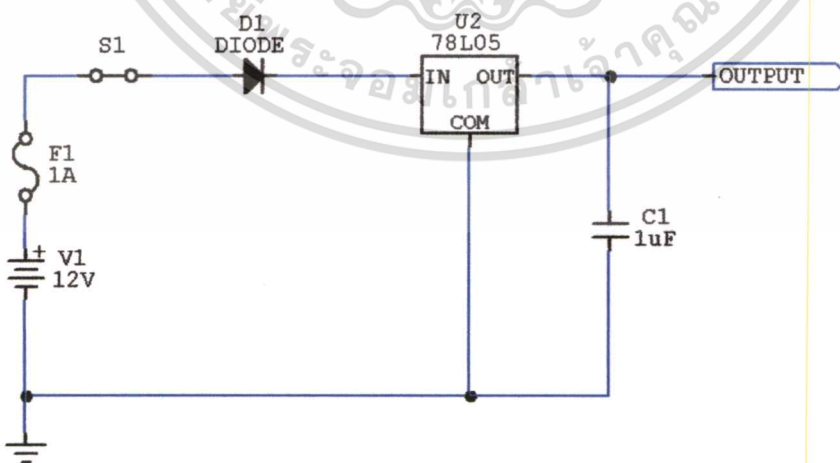
รูปที่ 3.13 โดอะแกรมการทำงานของรับรู้ [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



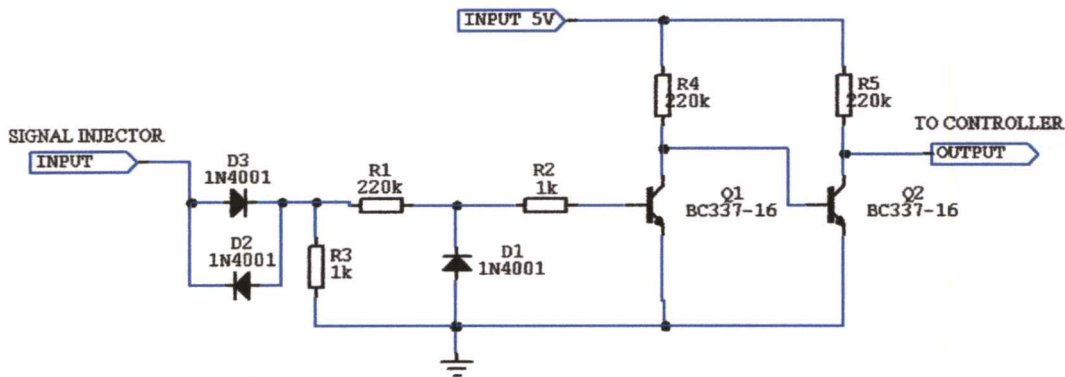
รูปที่ 3.14 ลักษณะสัญญาณของหัวฉีดเชื้อเพลิงของเดิม

หลังจากที่ได้วัดสัญญาณหัวฉีดแล้วเห็นได้ว่าสัญญาณหัวฉีดใช้ไฟ 12 โวลต์ในการควบคุมการปิด - เปิดหัวฉีดในแต่ละวัฏจักรของเครื่อง แต่ต้องมีการควบคุมความดันไว้ไม่เกิน 5 โวลต์เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์รับความดันได้แค่ 5 โวลต์ ดังนั้นต้องมีการออกแบบวงจรเพื่อที่ควบคุมความดันไม่เกิน 5 โวลต์ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 3.15 แสดงวงจรควบคุมความดันไฟฟ้าไม่เกิน 5 โวลต์ เมื่อควบคุมความดันได้แล้วทำการแปลงสัญญาณเพื่อให้เข้ากับคอนโทรลเลอร์โดยใช้วงจรแปลงสัญญาณในรูปที่ 3.16 เป็นวงจรแปลงสัญญาณหัวฉีด

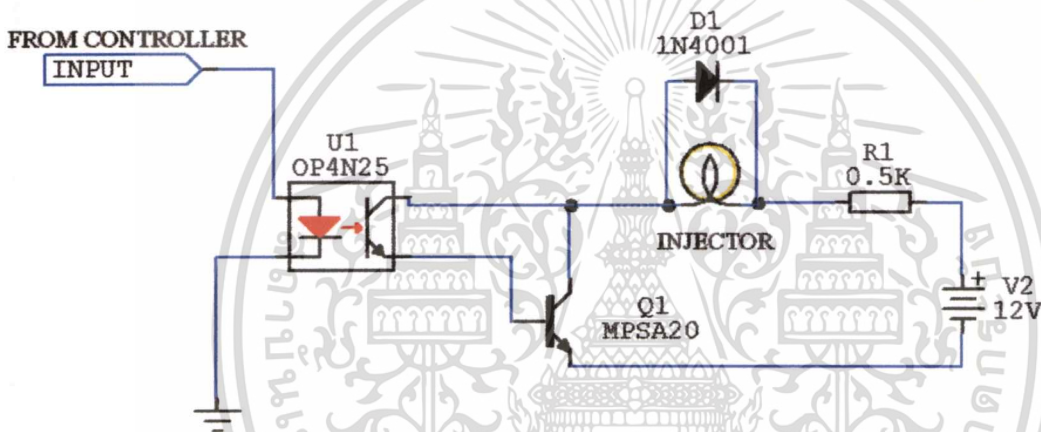


รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมความดันไว้ที่ 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 วงจรแปลงสัญญาณหัวฉีด

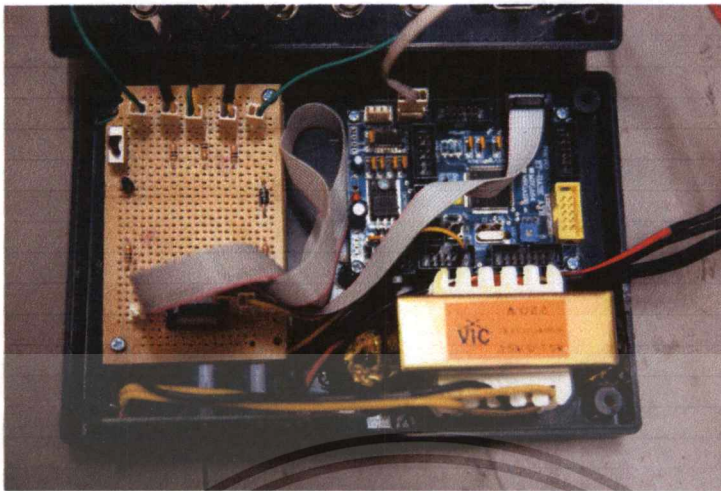


รูปที่ 3.17 วงจรขับหัวฉีด

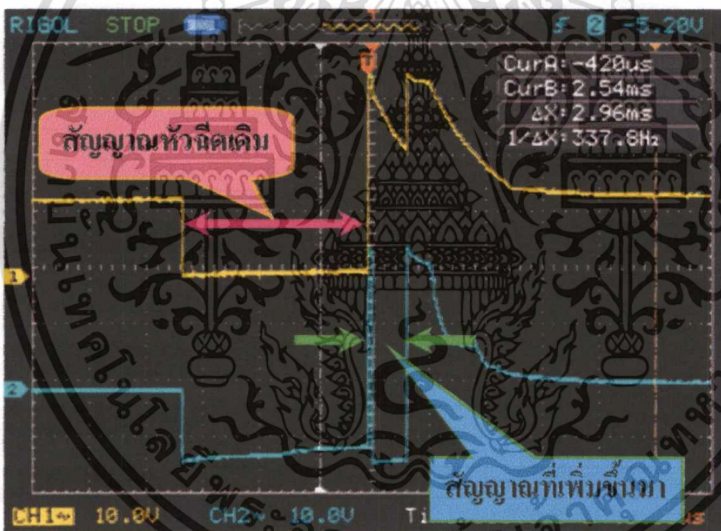
เมื่อแปลงสัญญาณให้หัวฉีดได้แล้วทำการเขียน โปรแกรม โดยใช้ภาษาซีในการเขียนซึ่งตัวโปรแกรมแสดงในภาคผนวก ก. เมื่อเขียน โปรแกรมเสร็จแล้วต้องมีวงจรอีกวงจรมุ่งเพื่อที่ขับหัวฉีด เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถขับหัวฉีดได้โดยวงจรขับหัวฉีดแสดงในรูปที่ 3.17

หลังจากที่รู้ว่าสัญญาณรูปแบบของหัวฉีดมีลักษณะเป็นอย่างไรก็ทำการออกแบบวงจรต่างๆ จนได้กล่องขยายสัญญาณหัวฉีดแสดงในรูปที่ 3.18 และเขียนโปรแกรมในการขยายระยะเวลาในการฉีดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR รุ่น ATMEGA 128 จากการทดสอบผลที่ได้ออกมาแสดงในรูปที่ 3.19 เห็นได้ว่าเส้นสีเหลืองเป็นสัญญาณหัวฉีดเดิมส่วนเส้นสีฟ้าเป็นสัญญาณที่ได้ขยายมาแล้วจากกล่องที่ได้ทำขึ้นมาโดยขยายสัญญาณจากเดิมประมาณ 34% การขยายสัญญาณขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมอากาศเชื้อเพลิงที่พอเหมาะหรือใกล้เคียงกับการคำนวณเมื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิง โดยดูจากการอ่านค่าของออกซิเจนเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 กล่องขยายสัญญาณหัวฉีด



รูปที่ 3.19 สัญญาณของหัวฉีดเชื้อเพลิงเดิมและสัญญาณที่ขยาย

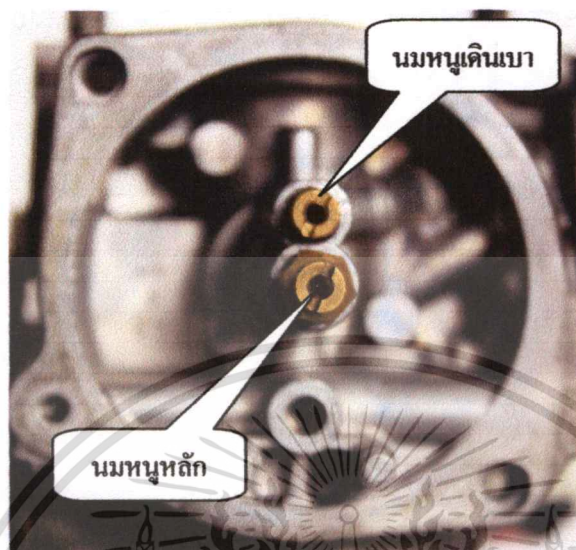
#### 3.4.2 ระบบคาร์บิวเรเตอร์

จักรยานยนต์ยี่ห้อ Honda 125R ได้ใช้ คาร์บิวเรเตอร์จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงโดยมีระบบหลักๆ อยู่ 2 ระบบ คือ ระบบเดินเบาและระบบหลัก ซึ่งการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมโดยขนาดของนมหงุดรูปที่ 3.20 ในการที่ปรับปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อให้เหมาะกับเอทานอลต้องเปลี่ยนขนาดของนมหงุดเดินเบาที่นมหงุดหลักซึ่งนมหงุดเดินเบาของเดิมจากโรงงานเป็นเบอร์ 35 ส่วนนมหงุดหลักเป็นเบอร์ 78 ในการเปลี่ยนขนาดนมหงุดมีอยู่สองวิธีคือการซื้อนมหงุดใหม่มาเปลี่ยนซึ่งวิธีนี้ต้องซื้อมาหลายๆ เบอร์ แต่มีปัญหาอยู่ตรงอะไหล่ไม่ค่อยมีตามขนาดที่ได้คำนวณจากสมการคาร์บิวเรเตอร์เบื้องต้น

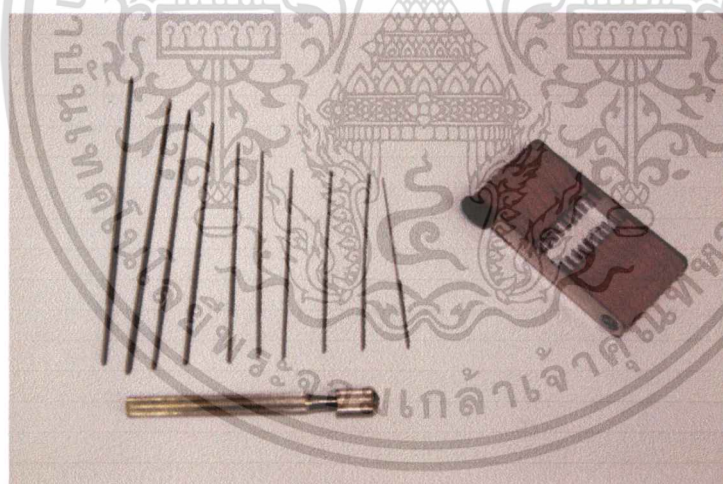
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังตารางที่ 3.2 ไว้ จึงจำเป็นต้องขยายนมหนู โดยการใช้อุปกรณ์ดังรูปที่ 3.20 ซึ่งอุปกรณ์นี้ประกอบไปด้วยมีดคว้านพร้อมกับตัววัดขนาดนมหนู



รูปที่ 3.20 ตำแหน่งนมหนูเคินเบาและนมหนูหลัก



รูปที่ 3.21 อุปกรณ์ในการขยายนมหนู

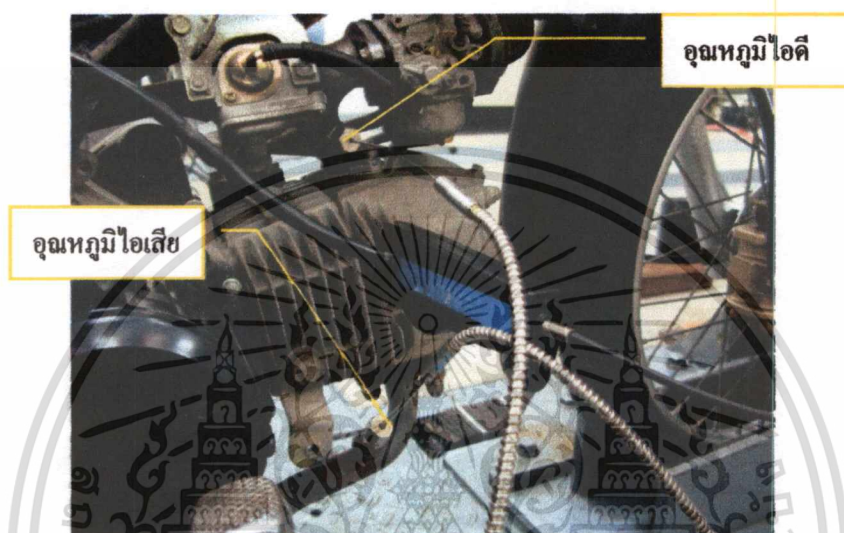
ตารางที่ 3.1 ขนาดขนาดนมหนูหลัก

เชื้อเพลิง	E0	E10	E20	E30	E40	E50	E60	E70	E80	E85	E90	E100
ขนาดนมหนู	0.74	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.86	0.86	0.91	0.93	0.95	1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.3 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ

ในการทดสอบของรถจักรยานยนต์ทั้งสองรุ่นนี้ได้มีการวัดอุณหภูมิอยู่ด้วยกัน 2 ตำแหน่งโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด J และ K โดยตำแหน่งแรกคือที่ท่อไอเสียก่อนเข้ากระบอกสูบเล็กน้อย และตำแหน่งที่สองคือที่ท่อไอเสียโดยให้ใกล้ทางออกของไอเสียมากที่สุด และการติดตั้งตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิลของรถจักรยานยนต์ทั้งสองต้องใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.22 และ 3.23



รูปที่ 3.22 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิไอคี่และไอเสียรถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์



รูปที่ 3.23 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิไอคี่และไอเสียรถจักรยานยนต์หัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 3.4.4 ตำแหน่งการติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic Converter)

แคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (catalytic converter) หรือเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา ซึ่งคนไทยนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า "แคท" นั้น เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ลดไอเสีย ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ ต้องการให้รถยนต์ทุกคันที่ผลิตออกมาปลดปล่อยก๊าซพิษต่าง ๆ น้อยลงแต่ในรถจักรยานยนต์ มีติดตั้งกันน้อยมาก การทดสอบจะมีการติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic Converter) เพื่อศึกษาการลดมลพิษไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้โดยแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้เป็นแบบ3ทางดังรูปที่ 3.24 และตำแหน่งการติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ3ทาง ดังรูป3.25



รูปที่ 3.24 แคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ3ทาง

#### รูปที่ 3.25 ตำแหน่งการติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ3ทางรถจักรยานยนต์หัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดเริ่มการโดยใช้แก๊สโซลีน แล้วก็เปลี่ยนมาใช้เอทานอลตั้งแต่ยังไม่ปรับแต่งเครื่องยนต์จนถึงปรับแต่งเครื่องยนต์ให้เหมาะกับคุณสมบัติของเอทานอล ในการทดสอบทุกครั้งต้องตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ก่อนการทดสอบในการทดสอบและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง แล้วทำการทดสอบซ้ำกันหลายๆ ครั้งจนได้ค่าที่ถูกต้องที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

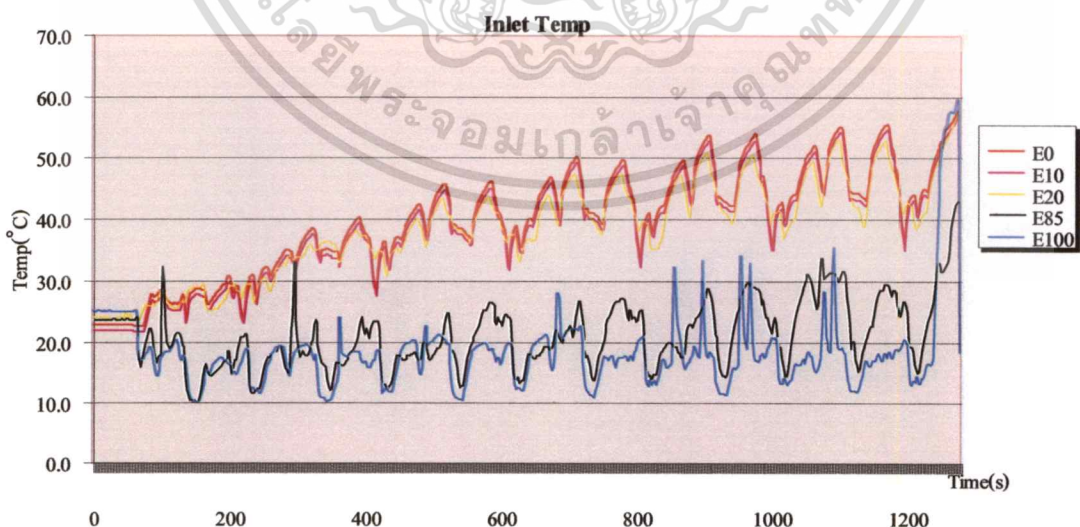
### ผลการทดลอง

เมื่อเราได้ทำการเตรียมอุปกรณ์และปรับปรุงเครื่องยนต์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเอทานอลทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์ โดยมีการวัดปริมาณการปล่อยมลพิษ ไอเสีย การปล่อยปริมาณสารมลพิษ Air toxic และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง จากการคำนวณเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลมาเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่แก๊สโซลีนว่ามีผลเป็นอย่างไรบ้าง จะได้ดังนี้

#### 4.1 รถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์

##### 4.1.1 อุณหภูมิไอฉีจกัรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์

จากรูปที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิไอฉีจกัรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์ระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงก่อนเข้าห้องเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ความเร็วของการขับรถทดสอบส่งผลต่ออุณหภูมิไอฉีจกัรยานยนต์ที่ความเร็วต่ำ อุณหภูมิไอฉีจกัรยานยนต์จะสูงกว่าที่รถทดสอบที่มีความเร็วสูง จากที่ความเร็วสูงอัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์จะสูงกว่าที่ความเร็วต่ำ ระยะเวลาการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณภายนอกน้อย จึงส่งผลให้ไอฉีจกัรยานยนต์ที่ความเร็วสูงอุณหภูมิต่ำกว่าที่ความเร็วต่ำ เชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนของเอทานอลเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจะลดต่ำลงมากกว่าเชื้อเพลิงที่ไม่มีเอทานอลหรือที่มีเอทานอลน้อยกว่า เป็นผลเพราะค่าความร้อนแฝงของการระเหยตัว (Latent Heat of Vaporization) [20] เอทานอลสูงกว่า แก๊สโซลีนประมาณ 2.75 เท่า

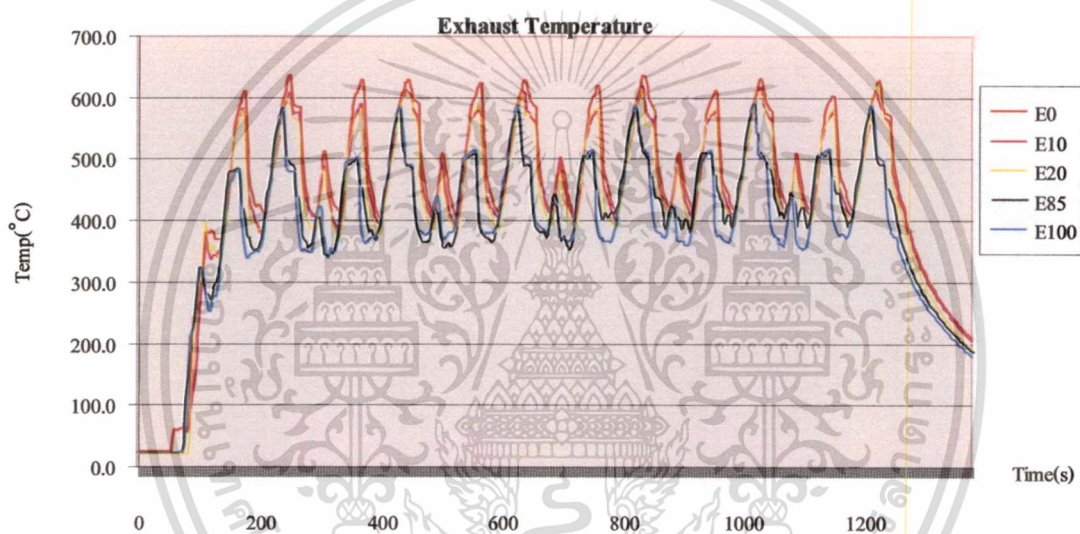


รูปที่ 4.1 อุณหภูมิไอฉีจกัรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 อุณหภูมิไอเสียจากรถยนต์ระบบคาร์บิวเรเตอร์

จากรูปที่ 4.2 อุณหภูมิจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จากรถยนต์คาร์บิวเรเตอร์ อุณหภูมิของการเผาไหม้จะต่างจากอุณหภูมิของไอดี ที่ความเร็วของรถจักรยานยนต์ยิ่งสูงความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ก็จะสูงตามความเร็วที่เพิ่มขึ้นไปด้วย อุณหภูมิไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์เห็นได้ว่าการใช้เอทานอลนั้นอุณหภูมิไอเสียมีอุณหภูมิต่ำกว่าแก๊สโซลีนเนื่องมาจากคุณสมบัติของเอทานอล เองที่มีการเผาไหม้ที่เร็วกว่าแก๊สโซลีน[7] จึงทำให้อุณหภูมิไอเสียของเอทานอลต่ำกว่าแก๊สโซลีน แต่ปรากฏลักษณะเดียวกันกับอุณหภูมิของอุณหภูมิไอดีคือที่มีอัตราส่วนของเอทานอลที่เพิ่มขึ้นอุณหภูมิต่ำลง



รูปที่ 4.2 อุณหภูมิไอเสียจากรถยนต์คาร์บิวเรเตอร์

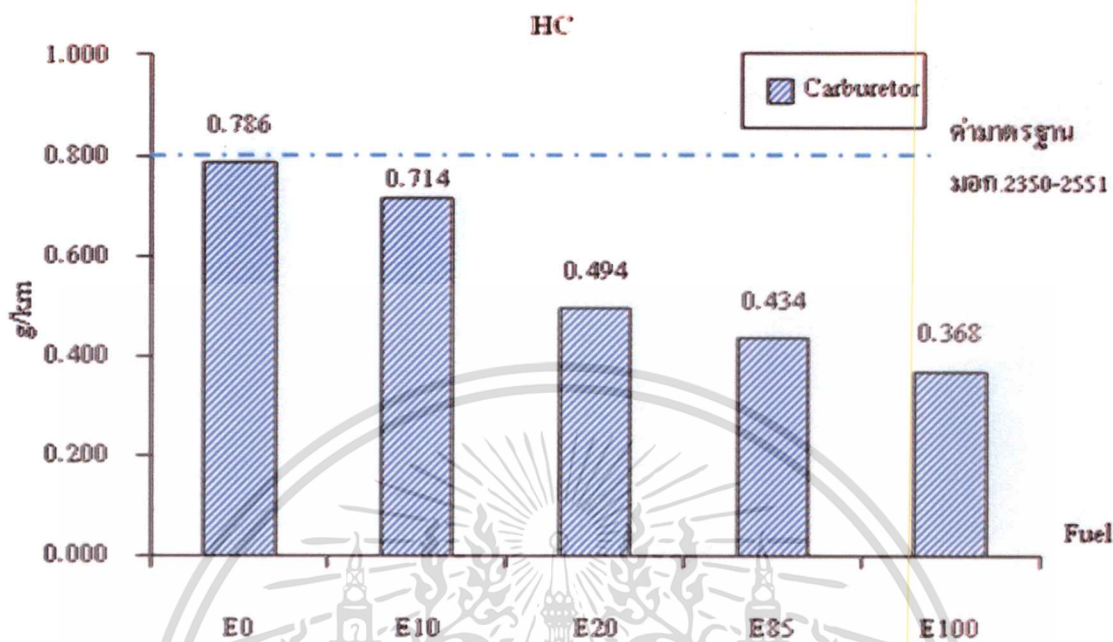
#### 4.1.3 มลพิษจากรถยนต์ระบบคาร์บิวเรเตอร์

ในการวัดมลพิษที่ออกมาจากเครื่องยนต์เป็นการวัดปริมาณไอเสียจากรถจักรยานยนต์โดยรวมจากการ ضبطตั้งแต่งเริ่มต้นที่อุณหภูมิเครื่องยนต์เท่ากับอุณหภูมิห้องทดสอบ ขับรถจักรยานยนต์ตามวัฏจักรการทดสอบตามมาตรฐาน มอก 2350-2551 จำนวน 6 วัฏจักรเป็นการทดสอบ 1 ครั้ง ซึ่งได้ผลทดสอบดังนี้

##### 4.1.3.1 ไฮโดรคาร์บอน (HC)

ไฮโดรคาร์บอน (HC) เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ จากรูปที่ 4.3 เมื่อลดเซพปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงที่เหมาะสม เมื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนของเอทานอลเพิ่มขึ้น ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่ปล่อยออกมาปริมาณน้อยกว่าแก๊สโซลีน โดยเชื้อเพลิง E10 E20 E85 E100 เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนแล้ว ปริมาณลดลง 9.2% 37.2% 44.8% 53.2% เหตุเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้นเกิดจากเอทานอลมีออกซิเจน[18] อยู่ทำให้การผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศดียิ่งขึ้น

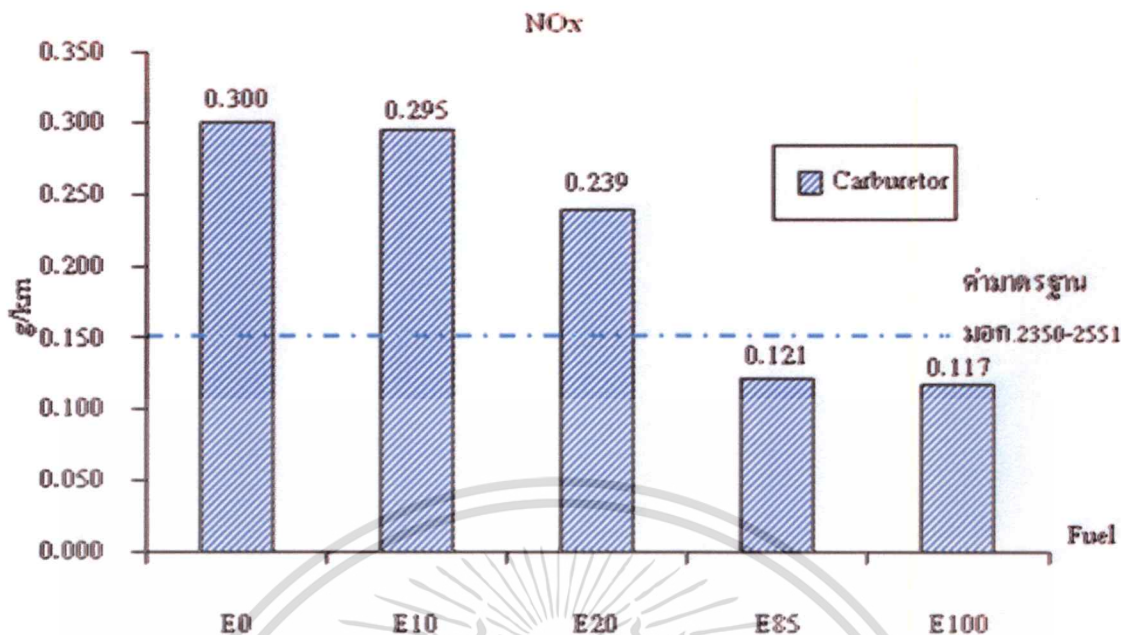


รูปที่ 4.3 ไฮโดรคาร์บอน (HC) จักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์

4.1.3.2 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>)

NO<sub>x</sub> เป็นแก๊สอีกตัวที่วัดออกมาโดยบอกถึงอุณหภูมิในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์และระยะเวลาในการลามของเปลวไฟในห้องเผาไหม้ถ้าการลามของเปลวไฟในการเผาไหม้นี้ใช้เวลานานก็ทำให้เกิด NO<sub>x</sub> มากกว่าปกติ

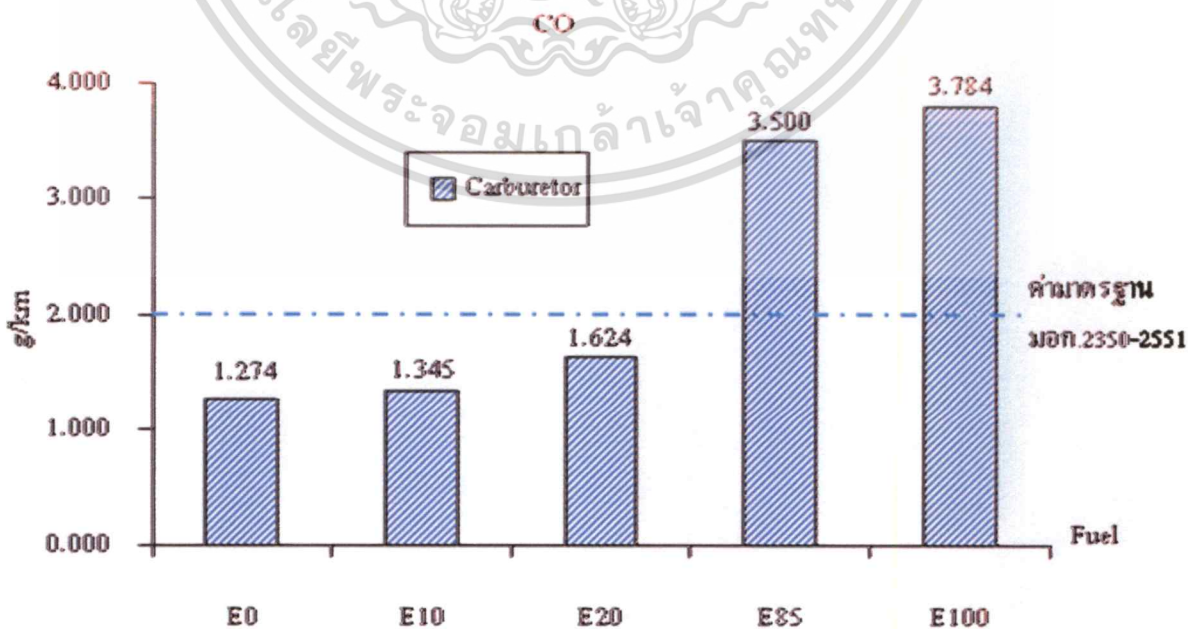
เมื่อเราเติมเอทานอลลงไปในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนปรับแต่งปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ก็จะทำให้ค่า NO<sub>x</sub> ลดลงขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จากรูปที่4.4 เมื่อเราใช้เชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนเอทานอลเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มเดียวกันคือ NO<sub>x</sub> เชื้อเพลิงE10 E20 E85 และ E100 ลดลง 1.7% 20.3% 59.7%และ61.0% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งเกิดมาจากระยะเวลาในการเผาไหม้ของเอทานอลใช้เวลาในการเผาไหม้น้อยกว่าแก๊สโซลีน [7] เนื่องจากเอทานอลเองมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วยทำให้การผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนได้ง่ายกว่าแก๊สโซลีน [8]



รูปที่ 4.4 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) จักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์

4.1.3.3 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โดยปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดขณะที่เครื่องยนต์ อัตราส่วนผสมและการผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงเข้ากันไม่ดี จากรูปที่ 4.5 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนเอทานอล มีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มากกว่าแก๊สโซลีน เนื่องจากการจ่ายเชื้อเพลิงระบบคาร์บิวเรเตอร์นั้นไม่พุ่งกระจาย



รูปที่ 4.5 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์

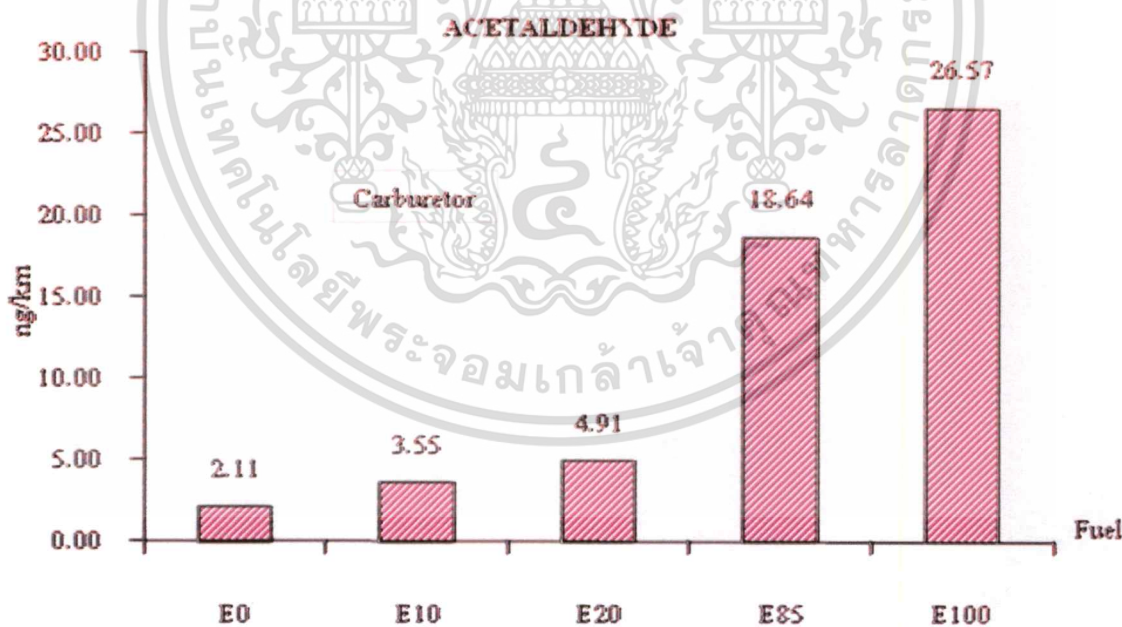
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบไว้ใช้ส่วนตัวของนักศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ คุณสมบัติของเอทานอลเองที่ระเหยตัวได้ยากจึง ส่งผลให้ปริมาณของปริมาณคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) [9] ที่ปล่อยออกมาโดยรวมสูงตามไปด้วย

#### 4.1.4 มลพิษ Air Toxic จักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์

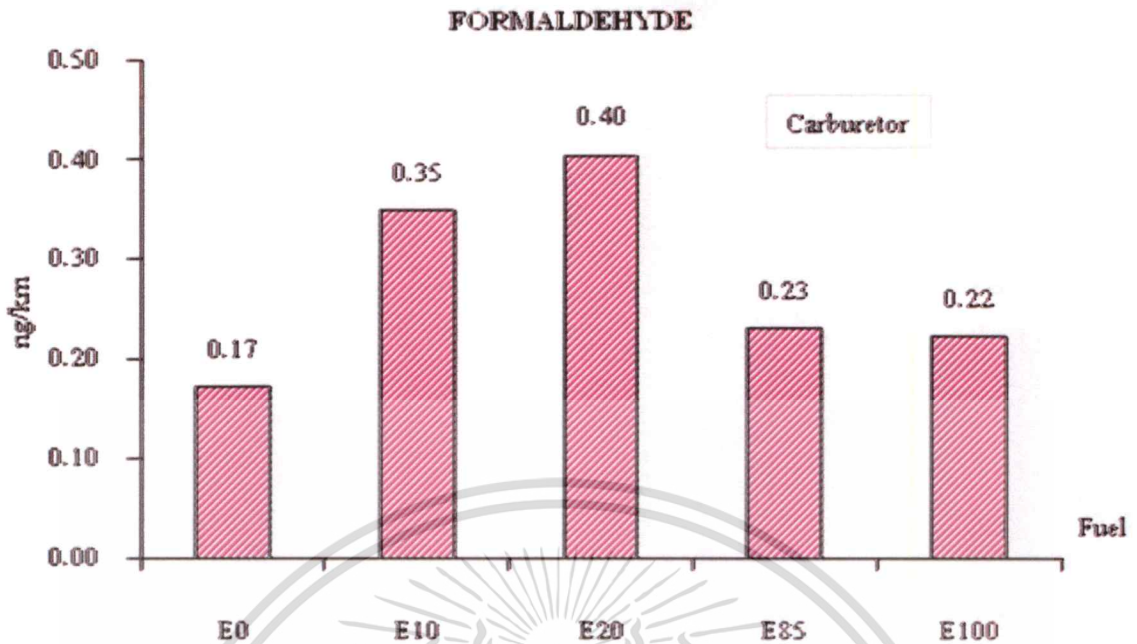
สารมลพิษ Air toxic เป็นสารมลพิษอยู่ในจำพวกสารอินทรีย์ระเหยง่าย ประกอบด้วย 2 กลุ่มคือ Carbonyl compound และ BTEX

4.1.4.1 มลพิษ Air Toxic ในกลุ่ม Carbonyl compound อันประกอบด้วย Acetaldehyde ( $C_2H_4O$ ) Formaldehyde ( $CH_2O$ ) จากรูปที่ 4.6 มลพิษ Air Toxic (Acetaldehyde) จะมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอล [6],[12],[13],[14] ซึ่งเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นนัยสำคัญมากจาก ค่าออกเทนที่เพิ่มขึ้นและปริมาณที่เพิ่มขึ้นของออกซิเจน เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอล[6] และจากการเผาไหม้เมื่อเครื่องยนต์อุณหภูมิต่ำ[12] รูปที่ 4.7 แสดงมลพิษ Air Toxic Formaldehyde เพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ของเชื้อเพลิง E85 และ E100 ลดลงอันเป็นผลมาจากหนูหนูหลักของทั้งสองมีขนาดใหญ่ จึงให้เกิดการจ่ายเชื้อเพลิงที่หนา และการฟุ้งกระจายของเชื้อเพลิงไม่ดี จึงทำให้ส่ง Formaldehyde ลดลงทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณ Formaldehyde มีผลน้อยมากเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอล [15] และสารมลพิษทั้งสองมีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับสารมลพิษอื่น[6]



รูปที่ 4.6 มลพิษ Air Toxic (Acetaldehyde) รถจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์

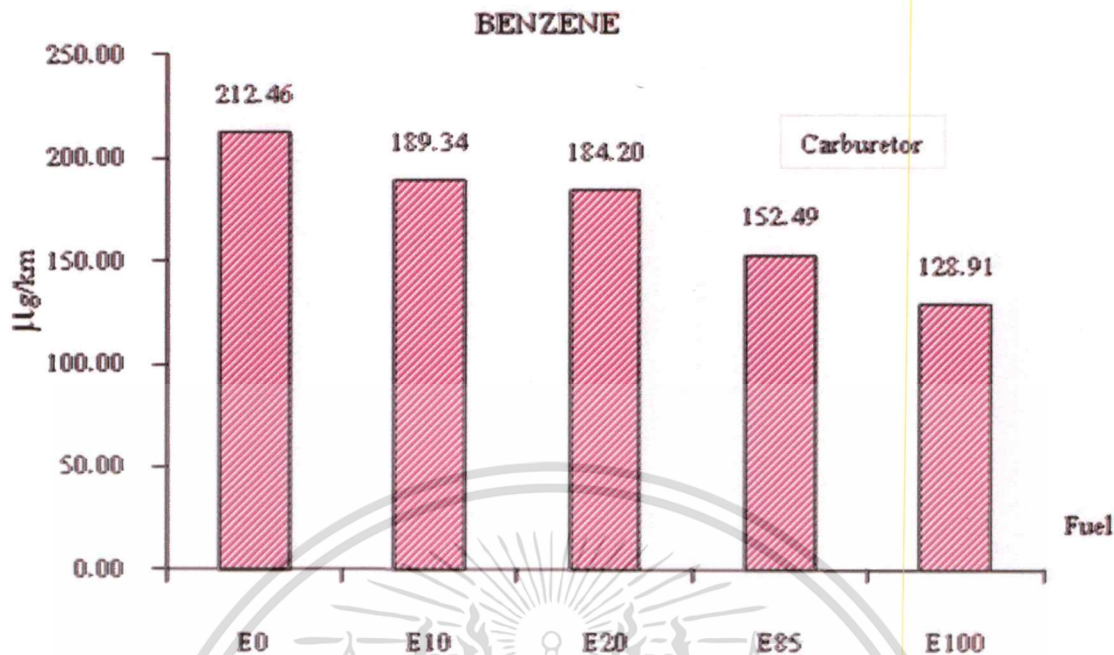
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



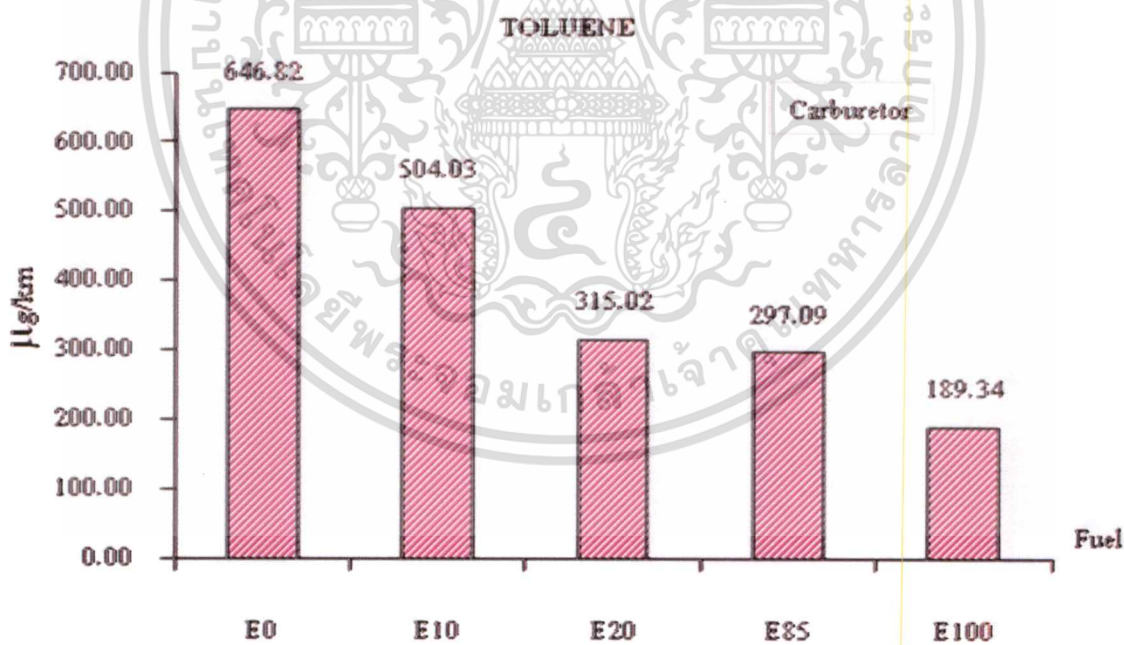
รูปที่ 4.7 มลพิษ Air Toxic (Formaldehyde) รถจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์

4.1.4.2 มลพิษ Air Toxic ในกลุ่ม BTEX ประกอบด้วยสารมลพิษ Benzene ( $C_6H_6$ ), Toluene ( $C_7H_8$ ), Ethyl benzene ( $C_6H_5CH_2CH_3$ ), และ Xylene ( $C_8H_{10}$ ) จากรูปที่ 4.8, 4.9, 4.10 และรูปที่ 4.11 มีแนวโน้มที่ลดต่ำลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอล [6] [12] [13] [14] เนื่องจากเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเอทานอลเป็นการลดปริมาณของ (aromatic hydrocarbons) [6] [12] และปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่ออกมาจากการเผาไหม้ลดน้อยลงจากการเผาไหม้ [6] ปริมาณสารมลพิษในกลุ่ม BTEX ก็จะลดตามไปด้วยจากพันธะเคมีที่มีส่วนประกอบของไฮโดรเจน (H) คาร์บอน (C) เป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

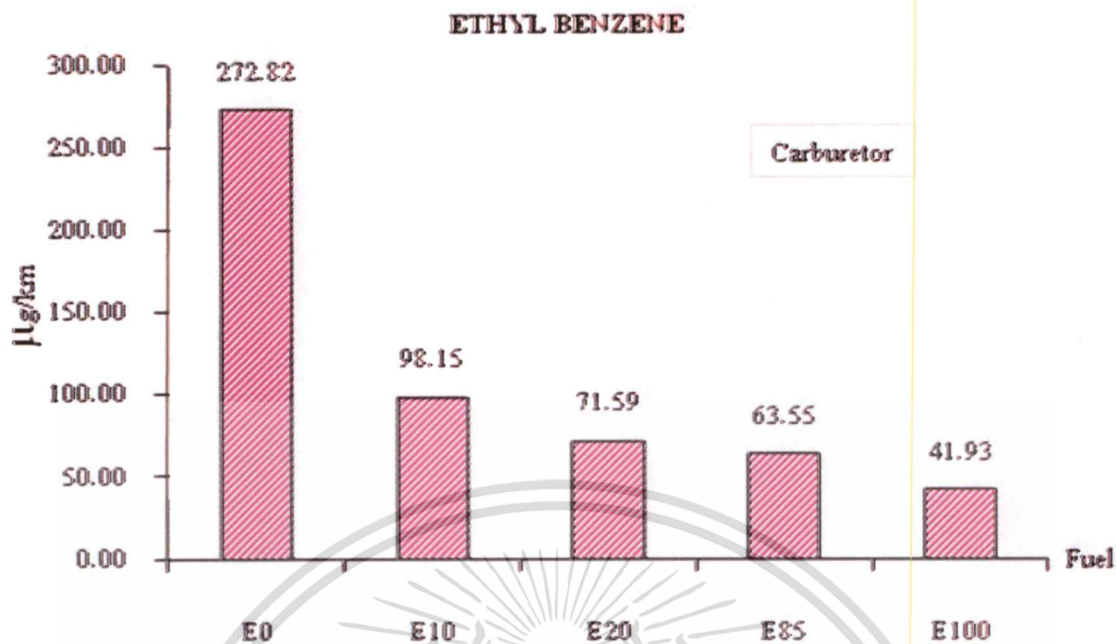


รูปที่ 4.8 มลพิษ Air Toxic (Benzene) รถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์

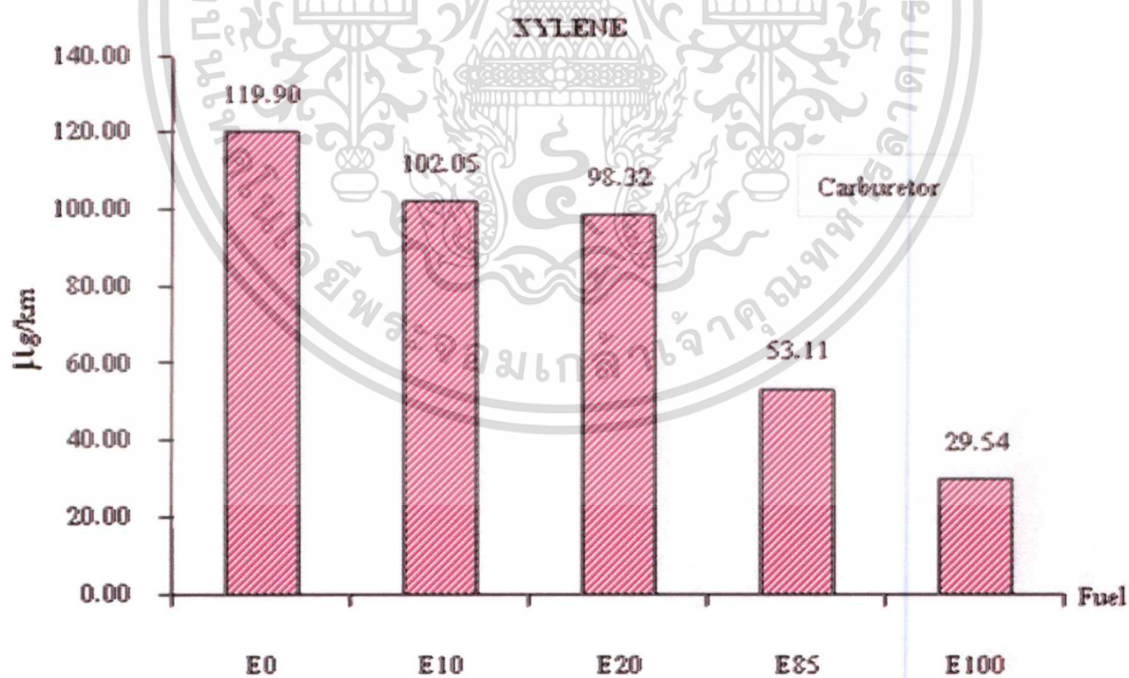


รูปที่ 4.9 มลพิษ Air Toxic (Toluene) รถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 มลพิษ Air Toxic (Ethyl benzene) รถจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์

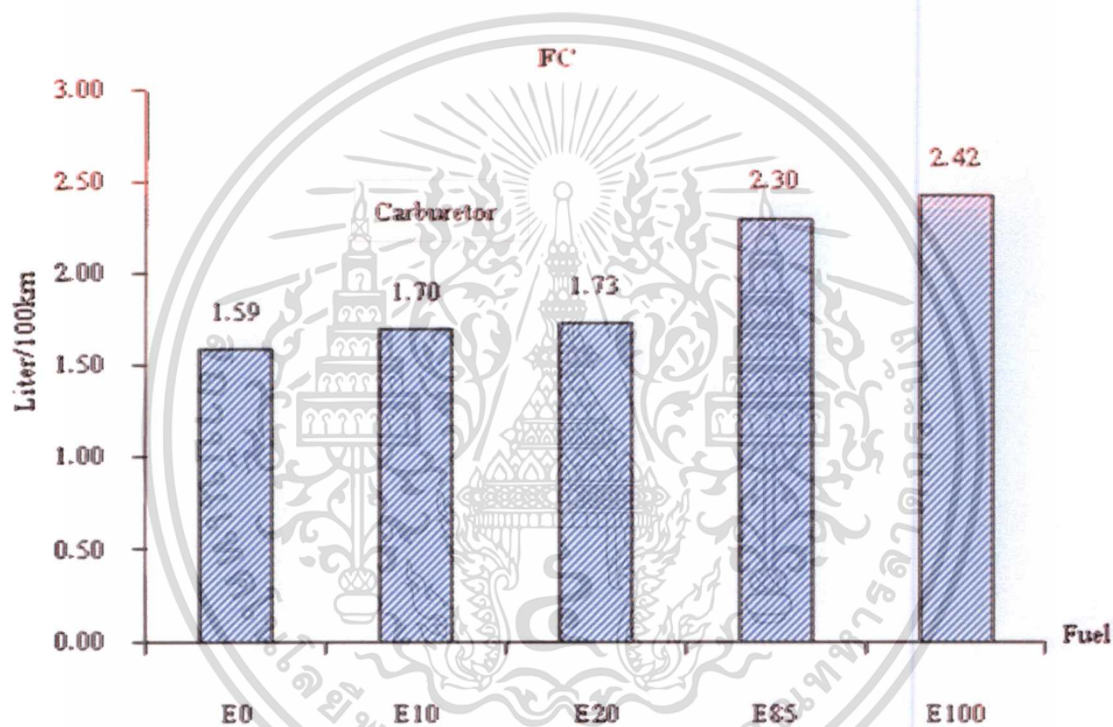


รูปที่ 4.11 มลพิษ Air Toxic (Xylene) รถจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์

ในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงจะทำการขับรถตามวัฏจักร การทดสอบแล้ววัดค่าปริมาณมลพิษไอเสียที่ออกมา จากการทดสอบตลอดการทดสอบ ใช้ปริมาณมลพิษไอเสียที่ปล่อยออกมาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองของรถจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์ จากรูปที่ 4.12 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิง E10 E20 E85 และ E100 กับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีอัตราเพิ่มขึ้น 6.9% 8.8% 44.6% และ 52.2% เนื่องจากค่าความร้อนของเอทานอลมีน้อยกว่าแก๊สโซลีนประมาณ 34 % ในปริมาณที่เท่ากับแก๊สโซลีนต้องใช้ปริมาณเอทานอลที่มากกว่า [9]



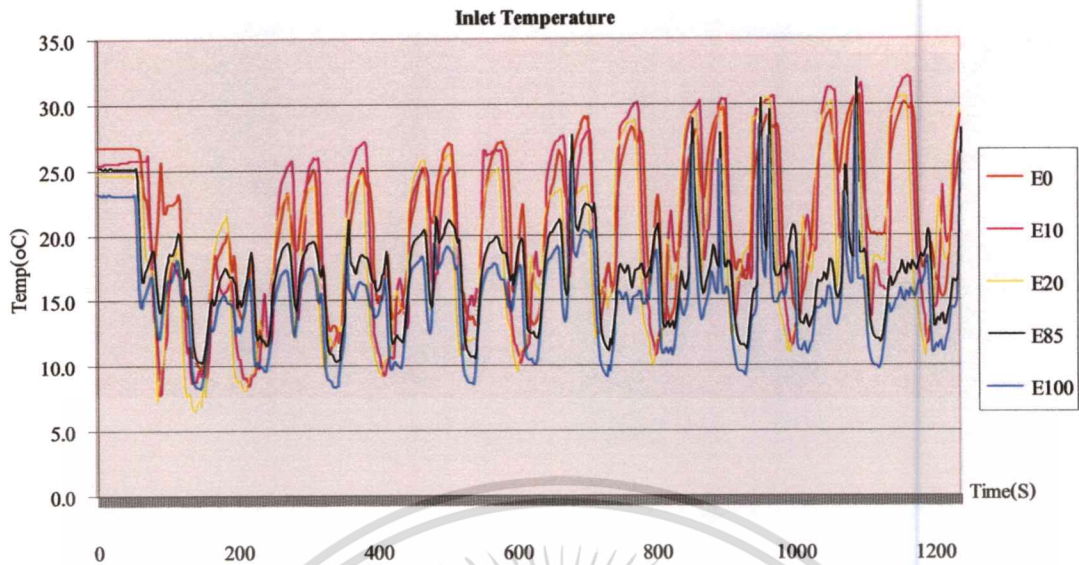
รูปที่ 4.12 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์

## 4.2 รถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด

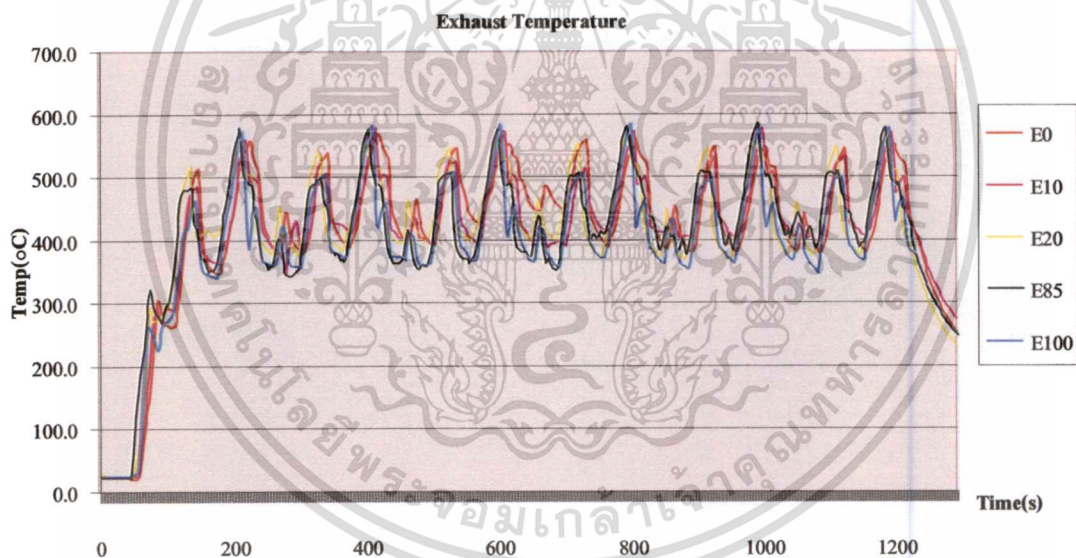
### 4.2.1 อุณหภูมิไอดี

อุณหภูมิไอดีของรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีดแนวโน้มนำที่เกิดขึ้นเหมือนจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์คือ อุณหภูมิไอดีลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอล ในขณะที่เดียวกันมีความแตกต่างกันก็คือ อุณหภูมิจะต่ำกว่าคาร์บูเรเตอร์ เนื่องจากหัวฉีดมีการฉีดที่เป็นฝอยมากกว่าคาร์บูเรเตอร์ [10] พร้อมทั้งค่าความร้อนแฝงของการระเหยตัว (Latent Heat of Vaporization) [20] ของเอทานอลที่มีมากกว่าแก๊สโซลีนจึงส่งผลให้อุณหภูมิของหัวฉีดต่ำกว่าคาร์บูเรเตอร์ แสดงในรูป 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 อุณหภูมิไอดีรถจักรยานยนต์หัวฉีด



รูปที่ 4.14 อุณหภูมิไอเสียรถจักรยานยนต์หัวฉีด

#### 4.2.2 อุณหภูมิไอเสีย

จากรูปที่ 4.14 อุณหภูมิไอเสียจากการเผาไหม้ของจักรยานยนต์หัวฉีดยังคงเหมือนแนวโน้มที่เกิดขึ้นคือ อุณหภูมิต่ำลง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอล โดยที่เอทานอลล้วนมีอุณหภูมิต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแก๊ส โซลิน เนื่องจากคุณสมบัติของเอทานอลที่มีการเผาไหม้ที่เร็วกว่าแก๊ส โซลิน [7] จึงทำให้อุณหภูมิไอเสียจากการเผาไหม้และเมื่อเปรียบเทียบกับจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์ อุณหภูมิจะมีค่าต่ำกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.14

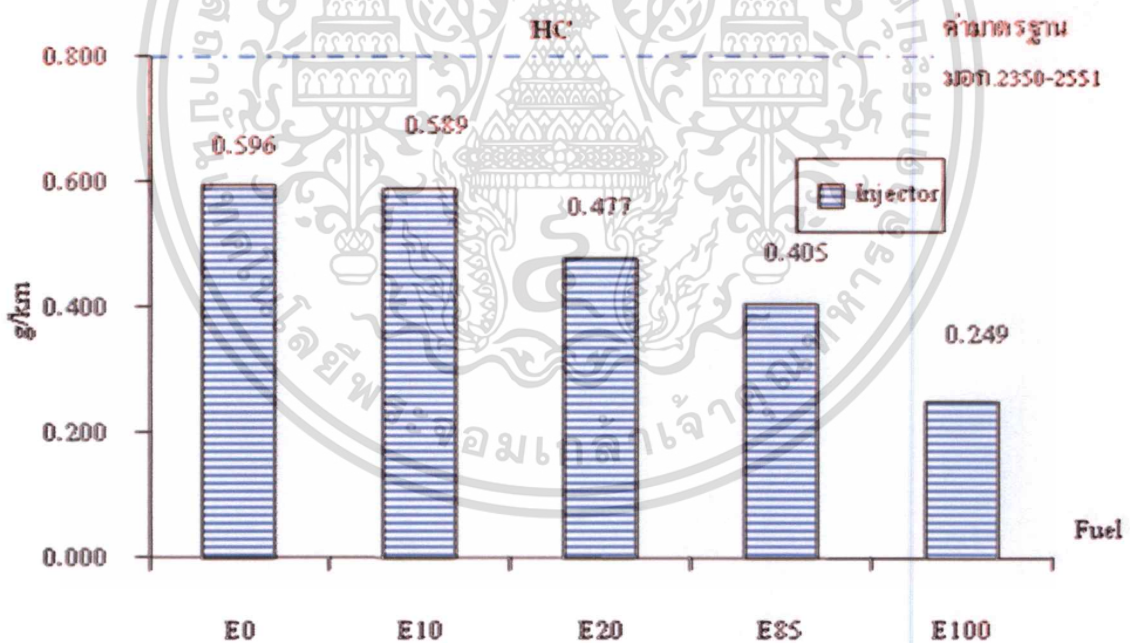
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3 มลพิษจากรถยนต์ระบบหัวฉีด

การวัดมลพิษที่ออกมาจากรถยนต์หัวฉีดก็เป็นตัวบ่งชี้ถึงการลดเชื้อเพลิงนั้นมีความถูกต้องหรือไม่เพื่อให้การเผาไหม้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพที่ดี มีการลดเชื้อเพลิงตั้งแต่ E10 E20 E85 E100 แต่ไม่มีการปรับแต่ง E0 เพราะว่า อุปกรณ์ขยายสัญญาณหัว ที่เพิ่มเข้าไปไม่สามารถลดระยะเวลาการฉีดของเชื้อเพลิงได้ ปริมาณไอเสียจากรถยนต์แสดงดังนี้

##### 4.2.3.1 ไฮโดรคาร์บอน (HC)

ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) แสดงในรูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มอัตราส่วนของเชื้อเพลิงเอทานอล ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) จากระบบหัวฉีดลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่ปล่อยออกมาน้อยสุดจะเป็นเชื้อเพลิง E100 และเมื่อเปรียบเทียบกับ จักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์ปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่ออกมาน้อยกว่า ทั้งนี้ ไฮโดรคาร์บอน (HC) คือผลผลิตที่ได้จากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ เมื่อใช้หัวฉีดการผสมอากาศกับเชื้อเพลิงย่อมดีกว่าคาร์บูเรเตอร์ ผวนกับเอทานอลมีออกซิเจนผสมอยู่[18]ยังส่งผลให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

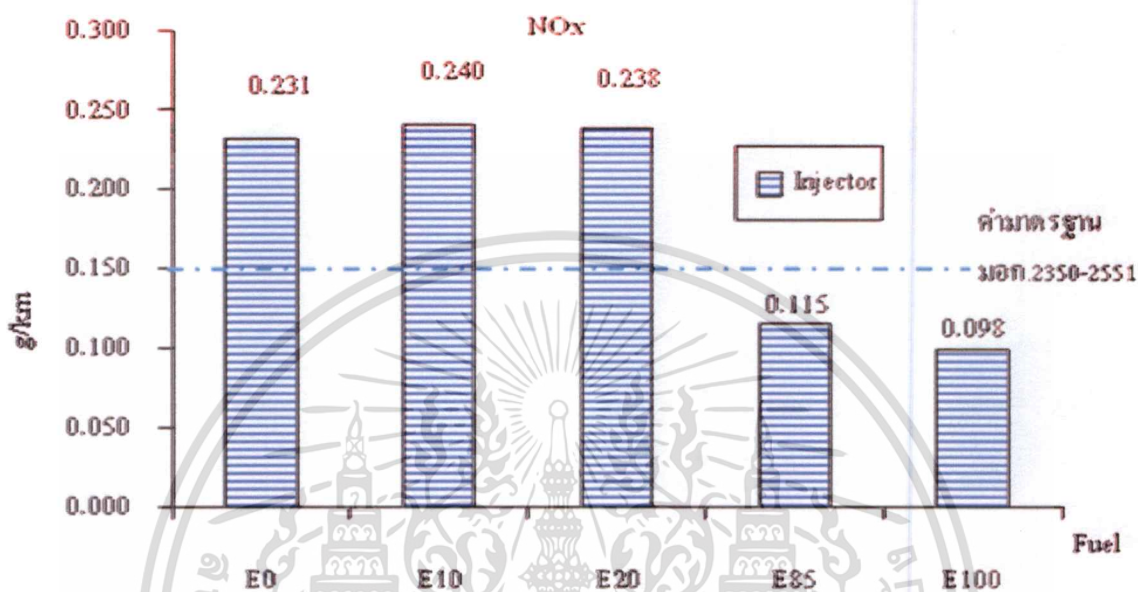


รูปที่ 4.15 ไฮโดรคาร์บอน (HC) รถจักรยานยนต์หัวฉีด

##### 4.2.3.2 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>)

รูปที่ 4.16 แสดงปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) รถจักรยานยนต์หัวฉีดเมื่อมีการลดเชื้อเพลิง จากการใช้เชื้อเพลิงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอลโดยปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO<sub>x</sub>) จะลดลงดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่าออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งเกิดมาจากระยะการเผาไหม้ไม่ทั่วถึงกัน อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

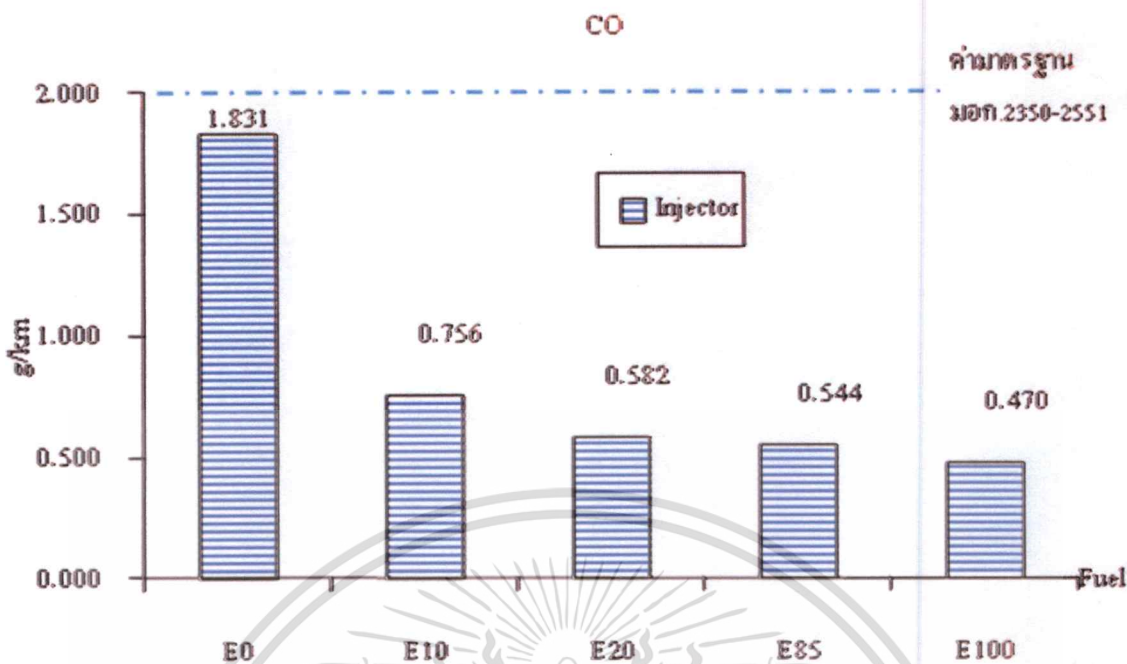
เวลา ในการเผาไหม้ของเอทานอลใช้เวลาในการเผาไหม้น้อยกว่าแก๊สโซลีน [7] เนื่องจากเอทานอลเองมีออกซิเจนผสมอยู่ด้วยทำให้การผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนได้ง่ายกว่าแก๊สโซลีน[8] อีกทั้งการหัวฉีดมีการฟุ้งกระจายของเชื้อเพลิงได้ดีกว่าคาร์บูเรเตอร์ ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) ของจักรยานยนต์หัวฉีดจึงน้อยกว่าจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์



รูปที่ 4.16 ออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) รถจักรยานยนต์หัวฉีด

#### 4.2.3.3 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จักรยานยนต์หัวฉีด

จากรูปที่ 4.17 แสดงปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ออกมาจากจักรยานยนต์หัวฉีด โดยค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดในขณะที่เครื่องยนต์มีส่วนผสมหนาและการผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศเข้ากันไม่ดี เมื่อลดเซพปริมาณการฉีดเอทานอลให้เหมาะสมกับอากาศที่เข้าไป ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของรถจักรยานยนต์ที่เพิ่มอัตราของเอทานอล เมื่อเปรียบเทียบกับแก๊สโซลีน จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก็ยังน้อยกว่าแก๊สโซลีน เนื่องจากเอทานอลมีองค์ประกอบของคาร์บอนต่ำกว่าแก๊สโซลีน และมีออกซิเจนประกอบอยู่ด้วยจึงทำให้เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าแก๊สโซลีน

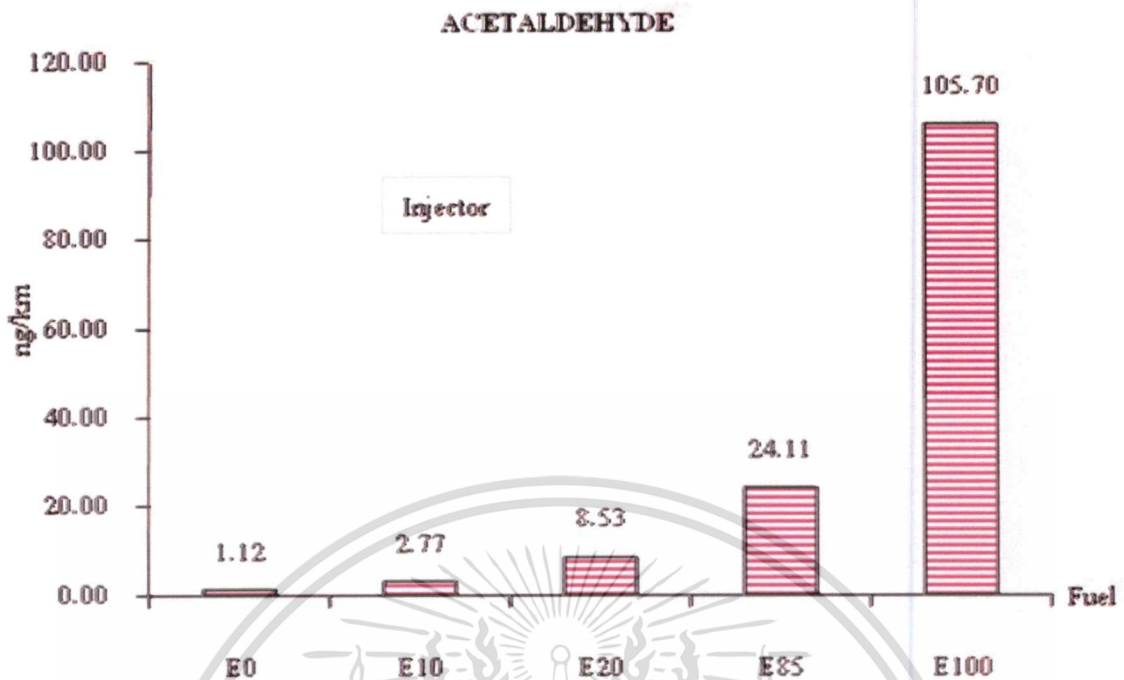


รูปที่ 4.17 คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) รถจักรยานยนต์หัวฉีด

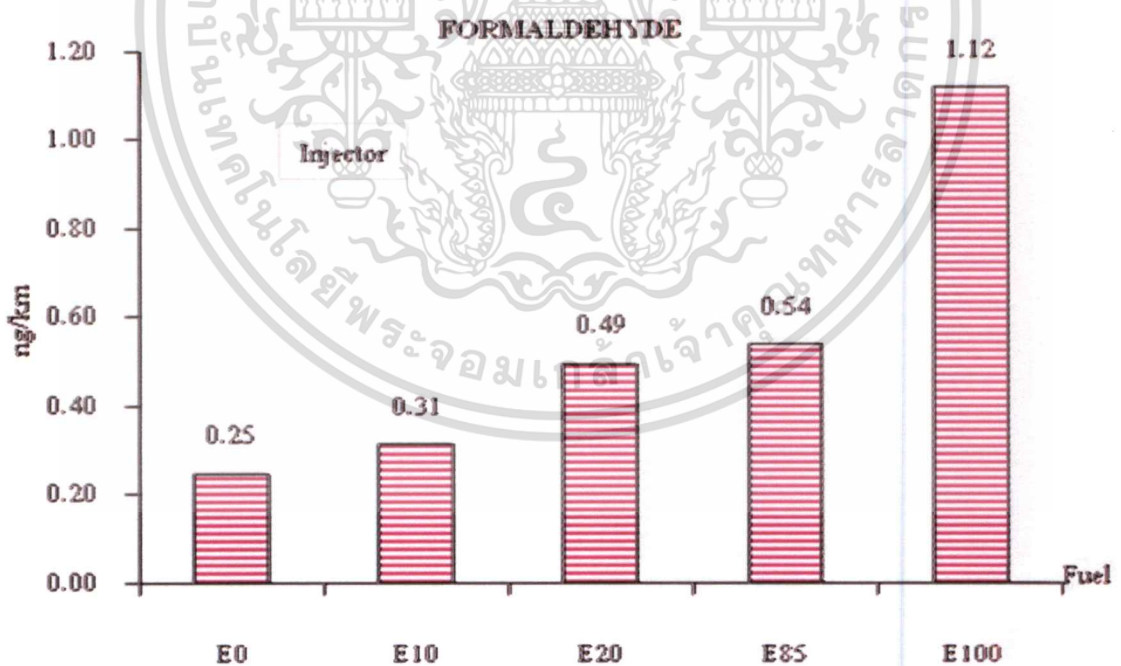
4.2.4 มลพิษ Air Toxic จักรยานยนต์ระบบหัวฉีด

สารมลพิษ Air toxic เป็นสารมลพิษอยู่ในจำพวกสารอินทรีย์ระเหยง่าย ประกอบด้วย 2 กลุ่มคือ Carbonyl compound และ BTEX ดังที่กล่าวมา

4.2.4.1 มลพิษ Air Toxic ในกลุ่ม Carbonyl compound อันประกอบด้วย Acetaldehyde (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O) Formaldehyde (CH<sub>2</sub>O) จากรูปที่4.18 และรูปที่4.19 แสดงมลพิษ Air Toxic(Acetaldehyde) จะมีมลพิษ Air Toxic (Formaldehyde) ปริมาณสูงขึ้นทั้ง Acetaldehyde Formaldehyde เมื่อเพิ่มอัตรา ส่วนของเอทานอล[6],[12],[13],[14] เมื่อเปรียบเทียบที่ได้กับรถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์ผลที่ได้คือปริมาณ Acetaldehyde และ Formaldehyde จะมากกว่าเพราะว่าการฟุ้งกระจายของเชื้อเพลิงและการคลุกเคล้าของเชื้อเพลิงที่ดีของรถจักรยานยนต์หัวฉีดและการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของจักรยานยนต์หัวฉีดมีผล Acetaldehyde และ Formaldehyde สูงขึ้นมากกว่าของจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์



รูปที่ 4.18 มลพิษ Air Toxic (Acetaldehyde) จักรยานยนต์หัวฉีด



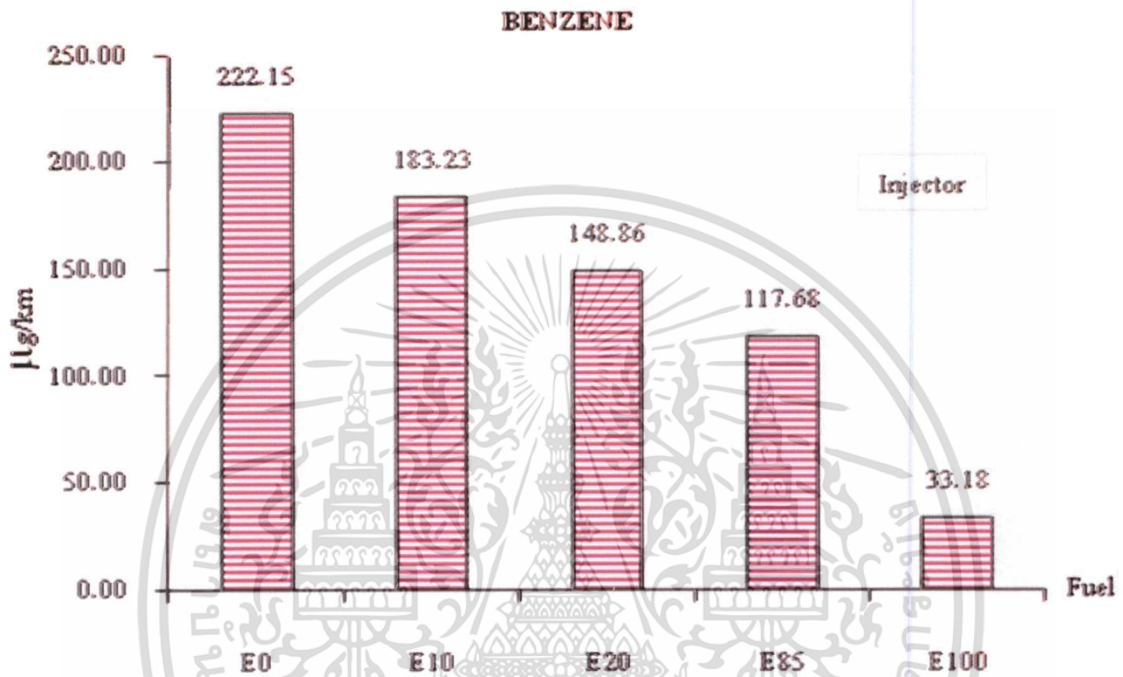
รูปที่ 4.19 มลพิษ Air Toxic (Formaldehyde) จักรยานยนต์หัวฉีด

4.2.4.2 มลพิษ Air Toxic ในกลุ่ม BTEX ประกอบด้วยสารมลพิษ Benzene ( $C_6H_6$ ),

Toluene ( $C_7H_8$ ), Ethyl benzene ( $C_6H_5CH_2CH_3$ ), และ Xylene ( $C_8H_{10}$ ) จากรูปที่ 4.20, 4.21, 4.22, และ

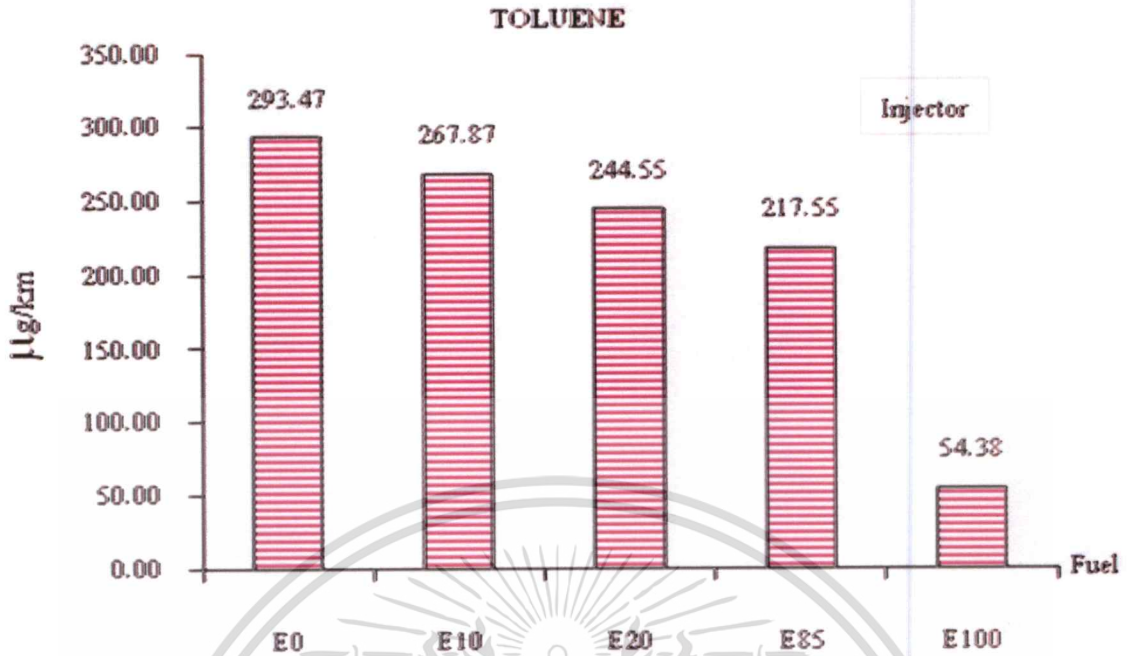
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.23 มีแนวโน้มที่ลดต่ำลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเอทานอล[6],[12],[13],[14] เนื่องจากเมื่อเพิ่มอัตราส่วนเอทานอลเป็นการลดปริมาณของ(aromatic hydrocarbons)[6] [12] และปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่ออกมาจากการเผาไหม้ลดน้อยลงจากการเผาไหม้[6] เมื่อเปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์คาร์บิวเรเตอร์จะน้อยกว่า เนื่องจากปริมาณปริมาณไฮโดรคาร์บอน (HC) มีปริมาณที่น้อยกว่า

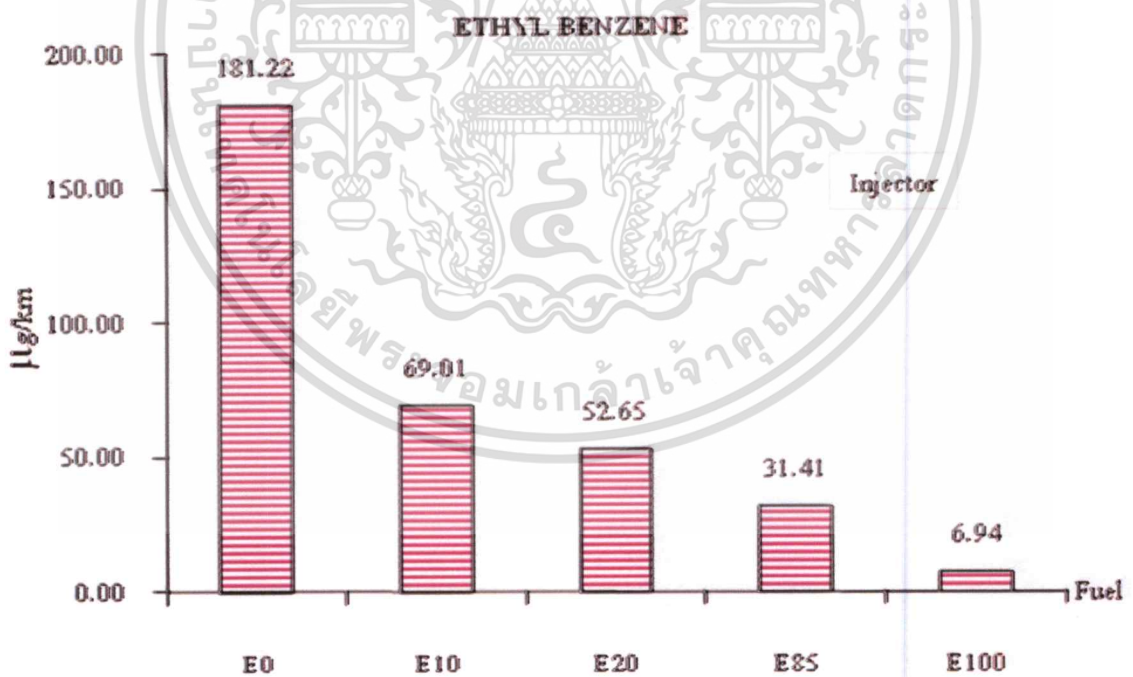


รูปที่ 4.20 มลพิษ Air Toxic (Benzene) จักรยานยนต์หัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

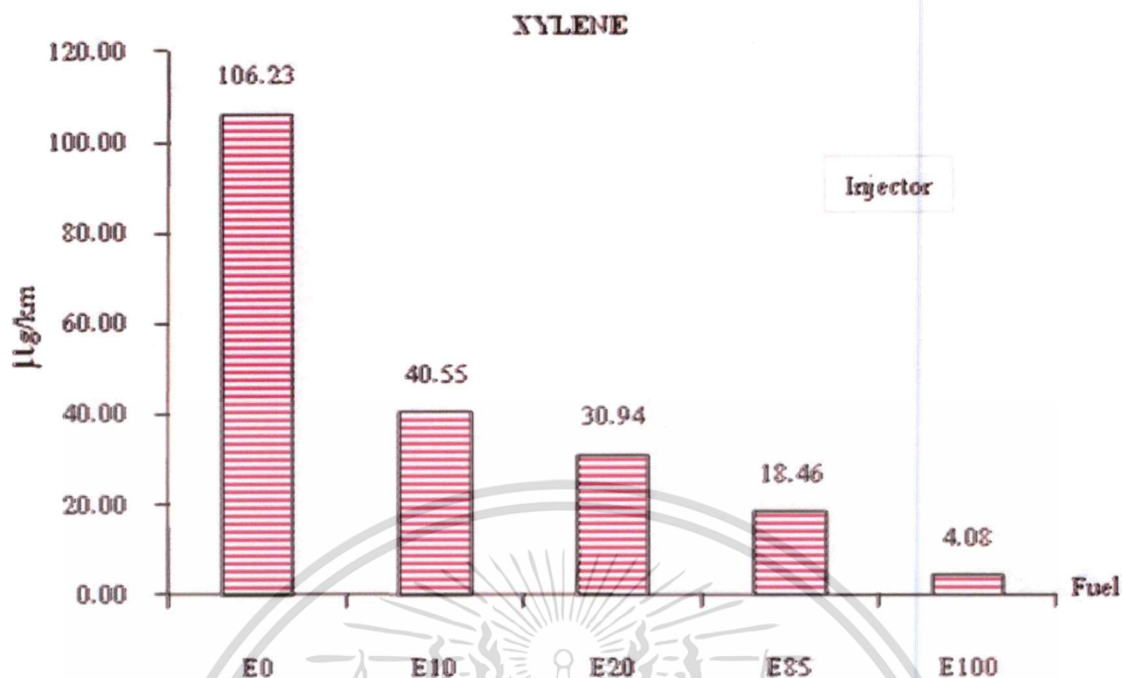


รูปที่ 4.21 มลพิษ Air Toxic (Toluene) จักรยานยนต์หัวฉีด

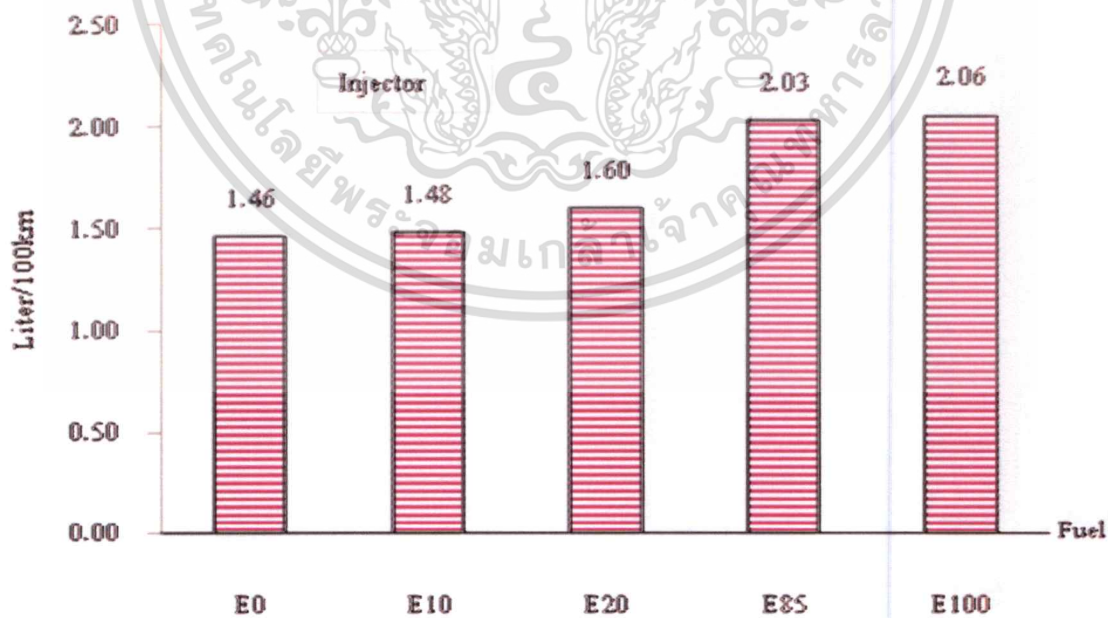


รูปที่ 4.22 มลพิษ Air Toxic (Ethyl benzene) จักรยานยนต์หัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 มลพิษ Air Toxic (Xylene) จักรยานยนต์หัวฉีด



รูปที่ 4.24 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์หัวฉีด

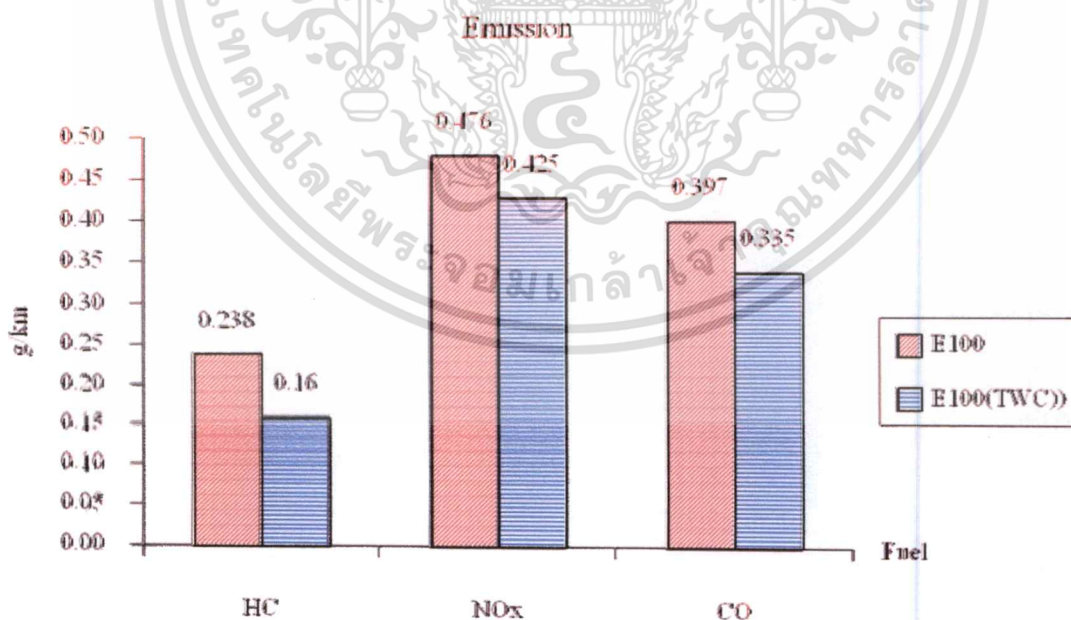
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.5 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์หัวฉีด

ในการวัดอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงจะทำการขับรถตามวัฏจักร การทดสอบแล้ววัดค่าปริมาณมลพิษไอเสียที่ออกมา จากการทดสอบตลอดการทดสอบ ใช้ปริมาณมลพิษไอเสียที่ปล่อยออกมาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองของรถจักรยานยนต์หัวฉีด จากรูปที่ 4.23 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์หัวฉีด เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีอัตราเพิ่มขึ้น 1.3% 9.3% 38.7% และ 40.5% ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์หัวฉีดกับรถจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์ ปรากฏว่ารถจักรยานยนต์หัวฉีดประหยัดกว่า 12% โดยประมาณ

#### 4.3 ผลกระทบมลพิษไอเสียจากแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์

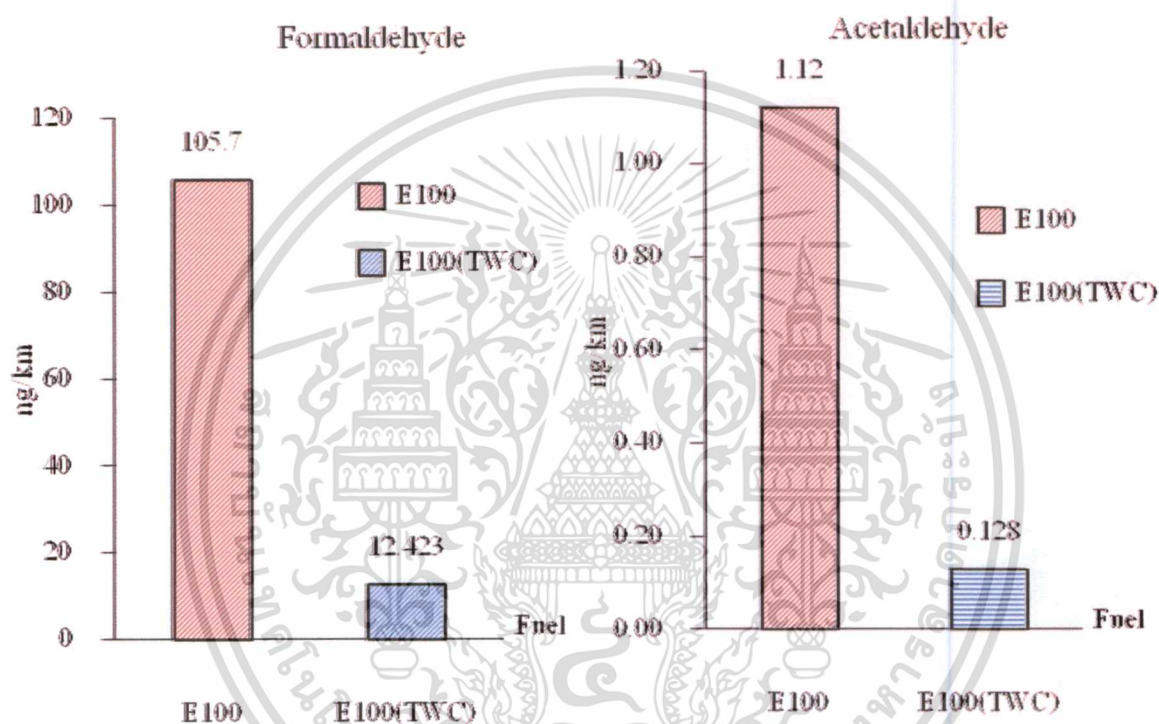
อย่างที่ทราบกันดีแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (catalytic converter) หรือเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา แคทาลิติกฯ ทำหน้าที่เปลี่ยนไอเสีย 3 ชนิดได้แก่ สารไฮโดรคาร์บอน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซออกซิเจน และไอน้ำ ด้วยปฏิกิริยาทางเคมีออกซิเดชัน (oxydation) และรีดักชัน (reduction) สมการเคมีข้างล่างแสดงถึงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น โดยปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นเองได้ตามธรรมชาติ แต่ว่าอัตราการเกิดจะช้ามาก ดังนั้นจึงต้องใช้สารเร่งปฏิกิริยาหรือแคทาลิสต์ (catalyst) เพื่อให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดเร็วขึ้น เมื่อมีการติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์เข้ากับท่อไอเสียรถจักรยานยนต์ ผลที่ได้ปริมาณมลพิษไอเสียทั่วไปลดลง ดังแสดงรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบมลพิษไอเสียเชื้อเพลิงE100 และเชื้อเพลิงE100 ติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ3ทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.24 แสดงปริมาณมลพิษไอเสียทั่วไปลดลง [13] โดยเมื่อมีการติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์สารไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซออกไซด์ไนโตรเจน $\text{NO}_x$  และ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 32.8% 10.7% และ 15.6% ตามลำดับ เช่นเดียวกับกับสารมลพิษ Air Toxic ในกลุ่มของ Carbonyl compound อันประกอบด้วย Acetaldehyde ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ) Formaldehyde ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) แนวโน้มที่จะลดลง [13] เมื่อมีการติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ โดยที่ Acetaldehyde และ Formaldehyde ลดลง 88.6% และ 88.2% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิง E100 ดังแสดงรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบสารมลพิษ Air Toxic ในกลุ่มของ Carbonyl เชื้อเพลิง E100 และเชื้อเพลิง E100 ติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์แบบ 3 ทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

เมื่อปรับปรุงรถจักรยานยนต์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ E10 E20 E85 และ E100 เอทานอลทั้งระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์ โดยรถจักรยานยนต์คาร์บูเรเตอร์ได้มีการเปลี่ยนขนาดนมหนูหลักและนมหนูเดินเบาให้เหมาะสมกับความต้องการเชื้อเพลิงแต่ละชนิด และจักรยานยนต์หัวฉีดได้มีการเพิ่มกล่องควบคุมเพื่อขยายสัญญาณการฉีดหรือระยะเวลาการฉีดตามความเหมาะสมในการต้องการเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น แล้วทดสอบตามมาตรฐานที่บังคับในปัจจุบัน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. การดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อให้ใช้เอทานอลให้มีสมรรถนะใกล้เคียงเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จะต้องมีการชดเชยปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้มากขึ้นเมื่อใช้เอทานอลในเครื่องยนต์หัวฉีดมีการทำกล่องเพิ่มขึ้นเพื่อขยายสัญญาณการฉีดเพิ่มขึ้นจากสัญญาณหัวฉีดเดิม ระบบคาร์บูเรเตอร์มีการเปลี่ยนหรือขยายขนาดของนมหนูเดินเบาจากเดิมเบอร์ 35 เป็นเบอร์ 45 สำหรับเชื้อเพลิง E20 และขนาดใหม่ที่ทำขึ้นเฉพาะคือรูภายในเป็นขนาด 0.562 มิลลิเมตรสำหรับเชื้อเพลิง E85 และ E100 และนมหนูหลักเดิมเบอร์ 78 เป็นเบอร์ 90 สำหรับเชื้อเพลิง E20 เบอร์ 110 สำหรับเชื้อเพลิง 85 และเบอร์ 120 สำหรับเชื้อเพลิง E100 พร้อมทั้งปรับปริมาณอากาศให้เหมาะสม

2. มลพิษไอเสียไฮโดรคาร์บอน (HC) รถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีดเมื่อใช้เมื่อใช้อัตราส่วนเอทานอลที่เพิ่มขึ้นการปล่อยปริมาณ ไฮโดรคาร์บอน (HC) น้อยกว่ารถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์ 3.4-32.3 % และมลพิษออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) น้อยกว่ารถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์ 0.4-23% แต่คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) รถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์ เพิ่มขึ้นต่างจากรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีดจากการใช้ขนาดนมหนูที่ใหญ่ขึ้นและไม่สามารถควบคุมการจ่ายเชื้อเพลิงให้คงที่ได้เท่ากับรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด

3. มลพิษ ในกลุ่ม Air Toxic ในกลุ่ม Carbonyl compound (Acetaldehyde Formaldehyde) มีแนวโน้มที่สูงขึ้นหลายเท่าเมื่อใช้อัตราส่วนเอทานอลที่เพิ่มขึ้น โดย กลุ่มมลพิษ Carbonyl compound เพิ่มขึ้น 346-2725% แต่เพิ่มขึ้นในระดับนาโนกรัมเท่านั้นซึ่งมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบสารมลพิษชนิดอื่น และทางมาตรฐาน EPA ได้กำหนดให้อู่ระดับสุดท้ายในตารางที่เกิดผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์

4. มลพิษ Air Toxic ในกลุ่ม BTEX ประกอบด้วยสารมลพิษ Benzene Toluene Ethyl benzene และ Xylene ลดลงเมื่อใช้อัตราส่วนของเอทานอลเพิ่มขึ้น โดยที่มลพิษ Air Toxic ในกลุ่ม BTEX ลดลง 37.4-89 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง แนนอนเมื่อใช้อัตราส่วนเอทานอลที่เพิ่มขึ้นการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก็ต้องเพิ่มขึ้น โดยเมื่อใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บิวเรเตอร์ อัตราการสิ้นเปลืองอยู่ที่ประมาณ 52.2% แต่รถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีดอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ 40.5% ซึ่งจักรยานยนต์ระบบหัวฉีดจะประหยัด 12% โดยประมาณ

6. ปริมาณมลพิษไอเสียทั่วไปลดลงโดยเมื่อมีการติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์สารไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซออกไซด์ในโตรเจน $\text{NO}_x$  และ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 32.8% 10.7% และ 15.6% ตามลำดับ เช่นเดียวกับกับสารมลพิษ Air Toxic ในกลุ่มของ Carbonyl compound อันประกอบด้วย Acetaldehyde Formaldehyde แนวน้ำมันที่จะลดลงเมื่อมีการติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์โดยที่ Acetaldehyde และ Formaldehyde ลดลง 88.6% และ 88.2% ตามลำดับ

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การที่นำเอทานอลมาใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนนั้นต้องมีการคิดแปลงเครื่องยนต์เล็กน้อยก็สามารถใช้เอทานอลได้ แต่ควรจะมีงานวิจัยเพิ่มเติมที่มากกว่านี้เพื่อให้ความมั่นใจกับผู้ที่คิดจะใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงแทนแก๊สโซลีน ทั้งในด้านการสตาร์ทเครื่องยนต์ที่อุณหภูมิต่ำที่จะนำมาใช้กับเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง รวมถึงการวิ่งทดสอบระยะยาวว่าเมื่อเราใช้เอทานอลไปนานๆ จะมีกระทบอย่างไรบ้างกับเครื่องยนต์ ในปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตเอทานอลได้เป็นจำนวนมากเพียงพอกับความต้องการใช้ในประเทศไทยและยังเป็นการลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศทำให้ประเทศไทยมีเสถียรภาพด้านพลังงานมากขึ้น อีกทั้งการนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงก็ช่วยลดภาวะโลกร้อนอีกทางหนึ่งด้วย

## บรรณานุกรม

[1] Fikret Yu ksel , Bedri Yuksel. “The use of ethanol–gasoline blend as a fuel in an SI engine.” **Renewable Energy**. 29 (2004) 1181–1191

[2] M. Al-Hasan. 2002. ‘Effect of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission.’ **Energy Conversion and Management**. 44 (2003) 1547–1561

[3] Matthew Brusstar. ‘ECONOMICAL, HIGH-EFFICIENCY ENGINE TECHNOLOGIES FOR ALCOHOL FUELS’, **National Vehicle and Fuel Emissions Laboratory**. 48326-1766.

[4] Erik Dambach, Adam Han, Brian Henthorn. 2004. ‘Ethanol as Fuel for Recreational Boats.’ **The Thayer School of Engineering at Dartmouth College**. ENGS 190/ENGG 290

[5] ภาณุเดช จินดาวงศ์, สุภัตตร ศรีเจริญ, พิชัย อัญมมงคล และลิขิต ไสหนุ. 2003. ‘สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง.’ **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย**. 2003

[6] Huseyin Serdar Yucesu, Tolga Topgul, Can Cinar, Melih Okur. 2006. “Effect of ethanol–gasoline Blends on engine performance and exhaust emission in different compression ration.” **Applied Thermal Engineering**. 26 (2006) 2272–2278.

[7] M. Bahattin CELIK. 2007. ‘EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SUITABLE ETHANOL - GASOLINE BLEND RATE AT HIGH COMPRESSION RATIO FOR GASOLINE ENGINE.’ **Applied Thermal Engineering**. 2007.10.028

[8] H. Serdar Yucesu a, Adnan Sozen, Tolga Topgul, Erol Arcakliog. 2006. ‘Comparative study of mathematical and experimental analysis of spark ignition engine performance used ethanol–gasoline blend fuel.’ **Applied Thermal Engineering**. 27(2007)358-368.

[9] Erik Dambach, Adam Han, Brian Henthorn. 2004. ‘Ethanol as Fuel for Recreational Boats.’ **The Thayer School of Engineering at Dartmouth College**. ENGS 190/ENGG 290

[10] Chan-Wei Wu, Rong-Horng Chen, Jen-YungPu, Ta-Hui Lin. “The influence of air–fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol–gasoline-blended fuels.” **Atmospheric Environment**. 38 (2004) 7093–7100

[11] ธนวัฒน์ ศรีรักษา, จินดา เจริญพรพาณิชย์ ‘จักรยานยนต์เชื้อเพลิงเอทานอล’ **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย**. 2008

[12] กรมควบคุมมลพิษ ‘โครงการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากรถยนต์ที่ใช้แก๊สโซฮอล์’ คพ. 03-095 เล่มที่2/2 ISBN 978-974-286-408-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] Shing Tet Leong, S. Muttamara, Preecha Laortanakul. 'Applicability of gasoline containing ethanol as Thailand's alternative fuel to curb toxic VOC pollutants from automobile emission' **Atmospheric Environment**. 36 (2002) 3495–3503

[14] Jian Gao , Deming Jiang, Zuohua Huang. 2006 'Spray properties of alternative fuels: A comparative analysis of ethanol–gasoline blends and gasoline.' **Fuel**. 86 (2007) 1645–1650

[15] M.A. Ceviz , F. Yuksel 2004. 'Effects of ethanol–unleaded gasoline blends on cyclic variability and emissions in an SI engine' **Applied Thermal Engineering**. 25 (2005) 917–925.

[16] Lisa A. Graham, Sheri L. Belisle, Cara-Lynn Baas. "Emissions from light duty gasoline vehicles operating on low blend ethanol gasoline and E85." **Atmospheric Environment**. 42 (2008) 4498–4516

[17] Brian West, Keith Knoll, Wendy Clark, Ronald Graves, John Orban, 'Effects of Intermediate Ethanol Blends on Legacy Vehicles and Small Non-Road Engines, Report 1' **National Renewable Energy Laboratory**. October 2008

[18] James J. Winebrake, Michael Q. Wang and Dongquan He 'Toxic Emissions from Mobile Sources: A Total Fuel-Cycle Analysis for Conventional and Alternative Fuel Vehicles' **TECHNICAL PAPER**. ISSN 1047-3289, 2001

[19] Orbital Engine Company 'A Literature Review Based Assessment on the Impacts of a 20% Ethanol Gasoline Fuel Blend on the Australian Vehicle Fleet' **Report Environment Australia** November, 2002.

[20] U.S. Environmental Protection Agency 'Control of Emissions of Hazardous Air Pollutants from Motor Vehicles and Motor Vehicle Fuels'. EPA420-R-00-023 December 2000

[21] Janet Yanowitz, Robert L. McCormick 'Effect of E85 on Tailpipe Emissions from Light-Duty Vehicles' **TECHNICAL PAPER**. ISSN:1047-3289

[22] Willard W. Pulkrabek 'Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine' Prentice Hall Upper Saddle River, New jersey 07458

[23] Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds In Ambient Air Second Edition **Compendium Method TO-11A** (Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) [Active Sampling Methodology ]) January 1999

[24] Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air Second Edition **Compendium Method TO-15** (Determination Of Volatile Organic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By GasChromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) January 1999

[25] Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air Second Edition **Compendium Method TO-17** Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes

[26] อุทัย อึ้งเจริญ ‘การเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษจากไอเสียของเครื่องยนต์ SI ระบบหัวฉีดกับระบบคาร์บูเรเตอร์โดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์.’ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

[27] ธนวัฒน์ ศรีรักษา, จินดา เจริญพรพาณิชย์ ‘จักรยานยนต์เชื้อเพลิงเอทานอล’ การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย. 2008

[28] วีระศักดิ์ ทรัพย์วิเชียร. 2543. เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในทฤษฎีและการคำนวณ. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

[29] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม รถจักรยานยนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 6

[30] ธีวัฒน์ ประกอบผล. 2548. การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. กรุงเทพฯ: ส.ส.ท.

[31] เอ.พี. ฮอนด้า. คู่มือการซ่อมฮอนด้าเวฟ 125. กรุงเทพฯ: เอ.พี. ฮอนด้า.

[32] เอ.พี. ฮอนด้า. คู่มือการอบรมรถจักรยานยนต์เวฟ 125-i. กรุงเทพฯ: เอ.พี. ฮอนด้า.

[33] ประสงค์ คุณานวัฒน์ชัยเดช, และ ไมตรี สุทธจิตต์ พิษวิทยาสาร ปีที่ 11 ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2544 และปีที่ 12 ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2545

[34] ประกาศกรมควบคุมมลพิษ ‘กำหนดค่าเป้าหมายสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา ๒๔ ชั่วโมง’ ราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๒๖ ตอนพิเศษ ๑๓

[35] HORIBA. คู่มือการใช้งานแซตชีส์ ไดนาโมมิเตอร์ CTDY 2240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller)

ปัจจุบันเทคโนโลยีประมวลผลได้พัฒนาอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นที่นิยมกันมากขึ้นเนื่องจากมีความยืดหยุ่นสูง เน้นการพัฒนาทางซอฟต์แวร์ (software) แทนการพัฒนาฮาร์ดแวร์ (hardware) เช่นในอดีต

### 1. โครงสร้างหน่วยความจำของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ลักษณะของขาต่างๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 bytes
- มีพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรถอดสวิตช์และวงจรถนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ตอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz

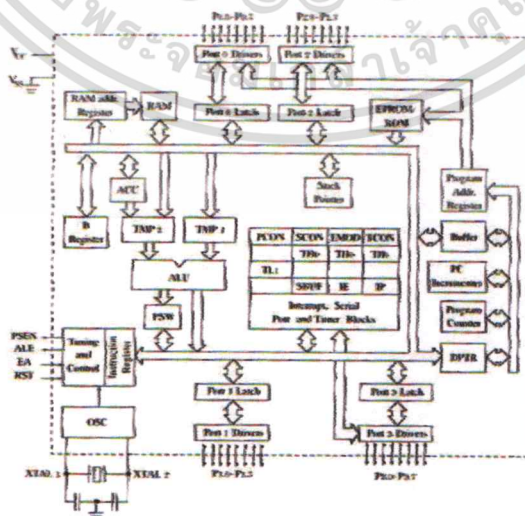
ตารางที่ 1 ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่างๆ

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมชิพ	หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ	TIMERS
8751	4K EPROM	128 bytes	2
8052	8K ROM	256 bytes	3
8752	8K EPROM	256 bytes	3
AT89C51	4K FLASH	128 bytes	2
AT89C52	8K FLASH	256 bytes	3
AT89C2051	2K FLASH	128 bytes	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน MCS-51 ต้องมีหน่วยความจำ ROM สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงาน โดยหน่วยความจำ ROM นี้แบ่งได้เป็น mask ROM PROM EPROM และ EMPROM/Flash โดย Mask ROM นั้นโปรแกรมภายในจะต้องถูกโปรแกรมมาจากการผลิต สำหรับ PROM นั้นผู้ใช้สามารถนำโปรแกรมเองได้ แต่ละโปรแกรมได้ครั้งเดียว สำหรับ EPROM/Flash ผู้ใช้สามารถโปรแกรมเองได้และลบได้หลายครั้งโดยใช้ไฟฟ้า ตัว MCS-51 บางรุ่นตัวหน่วยความจำ ROM ที่เก็บโปรแกรมนี้อาจต้องต่อเพิ่มขึ้นภายนอกชิพ แต่บางรุ่นจะมีหน่วยความจำ ROM ภายในตัวมันเอง เช่นเบอร์ 8051, 8052 จะมีหน่วยความจำประเภท Mask ROM โดยโปรแกรมที่อยู่ภายในชิพจะต้องถูกโปรแกรมมาจากโรงงานที่ผลิต ถ้าต้องการโปรแกรมเองอาจจะใช้เบอร์ 8750 ซึ่งมี ROM แบบ EPROM อยู่ในชิพ ทำให้สามารถโปรแกรมและลบแก้ไขโปรแกรมได้ง่าย แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8951 จะมี ROM แบบ EPROM/Flash ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยการโปรแกรมและแก้ไขโปรแกรมจะทำได้โดยไม่ต้องถอดชิพออกจากแผงวงจรใช้งาน MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวชิพนี้ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกโปรแกรมได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของบริษัท Atmel ที่สามารถโปรแกรมข้อมูลลงไปในตัวชิพได้โดยไม่ต้องถอดชิพออกจากแผงวงจร เรียกว่าเป็นการโปรแกรมในระบบ (In-system Programming) เช่นเบอร์ AT89XX ทำให้สามารถแก้ไขโปรแกรมได้ง่ายขึ้น

จากตารางที่ 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ที่ลงท้ายด้วย 2 จะมีหน่วยความจำบนข้อมูลชิพ 256 ไบต์ เช่นเบอร์ 8052 8032 แต่ถ้าลงท้ายด้วย 1 จะมีหน่วยความจำข้อมูลจำนวน 128 ไบต์ หรือถ้ามองเป็น 8x51 โดยที่ x มีความหมายดังนี้ ถ้า x เป็น 7 จะมีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EPROM ถ้า x เป็น 9 หมายความว่ามีความจำข้อมูลแบบ EEPROM/Flash แต่ถ้ามีตัว C อยู่ด้วยหมายความว่าเทคโนโลยีในการผลิตจะเป็นแบบ CMOS เช่นเบอร์ 87C51, 89C51 เป็นต้น



รูปที่ 1 โครงสร้างภายในของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานจะต้องมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งอาจเป็นหน่วยความจำของตัวแปรที่ใช้ในการประมวลผล หรือหน่วยความจำเก็บข้อมูลชั่วคราวที่ได้จากการประมวลผล โดยจะใช้หน่วยความจำประเภท RAM (Random-Access Memory) ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน่วยความจำเป็น RAM ภายในก็เพียงพอ ใน MCS-51 จะมีหน่วยความจำ RAM สำหรับเก็บข้อมูลภายในอยู่ 4 ประเภท คือ เก็บแบบบิต เก็บเป็นรีจิสเตอร์ เก็บข้อมูลใช้งานทั่วไป และหน่วยความจำสแตก (Stack Memory)

## 2. การจัดขาต่างๆ ของ MCS-51

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 โครงสร้าง IC เป็นแบบ DIP มีขาทั้งหมด 40 ขาโดยขาต่างๆ จะใช้เป็นขาพอร์ทอินพุต เอาต์พุต ขาสัญญาณควบคุม ขาดำแหน่งหน่วยความจำ และขาข้อมูลดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขาต่างๆ ของ MCS-51

ความหมายของขาต่างๆ มีดังนี้

### 1) พอร์ท 0 (Port 0)

พอร์ท 0 ได้แก่ขาที่ 32-39 ของ MCS-51 สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตได้ นอกจากนี้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้เป็นขา Address Bus และ Data Bus อีกด้วย

### 2) พอร์ท 1 (Port 1)

พอร์ท 1 ได้แก่ขาที่ 1-8 เป็นพอร์ท 8 บิต สามารถอ้างที่จะบิตได้ คือ P1.0 P1.1...etc

### 3) พอร์ท 2 (Port 2)

พอร์ท 2 ได้แก่ขาที่ 21-28 จะใช้งาน 2 หน้าที คือใช้เป็นพอร์ท 8 บิตกับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิตในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4) พอร์ต 3 (Port 3)

พอร์ต 3 ได้แก่ขาที่ 10-17 จะใช้งานสองหน้าที่คือ เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต และใช้เป็นขาควบคุมต่างๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทำงานของขาต่างๆ ตระกูล MCS-51

บิต	ชื่อ	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	INT1	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	ตัวจับเวลา / ตัวนับที่ 0
P3.5	T1	ตัวจับเวลา / ตัวนับที่ 1
P3.6	WR	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	RD	สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

## 5) PSEN (Program Store Enable)

ขา PSEN เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกคือขา 26 ขานี้จะแอกทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่าน Code โปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา PSEN จะต่อกับขา Output Enable (OE) ของ EPROM

## 6) ALE (Address Latch Enable)

พอร์ต 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS-51 จะมีขา ALE ได้แก่ขา 30 ขานี้จะใช้ Multiplex สัญญาณ Address Bus ของ Port 0 ในการใช้งานระบบ MCS-51 นั้นจะต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับ Port 0 ที่ทำหน้าที่ Latch สัญญาณ Address Bus เมื่อ MCS-51 ต้องการต่อกับหน่วยความจำภายนอก MCS-51 จะส่งสัญญาณ Address Bus ออกมาก่อนทาง Port 0 จากนั้นสัญญาณ ALE มา Latch อุปกรณ์ภายนอก ให้เก็บค่า Address Bus ของ Port 0 ไว้เพื่อ Port 0 เป็น Data Bus ต่อไป

สำหรับ MCS-51 บางเบอร์ขานี้อาจทำงานอีกหน้าที่หนึ่งคือเป็นขา PROG (Program Pulse Input) สำหรับใช้โปรแกรมข้อมูลลงไปในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

## 7) EA (External Access)

ขา EA ได้แก่ขาที่ 31 ถ้าขานี้เป็นลอจิก '1' จะใช้กับเบอร์ 8051/8052 เพื่อบอกว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ถ้าเป็นลอจิก '0' จะบอกให้ MCS-51 ทำโปรแกรมโดยอ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (ถ้าขา EA เป็น '0' ขา PSEN จะเป็นแอกเคสสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ฟ) ถ้าหากเป็นเบอร์ 8051 หรือ 8032 ขา EA จะเป็น 0 เสมอ เพราะที่ไม่มีโปรแกรมหน่วยความจำภายใน แต่ถ้าใช้เบอร์ 8051/8052 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในและให้ขา EA เป็น '0' ซึ่งจะ Disabled ROM ภายในและจะอ่าน โปรแกรมจาก EPROM ภายในนอกแทน

สำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแบบเฟลช ขานี้จะใช้รับอินพุตแรงดันสูงในการโปรแกรมข้อมูลลงชิพ

#### 8) RST (Reset)

ขา RST ได้แก่ขา 9 จะใช้ในการรีเซ็ต MCS-51 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก '1' อย่างน้อย 2 Machine Cycle จึงจะรีเซ็ตลงระบบได้

### โปรแกรมขยายสัญญาณหัวฉีด

```
#include <mega128.h>
int i,rev,count_rev,time;
unsigned long int percent_inj;
unsigned long int count_inj,compare_inj,1;

// External Interrupt 0 service routine
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
count_rev++;
count_inj=0;
PORTA=0x01;
}

// External Interrupt 1 service routine
interrupt [EXT_INT1] void ext_int1_isr(void)
{
compare_inj=percent_inj*count_inj/256;
count_inj=0;
for(i=0;i<10;i++)
for(l=1;l<compare_inj;l++);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//while(count_inj<compare_inj);
PORTA=0x00;
}

// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
count_inj++;
time++;
if(time>=781)//1000ms
{
rev=count_rev*600;
if(rev<600)
{
PORTA=0x00;
}
time=0;
count_rev=0;
}
}

#define ADC_VREF_TYPE 0x00

```

```

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input|ADC_VREF_TYPE;
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

return ADCW;
}

// Declare your global variables here

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
PORTA=0x00;
DDRA=0xFF;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DDRD=0x00;
```

```
// Port E initialization
```

```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
```

```
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
```

```
PORTE=0x00;
```

```
DDRE=0x00;
```

```
// Port F initialization
```

```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
```

```
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
```

```
PORTF=0x00;
```

```
DDRF=0x00;
```

```
// Port G initialization
```

```
// Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
```

```
// State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
```

```
PORTG=0x00;
```

```
DDRG=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: 16000.000 kHz
```

```
// Mode: Normal top=FFh
```

```
// OC0 output: Disconnected
```

```
ASSR=0x00;
```

```
TCCR0=0x01;
```

```
TCNT0=0x00;
```

```
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// OC1C output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
OCR1CH=0x00;
OCR1CL=0x00;

```

```

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
TCCR2=0x00;

```

```
TCNT2=0x00;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

OCR2=0x00;

// Timer/Counter 3 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 3 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// OC3A output: Discon.
// OC3B output: Discon.
// OC3C output: Discon.
// Timer 3 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
// Compare C Match Interrupt: Off
TCCR3A=0x00;
TCCR3B=0x00;
TCNT3H=0x00;
TCNT3L=0x00;
ICR3H=0x00;
ICR3L=0x00;
OCR3AH=0x00;
OCR3AL=0x00;
OCR3BH=0x00;
OCR3BL=0x00;
OCR3CH=0x00;
OCR3CL=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: On

```

```

// INT0 Mode: Falling Edge

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// INT1: On
// INT1 Mode: Rising Edge
// INT2: Off
// INT3: Off
// INT4: Off
// INT5: Off
// INT6: Off
// INT7: Off
EICRA=0x0E;
EICRB=0x00;
EIMSK=0x03;
EIFR=0x03;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x01;
ETIMSK=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 125.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=0x87;

// Global enable interrupts
#asm("sei")

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while (1)
{
percent_inj=read_adc(0);

};
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The 6th  
International Conference  
on Automotive Engineering

**ICAE-6**

**Final Program  
& Abstracts**

**ECO Technology  
for Future Vehicles**

March 29 - April 2, 2010  
BITEC, Bangkok, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Emissions of Motorcycle Engine Using Ethanol Blended Fuels

Chinda Charoenphonphanich and Wannu Wunphean

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand

### ABSTRACT

The objective of this study is to observe pollutant emissions of motorcycle using fuel gasoline E10 E20 E85 and pure ethanol. The motorcycle engine was modified to be fitted for each fuel. The amount of pollutant emissions of E10 E20 E85 and pure ethanol were measured and compared with standard. The emission test was followed the current Thai regulation based on the European Union standard using EURO3 driving cycle of motorcycle. The air toxic test was followed United States Environmental Protection Agency using method EPA TO-11A EPA TO-15. As the test results, when ethanol content in the fuel increases, the emission of HC NO<sub>x</sub> and CO decreases when increasing of ethanol content in the blended fuels. The results of air toxic show Formaldehyde and Acetaldehyde increases, Benzene Toluene Ethyl benzene and Xylene decreases with increasing of ethanol content in the blended fuels.

### INTRODUCTION

Now a day cost of fuel increase continuity have affect to people in Thailand to be in trouble. To reduce import of fuel from abroad and government has policy about alternative fuel in gasoline engine such ethanol-gasoline blended fuel to increase ethanol ratio because Thailand could to produced ethanol. In the future may use pure ethanol. Ethanol can also be produced from cellulose feedstock such as corn stalks, rice straw, sugar cane are examples of feed stock that contain sugar. Ethanol produced from biomass has high octane number and provide lower emissions.[1] Nevertheless used ethanol gasoline blend has effect about emission from combustion engine to environment and direct to people about substance of cancer. Therefore can be reduce of exhaust emission when increase ethanol [2]. Air toxic and exhaust emission reduce when used simultaneously catalytic [3],[4]

In the thesis test fuel in Thailand and study quantity emission and air toxic when increases amount of ethanol

### FUEL

Gasoline (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>) is fuel which made from petroleum distillation. Ethanol or Ethyl Alcohol is fuel which produce in Thailand which made from starch sugar including cellulose and hemicellulose by fermentation such as sugar cane, corn, rice, millet, and cassava etc. E mean increasing ratio of ethanol such as E10 has ethanol about 10% by mixture

Ethanol and Gasoline have different property so that have to adapt engine to suit for property ethanol

Table 1 Properties of test fuels

Fuel	Gasoline	Ethanol
Formula	C <sub>8.25</sub> H <sub>15.5</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Molar C/H ratio	0.445	0.333
Molecular weight (kg/kmol)	114.18	46.07
Low heating value (MJ/kg)	44	26.9
Stoichiometric air/fuel ratio	14.6	9
Auto-ignition temperature (-°C)	257	425
Heat of vaporization (kJ/kg)	305	840
Research octane number	88-100	108.6
Motor octance number	80-90	89.7
Freezing point (-°C)	-40	-114
Boiling point (-°C)	27-225	78
Density (kg/m <sup>3</sup> )	765	785

### EXPERIMENTAL APPARATUS AND PROCEDURE

Test engines of this study are Honda Wave125i and Honda wave125R as shown in Table 2. Test motorcycles must pass standard of Euro2 and has changed some part such as piston, piston ring, Bush, and seal with check compression ratio and check other system to cover standard of repairing of motorcycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 6<sup>th</sup> International Conference on Automotive Engineering (ICAE-6)  
 March 29 – April 2, 2010, BITEC, Bangkok, Thailand

manual. For testing method follow Thai regulation standard TISI 2350-2551 based on the European Union standard using EURO3 driving cycle of motorcycle. Collecting a sample analyze air toxic (Acetaldehyde, Formaldehyde, Benzene, Toluene, Ethyl benzene, Xylene). The air toxic was followed United States Environmental Protection Agency by using method EPA TO-11A EPA TO-15 and EPA TO-17

Table 1 Engine specifications

	Data technique	
Model	Honda Wave 125i	Honda Wave 125
Engine	4Stroke Overhead Camshaft Air Cooling	
Volume	124.9 cc	
Fuel system	PGM-FI	Carburetor
Bore & Stroke	52.4 X 57.9	
Compression ratio	9.3 : 1	

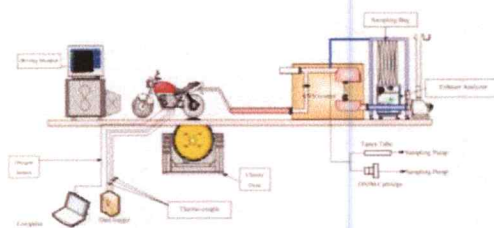


Figure 2 Emissions measurement



Figure 3 Experimental apparatus for air toxic measurement (TDU-GC/MS and HPLC)

In the figure1 to 4 show equipment diagram which measure the emission from exhaust engine. Collection a sample analyze air toxic. In first step measure engine which used gasoline. In second step used ethanol in different mixture ratio compare the result. Emission and air toxic in laboratory where has ISO/IEC 17025 and driving follow cycle in figure4 for 6 time

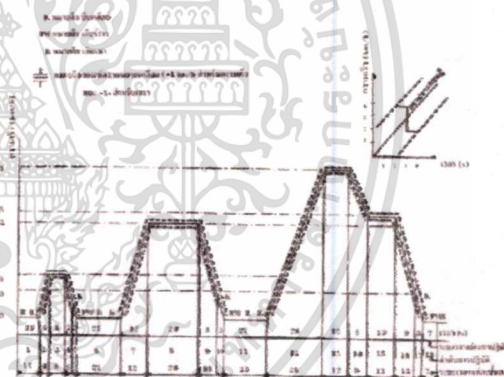


Figure 4 Driving cycle of Thai regulation standard

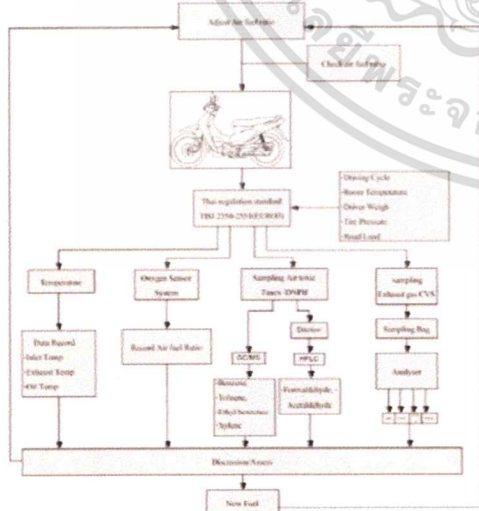


Figure 1 Test diagram

RESULT AND DISCUSSION

HYDROCARBON(HC)

Figure 5 shows the amount of hydrocarbon (HC) for measurement exhaust gas from motorcycle. Hydrocarbon(HC) from fuel injection less than carburetor when increases ratio of ethanol. In this case, ethanol has oxygen which made fuel can good combine than using common fuel and fuel inject can inject spray more than carburetor, that made exhaust gas decrease

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

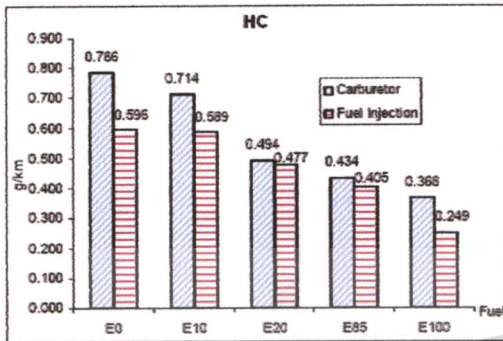


Figure 5 Hydrocarbons (HC)

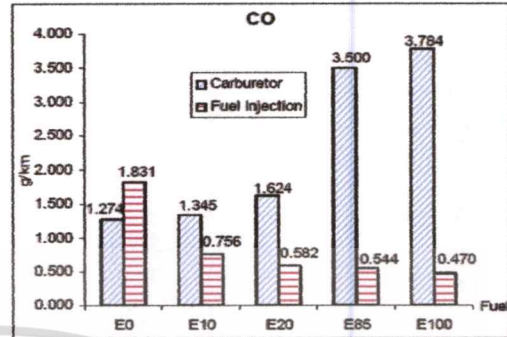


Figure 7 carbon monoxide (CO)

OXIDES OF NITROGEN (NO<sub>x</sub>)

Figure 6 shows the amount of Oxides of Nitrogen (NO<sub>x</sub>) from testing. Oxides of Nitrogen (NO<sub>x</sub>) decrease as increase flame speed of ethanol ratio higher than using gasoline fuel. Gasoline which mix with ethanol is burned in short time and decrease temperature of burning made oxides of nitrogen (NO<sub>x</sub>) decrease but high EO E10 and E20. In this case, mixing of carburetor has low efficient than fuel injection made oxides of nitrogen (NO<sub>x</sub>) not pass

AIR TOXIC

Air toxic is carbonyl compound Formaldehyde (CH<sub>2</sub>O) Acetaldehyde (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O). Acetaldehyde increase both carburetor and injection when increase ratio of ethanol. In this case, Formaldehyde and Acetaldehyde name O(oxygen)-bond in structure similar to ethanol. Nevertheless carburetor used ethanol gasoline blend E85 and E100 Formaldehyde decrease because mainjet of carburetor has big size is show figure 8 and figure 9.

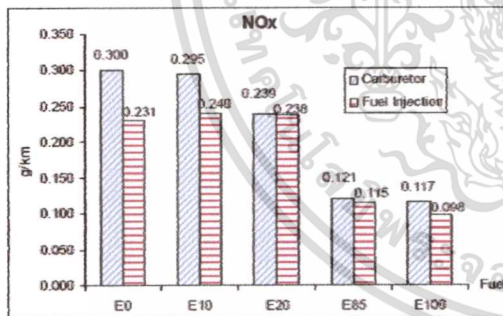


Figure 6 oxides of nitrogen (NO<sub>x</sub>)

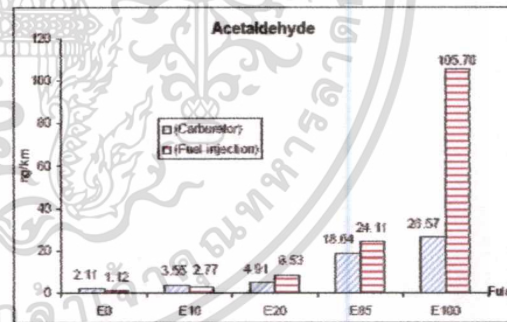


Figure 8 Acetaldehyde

CARBON MONOXIDE

Figure 7 shows the amount of carbon monoxide (CO) in carburetor increase when increasing of ethanol ratio. In this case, carburetor quantity of carbon monoxide increase because increase size mainjet to suit for demand of using fuel of motorcycle. E0 for injection has higher than E0 carburetor because injector inject rich when low temperature control by ECM

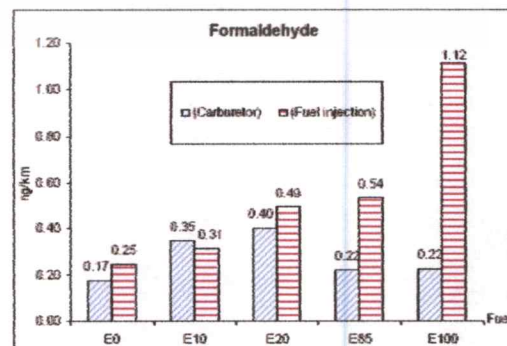


Figure 9 Formaldehyde

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For Air toxic BTEX group Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), Toluene(C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>), Ethylbenzene(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>) Xylene (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>) decrease made combustion engine complete to observe hydrocarbon (HC) decrease and BTEX group decrease too. This case has H and C in structure, in figure 10, 11 and figure 13

**CONCLUSION**

From the result obtained as follow;

1. Compare amount of hydrocarbon (HC) between increase ethanol ratio and gasoline with hydrocarbon decrease 9.2%, 37.2%, 44.8%, 53.2% of carburetor and 1.2%, 20.0%, 27.0%, 58.2% of injection
2. Compare amount of Oxides of Nitrogen(NO<sub>x</sub>) between increase ethanol ratio and gasoline with Oxides of Nitrogen decrease 1.7%, 20.3%, 59.7%, 61.0% of carburetor and
3. Compare amount of carbon monoxide (CO) between increase ethanol ratio and gasoline with carbon monoxide increase 5.6%, 27.5%, 174.7%, 197.0% and decrease 58.7%, 68.2%, 70.3%, 74.3%
4. E85 and E100 is capable pass Thai regulation TISI 2350-2551
5. Air toxic is carbonyl compound Formaldehyde (CH<sub>2</sub>O) Acetaldehyde (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O). Acetaldehyde increase nanogram level it very little and show table below with percentage

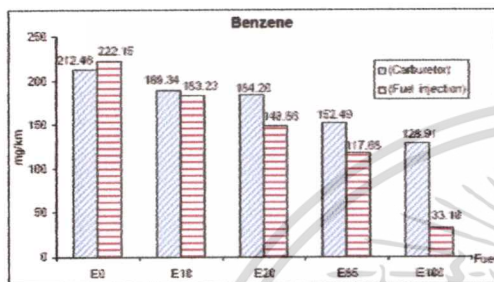


Figure 10 Benzene

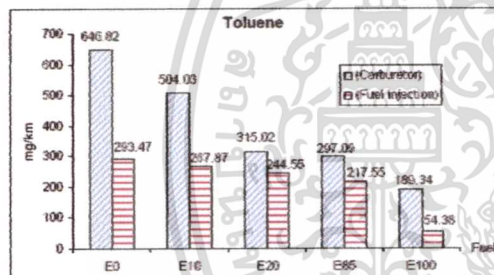


Figure 11 Toluene

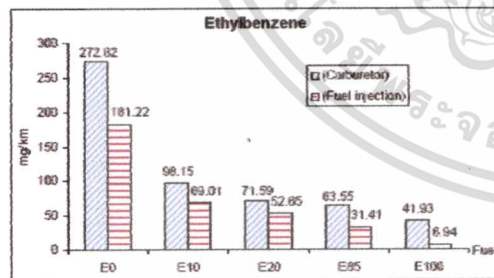


Figure 12 Ethyl benzene

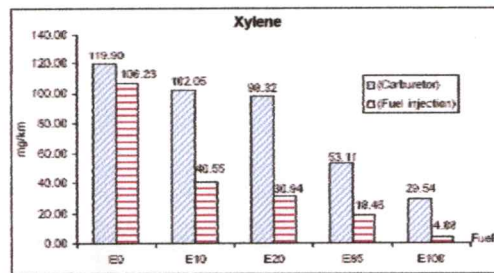


Figure 13 Xylene

	Carburetor			
	E10	E20	E85	E100
Formaldehyde	102.6	135.3	28.9	29.4
Acetaldehyde	68.4	132.7	783.5	1159.6
	Fuel injection			
	E10	E20	E85	E100
Formaldehyde	26.8	100.3	117.5	352.4
Acetaldehyde	148.1	663.2	2057.7	9358.9

6. Compare amount of air toxic BTEX group Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), Toluene(C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>), Ethylbenzene(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>) Xylene (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>) decrease follow table below with percentage

	Carburetor			
	E10	E20	E85	E100
Benzene	-10.9	-13.3	-28.2	-39.3
Toluene	-22.1	-51.3	-54.1	-70.7
Ethylbenzene	-64.0	-73.8	-76.7	-84.6
Xylene	-14.9	-18.0	-55.7	-75.4
	Fuel injection			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 6<sup>th</sup> International Conference on Automotive Engineering (ICAE-6)  
March 29 – April 2, 2010, BITEC, Bangkok, Thailand

	E10	E20	E85	E100
Benzene	-17.5	-33.0	-47.0	-85.1
Toluene	-8.7	-16.7	-25.9	-81.5
Ethylbenzene	-61.9	-70.9	-82.7	-96.2
Xylene	-61.8	-70.9	-82.6	-96.2

### ACKNOWLEDGMENTS

Thailand Automotive Institute offer equipment and everything for test motorcycle this research

### REFERENCES

- [1] M.A. Ceviz , F. Yuksel 2004. 'Effects of ethanol–unleaded gasoline blends on cyclic variability and emissions in an SI engine,' sciencedirect, 25, pp. 917–925, 2005 [2] M. Al-Hasan. 2002. 'Effect of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission.' *Energy Conversion and Management*. 44 (2003) 1547–1561.
- [2] Lisa A. Graham, Sheri L. Belisle, Cara-Lynn Baas 'Emissions from light duty gasoline vehicles operating on low blend ethanol gasoline and E85' *Atmospheric Environment* 42 (2008) 4498–4516
- [3] Shing Tet Leong S. Muttamara Preecha Laortanakul 2002 'Applicability of gasoline containing ethanol as Thailand's alternative fuel to curb toxic VOC pollutants from automobile emission' *Atmospheric Environment* 36 (2002) 3495–3503
- [4] Janet Yanowitz Robert L. McCormick 2009 'Effect of E85 on Tailpipe Emissions from Light-Duty Vehicles' TECHNICAL PAPER ISSN:1047-3289 *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 59:172–182

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.  
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
รถจักรยานยนต์ เฉพาะด้านความปลอดภัย:  
สารมลพิษจากเครื่องยนต์ ระดับที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด คุณสมบัติที่ต้อการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบรถจักรยานยนต์
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ รถจักรยานยนต์สองล้อที่มีมวลรถเปล่า น้อยกว่า 400 kg มีความเร็วออกแบบ (designed speed) สูงสุดมากกว่า 50 km/h และมีความจุกระบอกสูบมากกว่า 50 cm<sup>3</sup> ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “รถจักรยานยนต์”
- 1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับปริมาณของสารมลพิษและความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ

## 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีดังต่อไปนี้

- 2.1 สารมลพิษก๊าซ (gaseous pollutants) หมายถึง คาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน (แสดงค่าเทียบเท่า เป็น NO<sub>2</sub>) ไฮโดรคาร์บอน (แสดงค่าเป็น CH<sub>1.65</sub>) ที่ออกมาจากรถจักรยานยนต์
- 2.2 สารมลพิษไอระเหย (evaporative emission) หมายถึง ไอระเหยของไฮโดรคาร์บอนที่สูญเสียจากระบบเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์นอกเหนือจากส่วนที่ออกไปทางท่อไอเสีย
  - 2.2.1 การสูญเสียจากถังน้ำมัน (tank breathing losses) หมายถึง สารมลพิษไอระเหยที่สูญเสียเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในถังน้ำมัน
  - 2.2.2 การสูญเสียเมื่อจอดรถจักรยานยนต์ขณะเครื่องร้อน (hot soak losses) หมายถึง สารมลพิษไอระเหยที่สูญเสียขณะที่จอดรถจักรยานยนต์อยู่กับที่หลังจากขับเคลื่อนได้ระยะหนึ่ง
- 2.3 มวลรถเปล่า (unladen mass) หมายถึง มวลรวมของรถจักรยานยนต์ เชื้อเพลิงเต็มถังและเครื่องมือประจำรถ
- 2.4 มวลอ้างอิง (reference mass) หมายถึง ผลรวมของมวลรถเปล่ากับ 75 kg
- 2.5 ห้องข้อเหวี่ยง (crankcase) หมายถึง ที่ว่างภายในหรือภายนอกที่ห่อหุ้มเครื่องยนต์ซึ่งต่อกับอ่างน้ำมันเครื่องด้วยท่อภายในหรือภายนอก ซึ่งก๊าซและไอระเหยสามารถรั่วออกมาได้
- 2.6 อุปกรณ์ควบคุมมลพิษ (pollution control device) หมายถึง ส่วนประกอบหรือตัวควบคุมในรถจักรยานยนต์ที่สามารถควบคุมและจำกัดสารมลพิษในรูปของไอเสียและ/หรือไอระเหย
- 2.7 อุปกรณ์ตอบสนอง (defeat device) หมายถึง อุปกรณ์ที่ออกแบบให้ตรวจวัด รับรู้ ตอบสนองต่อการทำงานต่าง ๆ (เช่น ความเร็วรถ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ เกียร์ที่ใช้ อุณหภูมิ ความดันไอดี หรือตัวแปรเสริมอื่นใด) โดยมีจุดประสงค์เพื่อกระตุ้น คุม หน่วงไว้ หรือยกเลิกการกระตุ้นการทำงานส่วนใด ๆ ของระบบควบคุมปริมาณสารมลพิษ ที่เป็นเหตุให้ประสิทธิภาพของระบบควบคุมมลพิษลดลงในภาวะที่อาจเกิดขึ้นได้ในการใช้งานรถจักรยานยนต์ เว้นแต่ต้องใช้อุปกรณ์เหล่านั้นทดสอบหาปริมาณสารมลพิษในการขอการรับรอง
- 2.8 มาตรการควบคุมสารมลพิษแบบผิดปกติ (irrational emission control strategy) หมายถึง วิธีการหรือมาตรการใด ๆ ที่ลดประสิทธิภาพของระบบควบคุมปริมาณสารมลพิษให้อยู่ในระดับต่ำกว่าที่ตั้งค่าไว้ในกาทดสอบปริมาณสารมลพิษในสภาวะการใช้งานรถจักรยานยนต์ปกติ
- 2.9 แบบ/รุ่นรถจักรยานยนต์ (vehicle type) หมายถึง รถจักรยานยนต์แบบ/รุ่นใด ๆ จะถูกพิจารณาเป็น แบบ/รุ่น เดียวกันถ้าไม่มีความแตกต่างในรายการที่จำเป็น เช่น
  - 2.9.1 แรงเฉื่อยสมมูลที่สัมพันธ์กับมวลอ้างอิง ตามรายละเอียดที่ระบุในภาคผนวก ข. ข้อ ข.5.1
  - 2.9.2 คุณสมบัติของเครื่องยนต์และรถจักรยานยนต์ ตามรายละเอียดที่ระบุในภาคผนวก ก.
  - 2.9.3 อุปกรณ์ตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.10 การทดสอบรับรองเฉพาะแบบ (type approval test) หมายถึง การทดสอบรถจักรยานยนต์ต้นแบบเพื่อตรวจสอบปริมาณสารมลพิษต่าง ๆ และความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ ตามที่กำหนดสำหรับการรับรองเฉพาะแบบ
- 2.11 การทดสอบรับรองการผลิต (conformity of production test) หมายถึง การทดสอบรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง ซึ่งสุ่มมาจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแบบมวลกันเพื่อตรวจสอบปริมาณสารมลพิษต่าง ๆ ตามที่กำหนดสำหรับการรับรองการผลิต

### 3. คุณลักษณะที่ต้องการ

#### 3.1 ทั่วไป

- 3.1.1 ผู้ทำต้องออกแบบ สร้าง ประกอบ และติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อสารมลพิษในภาวะการใช้งานปกติ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้
- 3.1.2 ห้ามใช้อุปกรณ์ตอบสนอง และ/หรือ มาตรการควบคุมสารมลพิษแบบผิดปกติ
- 3.1.2.1 ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเครื่องยนต์ การทำงาน ระบบหรือการวัดใด ๆ ได้ ถ้า
- (1) มีไว้เพื่อป้องกันเครื่องยนต์เสียหายหรืออุบัติเหตุ การติดเครื่องขณะเย็นหรือการอุ่นเครื่องยนต์
  - (2) เพื่อการทำงานที่ปลอดภัยของรถจักรยานยนต์ หรือเพื่อการทำงานฉุกเฉิน
- 3.1.2.2 ในการทดสอบหาปริมาณสารมลพิษ ให้มีอุปกรณ์ควบคุมเครื่องยนต์ ระบบหรือการตรวจวัดใด ๆ ที่ทำงานในสภาวะที่กำหนดในการทดสอบ หรือยอมให้มีการปรับแต่งได้ ถ้าพิสูจน์ได้ว่าไม่มีผลต่อการลดประสิทธิภาพของระบบควบคุมมลพิษ และเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 3.1.2.3 โดยถือว่าอุปกรณ์เหล่านั้นไม่เป็นอุปกรณ์ตอบสนอง
- 3.1.2.3 ผู้ทำต้องจัดส่งเอกสารแสดงการออกแบบระบบและวิธีควบคุมขั้นมูลฐาน ที่ใช้ควบคุมตัวแปรขาออกต่าง ๆ ไม่ว่าจะป็นวิธีควบคุมโดยตรงหรือโดยอ้อม
- (1) เอกสารที่ส่งให้หน่วยทดสอบในการยื่นขอรับการรับรอง ต้องมีรายละเอียดทั้งหมดของระบบ หรืออาจยื่นเอกสารแบบย่อได้ โดยใช้ตารางเมตรริกซ์แสดงผลค่าป้อนออกที่ได้ทุกตัวจากการให้ค่าป้อนเข้าแต่ละตัว  
ต้องมีเอกสารแสดงการตัดสินใจให้ใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องยนต์ และมีผลทดสอบที่แสดงผลกระทบด้านสารมลพิษจากท่อไอเสียจากการใช้อุปกรณ์ควบคุมเครื่องยนต์นั้นโดยยื่นพร้อมเอกสารตามที่กำหนดไว้ในข้อ 5.1.1 ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้
  - (2) เอกสารเพิ่มเติมที่แสดงตัวแปรที่ถูกตัดแปลงโดยอุปกรณ์ควบคุมเครื่องยนต์ ระบบหรือการตรวจวัดใด ๆ ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตของสภาวะที่อุปกรณ์นั้นทำงาน เอกสารเพิ่มเติมดังกล่าวต้องมีรายละเอียดของลอจิกควบคุมระบบเชื้อเพลิง วิธีการตั้งเวลาการฉีดน้ำมัน และจุดสับเปลี่ยนโหมดระหว่างการทำงานทั้งหมด  
เอกสารเพิ่มเติมข้างต้นถือเป็นความลับและสงวนไว้เฉพาะผู้ทำ แต่เปิดสำหรับการตรวจสอบตลอดช่วงอายุของการรับรอง

#### 3.2 คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และออกไซด์ของไนโตรเจน

เมื่อทดสอบตามข้อ 6.1 แล้ว ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจนจากการทดสอบ 3 ครั้ง คุณด้วยตัวประกอบการเสื่อมสภาพ (ดูข้อ 3.5) ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1 โดยผลการวิเคราะห์ 3 ครั้งนั้น ยอมให้แต่ละค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1 ได้ไม่เกิน 10 % เพียงครั้งเดียว ไม่ว่าปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไม่เกิน 10 % นั้น จะเกิดขึ้นในการทดสอบครั้งเดียวกันหรือไม่ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1:เกณฑ์กำหนดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน  
สำหรับการทดสอบรับรองเฉพาะแบบและการทดสอบรับรองการผลิต  
(ข้อ 3.2)**

หน่วยเป็น g/km

ความจุระบอกลูบ	คาร์บอนมอนอกไซด์	ไฮโดรคาร์บอน	ออกไซด์ของไนโตรเจน
น้อยกว่า 150 cm <sup>3</sup>	2.0	0.8	0.15
ตั้งแต่ 150 cm <sup>3</sup> ขึ้นไป	2.0	0.3	0.15

**3.3 ปริมาณสารมลพิษในขณะเครื่องยนต์เดินเบา**

**3.3.1 เมื่อทดสอบที่ความเร็วรอบเดินเบาตามข้อ 6.2 แล้ว**

3.3.1.1 ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ต้องไม่เกิน 2.5 % โดยปริมาตร

3.3.1.2 ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนต้องไม่เกิน 1 000 ppm

3.3.2 ที่ความเร็วรอบเดินเบาสูง เช่น ที่ 2 000 rpm ให้บันทึกค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์โดยปริมาตร ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนใดๆ วัดและบันทึกอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

**3.4 สารมลพิษไอระเหย**

เมื่อทดสอบตามข้อ 6.3 แล้ว

3.4.1 ปริมาณสารมลพิษไอระเหยต้องไม่เกิน 2.0 g/test หรือ

3.4.2 ในกรณีรถจักรยานยนต์มีความจุระบอกลูบน้อยกว่า 150 cm<sup>3</sup> ถ้าค่าปริมาณไฮโดรคาร์บอนตามข้อ 3.2 ไม่เกิน 0.6 g/km ยอมให้ปริมาณสารมลพิษไอระเหยมากกว่า 2.0 g/test แต่ต้องไม่เกิน 6.0 g/test

**3.5 ความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ**

3.5.1 เมื่อทดสอบตามข้อ 6.4 การทดสอบรับรองเฉพาะแบบแล้วค่าประมาณการในช่วง (interpolated) ของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน จะนำมาคำนวณหาตัวประกอบการเสื่อมสภาพได้ ต้องมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1

3.5.2 ผู้ทำอาจเลือกใช้ค่าตัวประกอบการเสื่อมสภาพเท่ากับ 1.1 แทนการทดสอบความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษก็ได้

กรณีที่ผู้ทำร้องขอ หน่วยทดสอบรับรองจะทำการทดสอบหาปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนก่อนที่จะทำการทดสอบความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษแล้วเสร็จ อาจแก่ผลการทดสอบรับรองเฉพาะแบบโดยใช้ตัวประกอบการเสื่อมสภาพที่ได้จากการทดสอบแทนตัวประกอบการเสื่อมสภาพเท่ากับ 1.1

3.5.3 นำค่าตัวประกอบการเสื่อมสภาพจากข้อ 3.5.1 หรือข้อ 3.5.2 ไปใช้ในข้อ 3.2 สำหรับการรับรองเฉพาะแบบ และข้อ 5.2 สำหรับการรับรองการผลิต

**4. เครื่องหมายและฉลาก**

4.1 ที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องยนต์อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรุ่น (model) ของเครื่องยนต์ที่ใช้กับรถจักรยานยนต์ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

## 5. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 5.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินสำหรับการทดสอบรับรองเฉพาะแบบ
- 5.1.1 ให้ผู้ทำจัดรอจรรย์ยานยนต์แบบที่จะให้ทดสอบ 1 คัน สำหรับการทดสอบรับรองเฉพาะแบบพร้อมแจ้งรายละเอียดของรอจรรย์ยานยนต์ดังกล่าวตามภาคผนวก ก.
- 5.1.2 รอจรรย์ยานยนต์ต้องเป็นไปตามข้อ 3 จึงจะถือว่ารอจรรย์ยานยนต์แบบนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้
- 5.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินสำหรับการทดสอบรับรองการผลิต
- 5.2.1 รุ่น หมายถึง รอจรรย์ยานยนต์แบบเดียวกันที่ได้รับการตัดสินว่าเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มาก่อนแล้ว ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในคราวเดียวกัน จำนวนไม่เกิน 5 000 คัน
- 5.2.2 การชักตัวอย่าง  
ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นตามข้อ 5.2.1 จำนวน 1 คัน
- 5.2.3 เกณฑ์ตัดสิน  
เมื่อทดสอบตามข้อ 6.1 ข้อ 6.2 และข้อ 6.3 แล้ว
- 5.2.3.1 ตัวอย่างตามข้อ 5.2.2 ต้องเป็นไปตามข้อ 3.2 ข้อ 3.3 และข้อ 3.4 ทุกข้อ จึงจะถือว่ารอจรรย์ยานยนต์รุ่นนั้นยังคงเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้
- 5.2.3.2 หากตัวอย่างตามข้อ 5.2.2 ไม่เป็นไปตามเฉพาะข้อ 3.1 ให้ชักตัวอย่างเพิ่มจากรุ่นเดิมมาอีกกี่คันก็ได้ ตามความประสงค์ของผู้ทำเพื่อนำมาทดสอบตามข้อ 6.1 อีกครั้ง ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และออกไซด์ของไนโตรเจนที่คำนวณตามภาคผนวก จ. (ผลการทดสอบคูณด้วยตัวประกอบการเสื่อมสภาพตามข้อ 3.5 แล้ว) ของตัวอย่างทุกคัน (ตัวอย่างเดิม 1 คันและตัวอย่างที่ชักเพิ่มรวมทั้งหมด  $n$  คัน) ต้องน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1

## 6. การทดสอบ

- 6.1 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และออกไซด์ของไนโตรเจน  
ปฏิบัติตามภาคผนวก ข.
- 6.2 ปริมาณสารมลพิษขณะเครื่องยนต์เดินเบา  
ปฏิบัติตามภาคผนวก ค.
- 6.3 ปริมาณสารมลพิษไอระเหย  
ปฏิบัติตามภาคผนวก ง.
- 6.4 ความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ  
ปฏิบัติตามภาคผนวก จ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

รายละเอียดของรถจักรยานยนต์  
(ข้อ 2.9.2 )

ก.1 ในการทดสอบรับรองเฉพาะแบบให้ระบุรายละเอียดของรถจักรยานยนต์ดังต่อไปนี้

- (1) ชื่อเรียกของรถจักรยานยนต์
- (2) ความเร็วสูงสุด
- (3) เครื่องยนต์
  - (3.1) ยี่ห้อ : .....
  - (3.2) รุ่น (model) : .....
  - (3.3) ชนิดของเครื่องยนต์ (สองจังหวะหรือสี่จังหวะ) : .....
  - (3.4) เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ : ..... มม
  - (3.5) ระยะเวลา : ..... มม
  - (3.6) จำนวนกระบอกสูบ รูปแบบการวางและลำดับการจุดระเบิด : .....
  - (3.7) ความจุกระบอกสูบ : .....  $\text{cm}^3$
  - (3.8) อัตราส่วนการอัด : .....
  - (3.9) ระบบระบายความร้อน : .....
  - (3.10) อุปกรณ์หมุนเวียนไอระเหยจากห้องข้อเหวี่ยง : .....
  - (3.11) ระบบหล่อลื่น (สำหรับเครื่องยนต์สองจังหวะ) ใช้แบบแยกหรือผสม : .....
- (4) แบบของเกียร์ : .....
- (5) อุปกรณ์กำจัดมลพิษอื่น ๆ (ถ้ามี) : .....
- (6) ระบบไอดีและระบบจ่ายเชื้อเพลิง : .....
- (6.1) รายละเอียดและรูปแบบแสดงการส่งไอดีและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง : .....
- (6.2) การจ่ายเชื้อเพลิง : .....
- (6.2.1) คาร์บูเรเตอร์
  - (6.2.1.1) ยี่ห้อ : .....
  - (6.2.1.2) แบบ : .....
- (6.2.2) หัวฉีดและปั๊ม
  - (6.2.2.1) ยี่ห้อ : .....
  - (6.2.2.2) แบบ : .....
  - (6.2.2.3) อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง : .....  $\text{mm}^3/\text{ครั้ง}$   
ที่ความเร็วรอบของปั๊ม : .....  $\text{rpm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (7) อกศของการเปิดปิดลิ้น : .....
- (7.1) อกศของการเปิดปิดลิ้นที่สัมพันธ์กับการทำงานของสูบ : .....
- (7.2) การจ่ายโดยไขว้ของพอร์ต (เครื่องยนต์สองจังหวะ) : .....
- (7.2.1) รายละเอียดของลิ้นไอตี (พร้อมรูป) : .....
- (7.2.2) รายละเอียดพร้อมรูปแสดงช่องพอร์ตการไหลของไอตีและไอเสีย ซึ่งสัมพันธ์กับการทำงานของลูกสูบ : .....
- (8) ระบบจุดระเบิด
- (8.1) งานจ่าย :
- (8.1.1) ยี่ห้อ : .....
- (8.1.2) แบบ : .....
- (8.1.3) อกศของการจุดระเบิด : .....
- (8.1.4) ระยะห่างหน้าทองขาว : .....
- (8.2) ระบบอิเล็กทรอนิกส์
- (8.2.1) ยี่ห้อ : .....
- (8.2.2) แบบ : .....
- (8.2.3) อกศของการจุดระเบิด : .....
- (9) ระบบไอเสีย : .....
- (10) ข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับภาวะทดสอบ
- (10.1) น้ำมันหล่อลื่น
- (10.1.1) ยี่ห้อ : .....
- (10.1.2) แบบ : .....
- (10.2) หัวเทียน
- (10.2.1) ยี่ห้อ : .....
- (10.2.2) แบบ : .....
- (10.2.3) ระยะห่างของเขี้ยวหัวเทียน : .....
- (10.3) คอยล์จุดระเบิด
- (10.3.1) ยี่ห้อ : .....
- (10.3.2) แบบ : .....
- (11) สมรรถนะของเครื่องยนต์
- (11.1) ความเร็วรอบเดินเบา
- (11.1.1) ความเร็วรอบเดินเบา ..... rpm
- (11.1.2) ความเร็วรอบเดินเบาสูง ..... rpm
- (11.2) ร้อยละโดยปริมาตรของความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์  
ในขณะเครื่องยนต์เดินเบา : .....
- (11.3) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่กำลังสูงสุด : ..... rpm
- (11.4) กำลังสูงสุด : ..... kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข.

### การทดสอบหาปริมาณการรับอนุมอนอกไซต์ ไอโคคาร์บอน และออกไซด์ของไนโตรเจน (ข้อ 6.1)

#### ข.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ข.1.1 รูปแบบการทดสอบโดยการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ตัวอย่างบนแชสซีส์ไดนาโมมิเตอร์ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ดังนี้

##### ข.1.1.1 ส่วนที่ 1

ประกอบด้วยวัฏจักรมูลฐานจำนวน 6 วัฏจักรต่อเนื่องกัน แต่ละวัฏจักรมีรูปแบบการทดสอบดังแสดง ในรูป ข. 1 และรายละเอียดการทดสอบตามตารางที่ ข.1

##### ข.1.1.2 ส่วนที่ 2

มีรูปแบบการทดสอบดังแสดงในรูป ข. 2 และรายละเอียดการทดสอบตามตารางที่ ข. 2

#### ข.1.2 การใช้เกียร์

ข.1.2.1 ช่วงคงความเร็ว ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้องอยู่ระหว่าง 50–90 % ของความเร็วรอบสูงสุด ถ้าที่ ความเร็วนี้สามารถเลือกใช้เกียร์ได้หลายเกียร์ ให้เลือกใช้เกียร์สูงสุด

ข.1.2.2 สำหรับการทดสอบในช่วงวัฏจักรมูลฐาน ช่วงเพิ่มความเร็ว ให้ใช้เกียร์ที่ยอมให้เร่งได้สูงสุด เมื่อ ความเร็วรอบเครื่องยนต์เป็น 110 % ของความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ให้กำลังสูงสุดต้องเปลี่ยนเกียร์ เป็นเกียร์ที่สูงขึ้น

ถ้ารถจักรยานยนต์มีความเร็วถึง 20 km/h ที่เกียร์หนึ่งหรือมีความเร็ว 35 km/h ที่เกียร์สอง ต้อง เปลี่ยนเกียร์เป็นเกียร์ที่สูงขึ้นที่ความเร็วดังกล่าว ในกรณีนี้จะต้องไม่เปลี่ยนเป็นเกียร์สูงขึ้นต่อไป ถ้าในช่วงเพิ่มความเร็วมีการเปลี่ยนเกียร์ตามความเร็วที่กำหนดไว้ จะต้องคงความเร็วตามเกียร์ที่ใช้อยู่ โดยไม่คำนึงถึงความเร็วรอบของเครื่องยนต์

ข.1.2.3 ช่วงลดความเร็ว จะต้องเปลี่ยนเป็นเกียร์ต่ำก่อนที่รอบของเครื่องยนต์จะลดลงจนเครื่องเดินไม่เรียบ หรือเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เท่ากับ 30 % ของความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ให้กำลังสูงสุด แล้วแต่ว่าจะถึงสภาวะใดก่อน ในระหว่างช่วงลดความเร็วนี้ไม่ให้เปลี่ยนเป็นเกียร์หนึ่ง

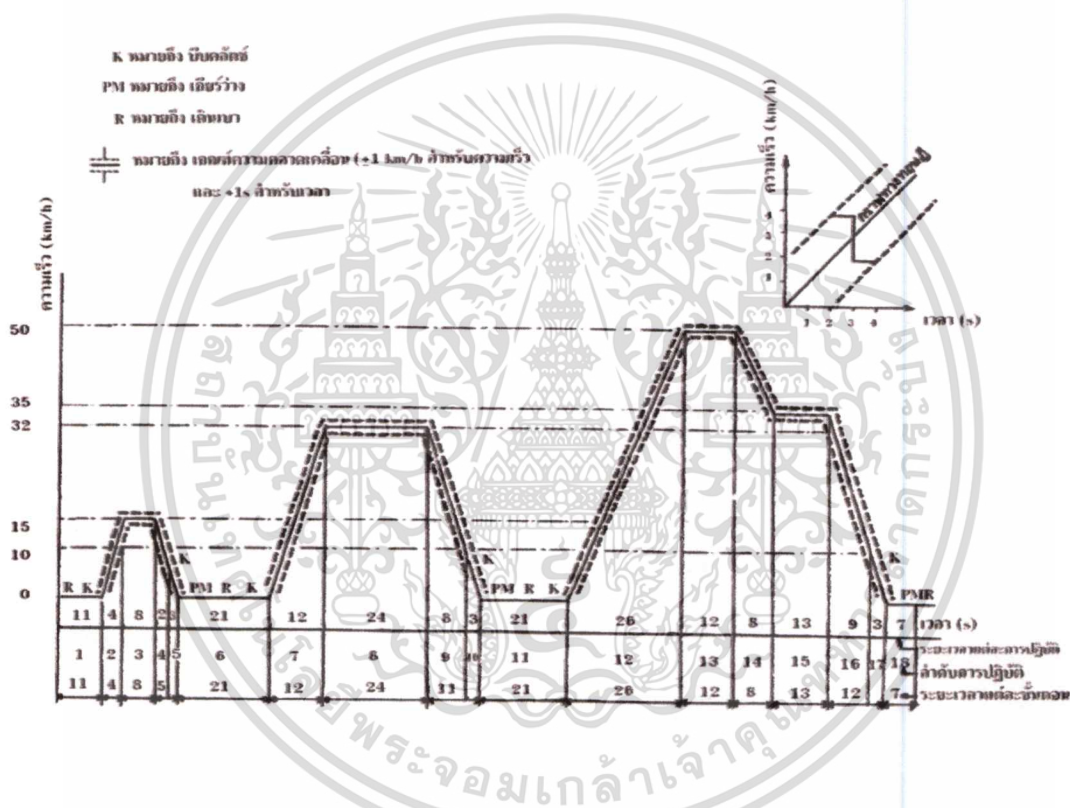
ข.1.2.4 รถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งระบบเกียร์อัตโนมัติจะต้องทดสอบด้วยเกียร์สูงสุด และต้องควบคุมคันเร่ง ให้เป็นไปตามปกติเพื่อให้เกียร์เปลี่ยนไปตามขั้นตอน

ข.1.2.5 การทดสอบในส่วนที่ 2 ให้ทดสอบโดยใช้เกียร์ตามข้อแนะนำของผู้ทำ

ไม่ต้องเปลี่ยนเกียร์ตามจุดต่างๆ ที่กำหนดในรูปแบบการทดสอบ แต่ให้คงอัตราเร่งไว้ตลอดช่วงที่ แสดงเป็นเส้นตรงที่ลากต่อช่วงเดินเบากับช่วงความเร็วคงที่ถัดไป

ข.1.3 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

- ข.1.3.1 ความเร็วของการขับเคลื่อนจะคลาดเคลื่อนจากความเร็วที่กำหนดได้  $\pm 2$  km/h ตลอดช่วงทดสอบ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนนี้อาจสูงกว่าที่กำหนดได้ในช่วงเปลี่ยนชั้นตอน โดยระยะเวลาแต่ละครั้งต้องไม่เกิน 0.5 s ถ้าเป็นไปตามข้อ ข.6.4.2 และข้อ ข.6.5.3
- ข.1.3.2 ระยะเวลาคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดได้ไม่เกิน  $\pm 0.5$  s
- ข.1.3.3 ความเร็วและระยะเวลาที่กำหนดดังแสดงในรูปที่ ข.1 และ ข.2
- ข.1.3.4 ระยะทางขับเคลื่อนตลอดวัฏจักรคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดได้ไม่เกิน  $\pm 2$  %



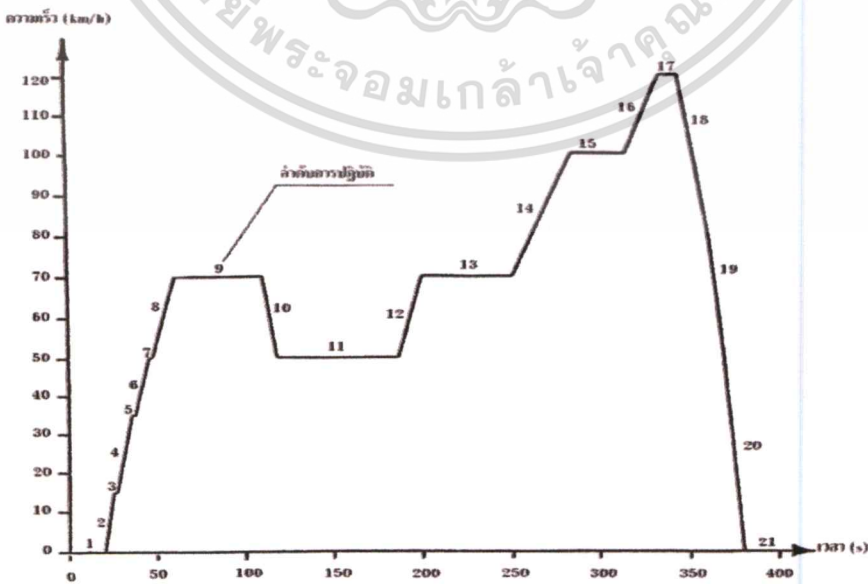
รูปที่ ข.1 ระบบการทดสอบ 1 วัฏจักรมาตรฐานของส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 รายละเอียดการทดสอบ 1 วัฏจักรมาตรฐานของส่วนที่ 1  
(ข้อ ข.1.1)

ลำดับ การปฏิบัติ	การปฏิบัติ	ขั้นตอนที่	ความเร่ง (m/s <sup>2</sup> )	ความเร็ว (km/h)	ระยะเวลา (s)		ระยะเวลาสะสม (s)	เกียร์ที่ใช้ในกรณี เกียร์แบบธรรมดา
					แต่ละการปฏิบัติ	แต่ละขั้นตอน		
1	เดินเบา	1			11	11	11	PM 6 s, K 5 s
2	เพิ่มความเร็ว	2	1.04	0 ถึง 15	4	4	15	
3	คงความเร็ว	3		15	8	8	23	
4	ลดความเร็ว	4	-0.69	15 ถึง 10	2	5	25	
5	ลดความเร็ว บิ๊บกัลลิตซ์			10 ถึง 0	3		28	
6	เดินเบา	5			21	21	49	PM 16 s, K 5 s
7	เพิ่มความเร็ว	6	0.74	0 ถึง 32	12	12	61	
8	คงความเร็ว	7		32	24	24	85	
9	ลดความเร็ว	8	-0.75	32 ถึง 10	8	11	93	
10	ลดความเร็ว บิ๊บกัลลิตซ์			10 ถึง 0	3		96	
11	เดินเบา	9			21	21	117	PM 16 s, K 5 s
12	เพิ่มความเร็ว	10	-0.53	0 ถึง 50	26	26	143	
13	คงความเร็ว	11		50	12	12	155	
14	ลดความเร็ว	12	-0.52	50 ถึง 35	8	8	163	
15	คงความเร็ว	13		35	13	13	176	
16	ลดความเร็ว	14	-0.68	35 ถึง 10	9	12	185	K
17	ลดความเร็ว บิ๊บกัลลิตซ์			10 ถึง 0	3		188	
18	เดินเบา	15			7	7	195	PM 7 s

หมายเหตุ 1. PM หมายถึง เกียร์ว่าง  
2. K หมายถึง บิ๊บกัลลิตซ์



รูปที่ ข.2 รูปแบบการทดสอบ ส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานของโรงเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 รายละเอียดการทดสอบส่วนที่ 2  
(ข้อ ข.1.1)

ลำดับการปฏิบัติ	การปฏิบัติ	ชั้นตอนที่	ความเร่ง ( $m/s^2$ )	ความเร็ว ( $km/h$ )	ระยะเวลา (s)		ระยะเวลาสะสม (s)	เกียร์ที่ใช้ในกรณี เกียร์แบบธรรมดา
					ต่อการปฏิบัติ	แต่ละขั้นตอน		
1	เดินเบา	1			20	20	20	ทดสอบโดย ใช้เกียร์ตามคำแนะนำ ของผู้ทำ
2	เพิ่มความเร็ว		0.83	0 ถึง 15	5		25	
3	เปลี่ยนเกียร์				2		27	
4	เพิ่มความเร็ว		0.62	15 ถึง 35	9		36	
5	เปลี่ยนเกียร์	2			2	41	38	
6	เพิ่มความเร็ว		0.52	35 ถึง 50	8		46	
7	เปลี่ยนเกียร์				2		48	
8	เพิ่มความเร็ว		0.43	50 ถึง 70	13		61	
9	คงความเร็ว	3		70	50	50	111	
10	ลดความเร็ว	4	-0.69	70 ถึง 50	8	8	119	
11	คงความเร็ว	5		50	69	69	188	
12	เพิ่มความเร็ว	6	0.43	50 ถึง 70	13	13	201	
13	คงความเร็ว	7		70	50	50	251	
14	เพิ่มความเร็ว	8	0.24	70 ถึง 100	35	35	286	
15	คงความเร็ว	9		100	30	30	316	
16	เพิ่มความเร็ว	10	0.28	100 ถึง 120	20	20	336	
17	คงความเร็ว	11		120	10	20	346	
18	ลดความเร็ว		-0.69	120 ถึง 80	16		362	
19	ลดความเร็ว	12	-1.04	80 ถึง 50	8	34	370	
20	ลดความเร็ว บีบคลัทช์		-1.39	50 ถึง 0	10		380	
21	เดินเบา	13			20	20	400	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข.1.4 เมื่อปรับเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์แล้วเครื่องวิเคราะห์ทุกเครื่องจะมีค่าผิดพลาดได้ไม่เกิน 3 % ของค่าที่วัดได้โดยใช้ก๊าซสอบเทียบ และเครื่องวิเคราะห์แบบเฟลมไอออไนเซชันต้องวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนได้ถึง 90 % ของค่าเต็มสเกล ภายในเวลาน้อยกว่า 1 s
- ข.1.5 ส่วนผสมของก๊าซที่ใช้ในการทดสอบและการสอบเทียบ จะแตกต่างจากค่าอ้างอิงของก๊าซแต่ละตัวได้ไม่เกิน 2 % โดยใช้ไนโตรเจนเป็นตัวช่วยเจือจาง
- ข.1.6 เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบต้องเป็นน้ำมันเบนซินตามประกาศกรมธุรกิจพลังงานหรือเชื้อเพลิงอ้างอิง
- ข.2 ภาวะการทดสอบ
- ข.2.1 ให้ทดสอบในห้องทดสอบที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ระหว่าง 20 - 30 °C ตลอดการทดสอบ
- ข.2.2 รถจักรยานยนต์ทดสอบต้องอยู่ในแนวระดับตลอดการทดสอบ เพื่อให้การจ่ายเชื้อเพลิงเป็นไปตามปกติ
- ข.2.3 ต้องมีพัดลมระบายความร้อนที่ทำงานร่วมกับไดนาโมมิเตอร์ สามารถให้ความเร็วลมแปรตามความเร็วของลูกกลิ้ง โดยที่ทางออกของพัดลมความเร็วเชิงเส้นของลมจะแตกต่างจากความเร็วลูกกลิ้งไม่เกิน  $\pm 5$  km/h ในช่วงความเร็วลูกกลิ้ง 10 - 50 km/h และความเร็วเชิงเส้นของลมจะแตกต่างจากความเร็วลูกกลิ้งไม่เกิน  $\pm 10$  % ในช่วงความเร็วลูกกลิ้งเกิน 50 km/h ส่วนที่ความเร็วลูกกลิ้งน้อยกว่า 10 km/h ความเร็วเชิงเส้นของลมอาจเป็นศูนย์
- คุณลักษณะของพัดลมระบายความร้อนต้องเป็นดังนี้
- |  |             |                |
|--|-------------|----------------|
| พื้นที่หน้าตัดต่ำสุด                             | 0.4         | m <sup>2</sup> |
| ความสูงของขอบล่างเหนือพื้น                       | 0.05 - 0.20 | m              |
| ระยะห่างจากด้านหน้ารถจักรยานยนต์                 | 0.30 - 0.45 | m              |
| ระยะห่างจากทางออกถึงอุปกรณ์วัดความเร็วลมเชิงเส้น | 0.00 - 0.20 | m              |
- ข.2.4 ในระหว่างทดสอบให้บันทึกความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา เพื่อประเมินความถูกต้องของรูปแบบการทดสอบ อาจบันทึกอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นและน้ำมันหล่อลื่นในห้องข้อเหวี่ยงด้วย
- ข.3 เครื่องมือและอุปกรณ์
- ข.3.1 แซลชีส์ไดนาโมมิเตอร์
- ข.3.2 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษ
- ข.3.2.1 เครื่องวิเคราะห์แบบเฟลมไอออไนเซชัน สำหรับวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอน
- ข.3.2.2 เครื่องวิเคราะห์แบบนอนดิสเพอร์ซีฟเฟืองฟาราด สำหรับวิเคราะห์คาร์บอนมอนอกไซด์
- ข.3.2.3 เครื่องวิเคราะห์แบบเคมีลูมิเนสเซนซ์ สำหรับวิเคราะห์ออกไซด์ของไนโตรเจน
- ข.3.2.4 เครื่องเก็บตัวอย่างแบบปริมาตรคงที่
- ข.3.2.5 เครื่องวัดอุณหภูมิที่มีค่าผิดพลาดได้ไม่เกิน  $\pm 1$  °C สำหรับวัดอุณหภูมิของก๊าซตัวอย่างและเครื่องวัดอุณหภูมิที่มีค่าผิดพลาดได้ไม่เกิน  $\pm 2$  °C สำหรับวัดอุณหภูมิในห้องทดสอบ
- ข.3.2.6 เครื่องวัดความดันที่มีค่าผิดพลาดได้ไม่เกิน 0.133 kPa สำหรับวัดความดันอากาศ
- ข.4 การเตรียมตัวอย่าง
- ข.4.1 รถจักรยานยนต์ตัวอย่างต้องขับเคลื่อนมาแล้วอย่างน้อย 1 000 km เว้นแต่ผู้ทำประสงค์จะให้ทดสอบเมื่อรถจักรยานยนต์ตัวอย่างขับเคลื่อนมาแล้วน้อยกว่า 1 000 km
- ข.4.2 ระบบไอเสียต้องไม่รั่ว เพื่อให้เก็บตัวอย่างไอเสียได้ถูกต้อง
- ข.4.3 ระบบไอดีต้องไม่รั่ว เพื่อป้องกันผลกระทบต่อส่วนผสมที่อาจเกิดจากอากาศรั่วเข้าระบบ
- ข.4.4 ปรับตั้งส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ตามที่ผู้ทำระบุ
- ข.4.5 หน่วยทดสอบอาจทวนสอบสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ที่ผู้ทำแจ้งว่าอยู่ในสภาพใช้งานปกติและเดินเครื่องได้ทั้งในภาวะร้อนหรือเย็น
- ข.5 การเตรียมการทดสอบ
- ข.5.1 ปรับตั้งแซลชีส์ไดนาโมมิเตอร์ให้แรงเฉื่อยสมมูลทั้งหมดเป็นสัดส่วนกับมวลอ้างอิงของรถจักรยานยนต์ตามตารางที่ ข.3

เอกสาร ข.5.2 นี้ให้รถจักรยานยนต์ตัวอย่างอยู่ที่อุณหภูมิทดสอบจนกระทั่งอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นและน้ำมันหล่อลื่นต่าง ๆ อบอุ่นขึ้นด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากอุณหภูมิห้องไม่เกิน  $\pm 2$  K
- ข.5.3 สวมให้ยางมีความตึงตามที่ผู้ที่กำหนด ในกรณีที่ถูกดึงของไดนาโมมิเตอร์มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 500 mm ให้เพิ่มความตึงขึ้นอีก 30 - 50 %
- ข.5.4 มวลที่กระทำบนล้อที่ใช้ขับเคลื่อนให้เป็นไปตามสภาพใช้งานจริงตามปกติของรถจักรยานยนต์ โดยมวลของผู้ขับขี่เท่ากับ 75 kg

ตารางที่ ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลอ้างอิงและแรงเฉื่อยสมมูล  
(ข้อ ข.5.1)

มวลอ้างอิง kg	แรงเฉื่อยสมมูล kg
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 105	100
เกิน 105 แต่ไม่เกิน 115	110
เกิน 115 แต่ไม่เกิน 125	120
เกิน 125 แต่ไม่เกิน 135	130
เกิน 135 แต่ไม่เกิน 145	140
เกิน 145 แต่ไม่เกิน 155	150
เกิน 155 แต่ไม่เกิน 165	160
เกิน 165 แต่ไม่เกิน 175	170
เกิน 175 แต่ไม่เกิน 185	180
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 195	190
เกิน 195 แต่ไม่เกิน 205	200
เกิน 205 แต่ไม่เกิน 215	210
เกิน 215 แต่ไม่เกิน 225	220
เกิน 225 แต่ไม่เกิน 235	230
เกิน 235 แต่ไม่เกิน 245	240
เกิน 245 แต่ไม่เกิน 255	250
เกิน 255 แต่ไม่เกิน 265	260
เกิน 265 แต่ไม่เกิน 275	270
เกิน 275 แต่ไม่เกิน 285	280
เกิน 285 แต่ไม่เกิน 295	290
เกิน 295 แต่ไม่เกิน 305	300
เกิน 305 แต่ไม่เกิน 315	310
เกิน 315 แต่ไม่เกิน 325	320
เกิน 325 แต่ไม่เกิน 335	330
เกิน 335 แต่ไม่เกิน 345	340

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลอ้างอิงและแรงเฉื่อยสมมูล (ต่อ)

มวลอ้างอิง kg	แรงเฉื่อยสมมูล kg
เกิน 345 แต่ไม่เกิน 355	350
เกิน 355 แต่ไม่เกิน 365	360
เกิน 365 แต่ไม่เกิน 375	370
เกิน 375 แต่ไม่เกิน 385	380
เกิน 385 แต่ไม่เกิน 395	390
เกิน 395 แต่ไม่เกิน 405	400
เกิน 405 แต่ไม่เกิน 415	410
เกิน 415 แต่ไม่เกิน 425	420
เกิน 425 แต่ไม่เกิน 435	430
เกิน 435 แต่ไม่เกิน 445	440
เกิน 445 แต่ไม่เกิน 455	450
เกิน 455 แต่ไม่เกิน 465	460
เกิน 465 แต่ไม่เกิน 475	470
เกิน 475 แต่ไม่เกิน 485	480
เกิน 485 แต่ไม่เกิน 495	490
เกิน 495 แต่ไม่เกิน 505	500

## ข.6 วิธีทดสอบ

### ข.6.1 การติดตั้งเครื่อง

เมื่อเครื่องเก็บตัวอย่าง ระบบเจือจาง ระบบวิเคราะห์เริ่มทำงาน ให้ติดตั้งเครื่องยนต์โดยใช้อุปกรณ์ที่จัดเตรียมไว้เฉพาะเพื่อช่วยให้เครื่องติด เช่น ไซก วาล์ว ตามคำแนะนำของผู้ทำในคู่มือการใช้งานจักรยานยนต์

### ข.6.2 การใช้ไซกด้วยมือ

ห้ามใช้ไซกในการทดสอบ ที่รวมถึงช่วงเพิ่มความเร็วจาก 0 - 50 km/hr หากไม่สามารถทำได้ ให้ระบุช่วงเวลาที่ไซกใช้ โดยการให้ไปเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ทำในคู่มือการใช้งานจักรยานยนต์

### ข.6.3 การเดินเบา

#### ข.6.3.1 กรณีใช้เกียร์แบบธรรมดา

- (1) ระหว่างช่วงเดินเบา ให้ปล่อยคลัตช์และใช้เกียร์ว่าง
- (2) ให้บีบคลัตช์และเข้าเกียร์หนึ่ง 5 s ก่อนที่จะเพิ่มความเร็วจากช่วงเดินเบา
- (3) การเดินเบาที่ช่วงแรกที่เริ่มวัฏจักร ให้ปล่อยคลัตช์และใช้เกียร์ว่าง 6 s จากนั้นให้บีบคลัตช์และเข้าเกียร์หนึ่ง 5 s
- (4) ตลอดช่วงเดินเบาของแต่ละวัฏจักร ให้ใช้เกียร์ว่าง 16 s จากนั้นบีบคลัตช์และเข้าเกียร์หนึ่ง 5 s
- (5) การเดินเบาช่วงสุดท้ายของวัฏจักร ให้ปล่อยคลัตช์และใช้เกียร์ว่าง 7 s

#### ข.6.3.2 กรณีใช้เกียร์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ให้ปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานจักรยานยนต์ หรือหากไม่มีคู่มือให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับการใช้รถจักรยานยนต์ใช้เกียร์แบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข.6.3.3 กรณีใช้เกียร์อัตโนมัติ  
ให้ระบบเกียร์อัตโนมัติทำงานโดยไม่ให้เลือกใช้เกียร์ตลอดตัวจักรถ้าผู้ทำไม่ระบุให้ใช้ หรือมีฉะนั้น  
ในกรณีหลังให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับการใช้รถจักรยานยนต์ใช้เกียร์แบบธรรมดาได้
- ข.6.4 ช่วงเพิ่มความเร็ว
- ข.6.4.1 ให้เพิ่มความเร็ว โดยรักษายัตราการเร่งให้คงที่ตลอดช่วงการทำงาน
- ข.6.4.2 ถ้ารถจักรยานยนต์ไม่สามารถเพิ่มความเร็วได้ถึงความเร็วที่ระบุภายในเวลาที่กำหนดได้ ให้เครื่องยนต์  
ทำงานโดยลื่นปีกเสือเปิดเต็มที่จนกระทั่งถึงความเร็วที่ระบุ ก่อนดำเนินการทดสอบปกติ
- ข.6.5 ช่วงลดความเร็ว
- ข.6.5.1 ให้ลดความเร็วโดยปิดลื่นปีกเสือและปล่อยคลัตช์ แล้วจับคลัตช์ไว้ที่ความเร็ว 10 km/h
- ข.6.5.2 ถ้าเวลาที่ใช้ลดความเร็วมากกว่าที่กำหนด ให้ใช้ห้ามล้อเพื่อรักษาเวลาให้อยู่ในช่วงที่กำหนด
- ข.6.5.3 ถ้าเวลาที่ใช้ลดความเร็วสั้นกว่าที่กำหนด เพื่อรักษาเวลาอาจให้มีช่วงคงความเร็วหรือช่วงเดินเบา  
ที่ประสานกันช่วงถัดไป ในกรณีนี้ไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามข้อ ข.1.3
- ข.6.5.4 ที่จุดสิ้นสุดช่วงลดความเร็ว (รถจักรยานยนต์หยุดเคลื่อนที่บนลูกลัง) ให้ใช้เกียร์ว่างและปล่อยคลัตช์
- ข.6.6 ช่วงคงความเร็ว
- ข.6.6.1 หลีกเลี่ยงการย้ำคันเร่งขณะที่เปลี่ยนจากช่วงเพิ่มความเร็วไปยังช่วงคงความเร็ว
- ข.6.6.2 ในช่วงคงความเร็วให้รักษาค่าแรงของคันเร่งให้คงที่
- ข.6.7 ให้รถจักรยานยนต์ขับเคลื่อนบนแซลลิสไดนาโมมิเตอร์ ตามรูปแบบดังต่อไปนี้
- ข.6.7.1 กรณีรถจักรยานยนต์มีความจุกระบอกสูบน้อยกว่า  $150 \text{ cm}^3$  ให้ขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ตามรูปแบบ  
การทดสอบใน ส่วนที่ 1
- ข.6.7.2 กรณีรถจักรยานยนต์มีความจุกระบอกสูบมากกว่าหรือเท่ากับ  $150 \text{ cm}^3$  ให้ขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์  
ตามรูปแบบการทดสอบในส่วนที่ 1 และ 2 ต่อเนื่องกัน  
สำหรับรถจักรยานยนต์ที่มีความเร็วสูงสุดไม่เกิน 110 km/h ให้จำกัดความเร็วสูงสุดในการทดสอบ  
เป็น 90 km/h ในการทดสอบส่วนที่ 2
- ข.7 การเก็บตัวอย่าง  
เก็บตัวอย่างไอเสียตลอดช่วงการขับเคลื่อนบนแซลลิสไดนาโมมิเตอร์
- ข.8 ปริมาณสารมลพิษ  
ให้วิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษภายในเวลาไม่เกิน 20 นาที นับแต่สิ้นสุดการเก็บตัวอย่างและรายงานค่ามวลของ  
สารมลพิษ แต่ละสาร
- ข.9 ให้ดำเนินการทดสอบตามข้อ ข.5 ถึงข้อ ข.8 จำนวน 3 ครั้ง
- แต่ถ้าในการทดสอบครั้งแรก  $A1 \leq 0.7La$ ,  $B1 \leq 0.7Lb$  และ  $C1 \leq 0.7Lc$   
ให้ทดสอบเพียงครั้งเดียว และถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 3.2
  - ถ้าในการทดสอบครั้งแรก  $A1 \leq 0.85La$ ,  $B1 \leq 0.85Lb$  และ  $C1 \leq 0.85Lc$  และ  
 $A1 > 0.7La$  หรือ  $B1 > 0.7Lb$  หรือ  $C1 > 0.7Lc$   
ให้ทดสอบครั้งที่ 2 และถ้า  $A1+A2 < 1.70La$ ,  $B1+B2 < 1.70Lb$  และ  
 $C1+C2 < 1.70Lc$  และ  
 $A2 < La$ ,  $B2 < Lb$  และ  $C2 < Lc$   
ให้ถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 3.2
  - ถ้าในการทดสอบครั้งแรก  $A1 > 0.85La$ ,  $B1 > 0.85Lb$  และ  $C1 > 0.85Lc$   
ให้ทดสอบ 3 ครั้ง และ  $\frac{A1+A2+A3}{3} < La$ ,  
 $\frac{B1+B2+B3}{3} < Lb$ ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{C1+C2+C3}{3} < Lc$$

จึงจะถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 3.2

เมื่อ A1 A2 A3	คือปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในการทดสอบครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งคุณตัวประกอบการเสื่อมสภาพแล้ว
La	คือปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ตามเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1
B1 B2 B3	คือปริมาณไฮโดรคาร์บอนในการทดสอบครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งคุณตัวประกอบการเสื่อมสภาพแล้ว
Lb	คือปริมาณไฮโดรคาร์บอนตามเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1
C1 C2 C3	คือปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน ในการทดสอบครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งคุณตัวประกอบการเสื่อมสภาพแล้ว
Lc	คือปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน ตามเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.

## การทดสอบหาปริมาณสารมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซล

(ข้อ 6.2)

## ค.1 ข้อกำหนดทั่วไป

- ค.1.1 เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบต้องเป็นน้ำมันเบนซินตามประกาศกรมธุรกิจพลังงานหรือเชื้อเพลิงอ้างอิง  
 ค.1.2 ให้ทำการทดสอบลักษณะที่ 2 ทันทีที่สิ้นสุดการทดสอบลักษณะที่ 1 ขณะเครื่องยนต์เดินเบา  
 ค.1.3 รถจักรยานยนต์ที่ใช้เกียร์กึ่งอัตโนมัติหรือใช้เกียร์แบบธรรมดา ให้ทดสอบโดยเกียร์อยู่ที่ตำแหน่งเกียร์ว่างและปล่อยคลัตช์  
 ค.1.4 รถจักรยานยนต์ที่ใช้เกียร์อัตโนมัติ ให้ทดสอบโดยเกียร์อยู่ที่ตำแหน่งเกียร์ว่างหรือจอด

## ค.2 ภาวะทดสอบ

เป็นไปตามภาคผนวก ข.ข้อ ข.2

## ค.3 การทดสอบ

- ค.3.1 ให้เก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียซึ่งทำส่วนต่อเพื่อกันไอเสียรั่วที่ยื่นออกมาด้วยหัวเก็บตัวอย่างซึ่งต่อกับเครื่องวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษ โดยสอดหัวเก็บตัวอย่างให้ลึกเข้าไปจากปลายสุดของส่วนต่ออย่างน้อย 60 cm ส่วนต่อดังกล่าวต้องไม่ทำให้ความดันย้อนกลับเพิ่มขึ้นเกิน 1.25 kPa และไม่ทำให้เครื่องยนต์ทำงานผิดปกติ รวมทั้งต้องสามารถป้องกันไม่ให้อากาศจากภายนอกเข้าไปปนไอเสียในระหว่างการเก็บตัวอย่าง ถ้ารถจักรยานยนต์มีระบบไอเสียที่มีท่อทางออกของไอเสียหลายทาง อาจต่อท่อทางออกเหล่านี้ไปรวมเป็นท่อเดียว หรืออ่านค่าความเข้มข้นของสารมลพิษจากท่อทางออกที่ละท่อแล้วหาค่าเฉลี่ย  
 ค.3.2 ให้เครื่องยนต์ทำงานในภาวะเดินเบาจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นและสารหล่อเย็นมีค่าเสถียร แล้ววัดปริมาณสารมลพิษตามข้อ 3.3 ทันที  
 ค.3.3 ระหว่างการทดสอบในภาวะเดินเบาให้บันทึกค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์โดยปริมาตร ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนใดๆ วัดและบันทึกอุณหภูมิ น้ำมันหล่อลื่น  
 ค.3.4 อ่านค่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์จากเครื่องมือและอุปกรณ์บันทึกผลที่ได้รับการสอบเทียบตามระยะเวลาที่เหมาะสม  
 ค.3.5 ปรับแก้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์จากสูตร

- ค.3.5.1 รถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สองจังหวะ

$$C_{CO \text{ corr}} = C_{CO} \frac{10}{C_{CO} + C_{CO_2}} \quad (\% \text{ vol})$$

- ค.3.5.2 รถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สี่จังหวะ

$$C_{CO \text{ corr}} = C_{CO} \frac{15}{C_{CO} + C_{CO_2}} \quad (\% \text{ vol})$$

เมื่อ  $C_{CO}$  คือ ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่อ่านได้ เป็น %

$C_{CO_2}$  คือ ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่อ่านได้ เป็น %

- ค.3.6 ไม่จำเป็นต้องทดปรับแก้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์จากสูตรในข้อ ค.3.5.1 หรือข้อ ค.3.5.2 ถ้าผลรวมของค่าความเข้มข้นที่วัดได้ ( $C_{CO} + C_{CO_2}$ ) เท่ากับ 10 หรือมากกว่าสำหรับเครื่องยนต์สองจังหวะ หรือเท่ากับ 15 หรือมากกว่าสำหรับเครื่องยนต์สี่จังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง.

การทดสอบหาปริมาณสารมลพิษไอระเหย  
(ข้อ 6.3)

## ง.1 ทัวไป

วิธีทดสอบหาปริมาณสารมลพิษไอระเหยตามมาตรฐานนี้ ทำได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

ง.1.1 วิธีห้องทดสอบปิด (Sealed-Housing Evaporative Determination-SHED-Method)

ง.1.2 วิธีดักด้วยหม้อย่าน (Carbon Canister Trap Method)

## ง.2 วิธีห้องทดสอบปิด

## ง.2.1 ข้อกำหนดทั่วไป

เป็นไปตามภาคผนวก ข.

## ง.2.2 ห้องทดสอบ

ง.2.2.1 เป็นห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่กันอากาศรั่วได้และมีขนาดเพียงพอที่จะให้รถจักรยานยนต์ตัวอย่างจอดได้โดยมีพื้นที่เพียงพอที่จะให้ผู้ทดสอบทำงานโดยสะดวก ผนังด้านในของห้องทดสอบต้องไม่ดูดซับไฮโดรคาร์บอน และอย่างน้อยต้องมีผนังด้านหนึ่งทำจากวัสดุยึดหยุ่นที่ไม่ดูดซับไฮโดรคาร์บอนเพื่อให้ปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ผนังของห้องทดสอบต้องสามารถกระจายความร้อนออกไปได้ดีโดยอุณหภูมิที่จุดใด ๆ ต้องไม่ต่ำกว่า 20 °C ตลอดการทดสอบ

ง.2.2.2 ต้องมีเครื่องช่วยระบายความร้อนอย่างน้อย 1 เครื่องที่สามารถไหลลม 0.1 - 0.5 m<sup>3</sup>/s เพื่อกวนอากาศในห้องทดสอบให้อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอระเหยไฮโดรคาร์บอนสม่ำเสมอตลอดทั้งห้องในระหว่างทดสอบ แต่กระแสลมจากเครื่องช่วยระบายความร้อนดังกล่าว ต้องไม่ปะทะกับรถจักรยานยนต์ตัวอย่างโดยตรง

ง.2.2.3 ต้องติดตามบันทึกปริมาณไฮโดรคาร์บอนในบรรยากาศของห้องทดสอบโดยใช้เครื่องวิเคราะห์แบบเฟลมไอออไนเซชัน โดยเมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศแล้วเสร็จ ต้องส่งกลับเข้าห้องทดสอบตามเดิม

## ง.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

ง.2.3.1 แอสซิซิไดนาโมมิเตอร์ที่เป็นไปตามภาคผนวก ข. ข้อ ข.3.1

ง.2.3.2 เครื่องวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนแบบเฟลมไอออไนเซชันที่มีสมบัติดังนี้

(1) ช่วงเวลาตอบรับถึง 90 % ของการอ่านค่าสุดท้ายต้องน้อยกว่า 1.5 s และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของเครื่องมือที่แสดงในรูปของ Cstd. โดย Cstd. คือระดับไฮโดรคาร์บอนจำเพาะในห้องทดสอบซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มีหน่วยเป็น ppm (ตัวอย่างการคำนวณ Cstd. ดังระบุในภาคผนวก ข.)

(2) มีเสถียรภาพ (stability) ต่ำกว่า 0 และ 0.01 Cstd. ppm ในช่วงเวลา 15 min สำหรับทุกพิธีการใช้งาน

(3) ค่าความทวนซ้ำได้ (reproducibility) ที่แสดงในรูปของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต้องต่ำกว่า 0.005 Cstd. ppm สำหรับทุกพิธีการใช้งาน

- จ.2.3.3 เครื่องบันทึกสัญญาณไฟฟ้าด้านออกด้วยกราฟหรือด้วยระบบประมวลผลข้อมูลอย่างน้อยหนึ่งครั้ง โดยเครื่องบันทึกนี้อย่างน้อยต้องมีลักษณะเฉพาะเทียบเท่าสัญญาณที่ต้องการบันทึก และต้องให้ข้อมูลอย่างถาวร พร้อมทั้งแสดงระยะเวลาของการทดสอบตั้งแต่เริ่มต้นจนจบไว้ด้วย
- จ.2.3.4 ระบบวัดอุณหภูมิต้องมีความผิดพลาดไม่เกิน  $1^{\circ}\text{C}$  และอ่านได้ละเอียดถึง  $0.42^{\circ}\text{C}$
- จ.2.3.5 เครื่องวัดความดันที่วัดได้ละเอียดถึง  $\pm 0.1\text{ kPa}$
- จ.2.3.6 เครื่องวัดความชื้นที่วัดได้ละเอียดถึง  $\pm 5\%$
- จ.2.3.7 ระบบอุ่นน้ำมันและไอน้ำมัน  
ระบบอุ่นน้ำมันและไอน้ำมันพร้อมตัวควบคุมอุณหภูมิต้องมี 2 ชุดสำหรับให้ความร้อนแก่น้ำมันและแก๊สไอน้ำมันภายในถังน้ำมัน ระบบดังกล่าวต้องไม่ก่อให้เกิดความร้อนเฉพาะแห่งแก่น้ำมันและแก๊สไอน้ำมัน
- จ.2.4 การเตรียมตัวอย่าง
- จ.2.4.1 รถจักรยานยนต์ตัวอย่างต้องผ่านการทดสอบตามข้อ 6.1 และข้อ 6.2 มาแล้ว
- จ.2.4.2 จัดระบบควบคุมสารมลพิษไอระเหยให้ทำงานอย่างถูกต้องตลอดการทดสอบ
- จ.2.4.3 ระบบไอเสียต้องไม่รั่ว
- จ.2.4.4 ติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิในถังน้ำมันเพื่อให้สามารถวัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของปริมาณน้ำมันในถังเมื่อถึงบรรจุน้ำมัน  $50 \pm 5\%$  ของปริมาณถัง และวัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของปริมาณไอน้ำมันในถัง โดยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิดังกล่าวต้องอยู่ห่างจากบริเวณที่ติดตั้งแผ่นให้ความร้อน (heating pieces) อย่างน้อย  $25.4\text{ mm}$
- จ.2.4.5 ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยถ่ายน้ำมันเพื่อให้ถ่ายน้ำมันออกจากถังได้หมด
- จ.2.5 การเตรียมการทดสอบ
- จ.2.5.1 ตรวจสอบว่าอุณหภูมิของห้องทดสอบอยู่ระหว่าง  $20 - 30^{\circ}\text{C}$
- จ.2.5.2 ถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากถังให้หมด ปลดปล่อยให้แห้งแล้วเติมน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบลงในถังให้มีปริมาตร  $50 \pm 5\%$  ของปริมาตรถัง
- จ.2.5.3 ภายหลังดำเนินการตามข้อ 2.5.2 ไม่เกิน 1 h ให้นำรถจักรยานยนต์ตัวอย่างไปขับเคลื่อนบนแซลชีส์ไดนาโมมิเตอร์ด้วยความเร็ว  $50\text{ km/h}$  เป็นระยะทางอย่างน้อย  $10\text{ km}$  เพื่อปรับสภาพ
- จ.2.5.4 ภายหลังปรับสภาพตามข้อ 2.5.3 ไม่เกิน 5 min ให้นำรถจักรยานยนต์ตัวอย่างไปเก็บไว้ในบริเวณที่พักรถจักรยานยนต์เป็นเวลาอย่างน้อย 6 h แต่ไม่เกิน 36 h
- จ.2.6 วิธีทดสอบ  
ให้ทดสอบหาสารมลพิษไอระเหยที่สูญเสียจากถังน้ำมันและที่สูญเสียเมื่อจอดรถจักรยานยนต์ขณะเครื่องร้อน ดังต่อไปนี้
- จ.2.6.1 การสูญเสียจากถังน้ำมัน
- (1) ก่อนเริ่มทดสอบ 5 min ให้ใช้พัดลมหมุนเวียนอากาศเพื่อไล่ไอระเหยไฮโดรคาร์บอนที่ตกค้างและปรับให้ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนเท่ากับบรรยากาศ
  - (2) ปรับค่าศูนย์และช่วงการวัดของเครื่องวิเคราะห์ทันทีก่อนการทดสอบ

- (3) ถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากถังให้หมด แล้วเติมน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า  $15.5^{\circ}\text{C}$  ลงในถังให้มีปริมาตร  $50 \pm 2.5\%$  ของปริมาตรของถัง ยังไม่ต้องปิดฝาถังน้ำมัน นำรถจักรยานยนต์ตัวอย่างไปไว้ในห้องทดสอบ
- (4) ต่ออุปกรณ์วัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องบันทึกและเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
- (5) จัดแผนให้ความร้อนของน้ำมันให้ติดกับน้ำมันที่จุดที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยต้องครอบคลุมพื้นที่ของถังน้ำมันส่วนที่สัมผัสกับน้ำมันเกิน  $10\%$  แนวกึ่งกลางของแผนให้ความร้อนต้องขนานกับระดับผิวของน้ำมันให้มากที่สุด สำหรับแผนให้ความร้อนของไอน้ำมันให้จัดให้แนวกึ่งกลางของแผนให้ความร้อนใกล้กับจุดกึ่งกลางของปริมาตรไอน้ำมันในถัง
- (6) เริ่มบันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำมัน ไอน้ำมันและอากาศในห้องทดสอบ
- (7) เริ่มอุ่นน้ำมัน และเมื่อน้ำมันมีอุณหภูมิ  $13.5^{\circ}\text{C}$  ให้ปิดฝาถังน้ำมันและปิดพัดลม
- (8) ปิดห้องทดสอบให้สนิท
- (9) เมื่ออุณหภูมิในถังน้ำมันถึง  $15.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  หรือ  $16 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  สำหรับถังน้ำมันแบบเผยผิ (exposed type) และแบบไม่เผยผิ (non - exposed type) ตามลำดับ เริ่มบันทึกค่าความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน ( $C_{HC,i}$ ) ความดัน ( $P_i$ ) และอุณหภูมิ ( $T_i$ ) ในห้องทดสอบเป็นค่าเริ่มต้น
- (10) อุ่นน้ำมันต่อไปโดยให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น  $20$  และ  $13.3^{\circ}\text{C}$  สำหรับถังน้ำมันแบบเผยผิและแบบไม่เผยผิตามลำดับ ภายในเวลา  $60 \pm 2\text{ min}$  อุณหภูมิของน้ำมันในระหว่างการอุ่นต้องเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้โดยจะคลาดเคลื่อนได้  $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 

$$\text{สำหรับถังน้ำมันแบบเผยผิ } T_f = (1/3)t + 15.5$$

$$T_v = (1/3)t + 21$$

$$\text{สำหรับถังน้ำมันแบบไม่เผยผิ } T_f = (2/9)t + 16$$

เมื่อ  $T_f$  คือ อุณหภูมิที่ต้องการของน้ำมัน เป็น  $^{\circ}\text{C}$   
 $T_v$  คือ อุณหภูมิที่ต้องการของไอน้ำมัน เป็น  $^{\circ}\text{C}$   
 $t$  คือ เวลาที่อุ่น เป็น min

ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำมันเป็น  $35.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  หรือ  $29.3 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  สำหรับถังน้ำมันแบบเผยผิ และแบบไม่เผยผิตามลำดับ
- (11) อุณหภูมิของไอน้ำมันเมื่อเริ่มทดสอบต้องไม่เกิน  $26^{\circ}\text{C}$  ซึ่งในกรณีดังกล่าวไม่จำเป็นต้องอุ่นน้ำมัน อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมิของน้ำมันในถังน้ำมันแบบเผยผิถึงค่า  $T_f$  โดยที่อุณหภูมิของไอน้ำมันเพิ่มขึ้นน้อยกว่า  $5.5^{\circ}\text{C}$  ก็ให้อุ่นไอน้ำมันตามสมการดังกล่าวข้างต้นไปพร้อมกับการอุ่นน้ำมัน
- (12) ปรับค่าศูนย์และช่วงการวัดของเครื่องวิเคราะห์ที่ทันทีก่อนทดสอบเสร็จ
- (13) บันทึกค่าความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน ( $C_{HC,f}$ ) ความดัน ( $P_f$ ) และอุณหภูมิ ( $T_f$ ) ในห้องทดสอบเป็นค่าสุดท้าย
- (14) ปิดระบบอุ่นน้ำมันและไอน้ำมัน เปิดห้องทดสอบแล้วนำรถจักรยานยนต์ตัวอย่างออกจากห้องทดสอบในขณะที่ดับเครื่องยนต์

### จ.2.6.2 การสูญเสียเมื่อจอดขณะเครื่องร้อน

- (1) ให้ทดสอบต่อจากข้อ จ.2.6.1 โดยนำรถจักรยานยนต์ตัวอย่างไปขับเคลื่อนบนแซลลิสีโตนาโมมิเตอร์ ด้วยความเร็ว 50 km/h เป็นระยะทางอย่างน้อย 10 km
- (2) นำรถจักรยานยนต์ตัวอย่างเข้าไปไว้ในห้องทดสอบภายหลังดำเนินการตามข้อ (1) แล้วเสร็จไม่เกิน 7 min โดยไม่ติดเครื่อง
- (3) ก่อนทดสอบใช้พัดลมหมุนเวียนเพื่อไล่ไอระเหยไฮโดรคาร์บอนที่ตกค้างและปรับให้ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนเท่ากับบรรยากาศ
- (4) ปรับค่าศูนย์และช่วงการวัดของเครื่องวิเคราะห์ที่ทันทีก่อนการทดสอบ
- (5) ปิดห้องทดสอบหลังนำรถจักรยานยนต์ตัวอย่างไปไว้ในห้องทดสอบ
- (6) เริ่มบันทึกค่าความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน ( $C_{HC,i}$ ) ความดัน ( $P_i$ ) และอุณหภูมิ ( $T_i$ ) ในห้องทดสอบเป็นค่าเริ่มต้น
- (7) จอดรถจักรยานยนต์ตัวอย่างไว้ในห้องทดสอบนาน  $60 \pm 0.5$  min บันทึกค่าความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอน ( $C_{HC,f}$ ) ความดัน ( $P_f$ ) และอุณหภูมิ ( $T_f$ ) ในห้องทดสอบเป็นค่าสุดท้าย ปรับค่าศูนย์และช่วงการวัดของเครื่องวิเคราะห์ที่ทันทีก่อนทดสอบเสร็จ
- (8) เปิดห้องทดสอบและนำรถจักรยานยนต์ตัวอย่างออกจากห้องทดสอบ

### จ.2.6.3 การคำนวณ

- (1) คำนวณปริมาณสารมลพิษไอระเหยที่สูญเสียจากถังน้ำมันและที่สูญเสียเมื่อจอดรถจักรยานยนต์ขณะเครื่องร้อนแต่ละค่า จากสูตร

$$M_{HC} = K \times V \times 10^{-4} \left[ \frac{C_{HC,f} \times P_f}{T_f} - \frac{C_{HC,i} \times P_i}{T_i} \right]$$

เมื่อ  $M_{HC}$  คือ มวลของไฮโดรคาร์บอนที่วัดได้ในการทดสอบ เป็น  $\mu$

$C_{HC}$  คือ ความเข้มข้นของไอระเหยไฮโดรคาร์บอนในห้องทดสอบ เป็น ppm

$V$  คือ ปริมาตรของห้องทดสอบ เป็น  $m^3$  (ให้นำปริมาตรของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างมาลบออกก่อน ถ้าไม่ได้กำหนดปริมาตรของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างเอาไว้ให้ใช้ค่า  $0.135 m^3$ )

$T$  คือ อุณหภูมิโดยรอบในห้องทดสอบ เป็น  $^{\circ}C$

$P$  คือ ความดันบรรยากาศในห้องทดสอบ เป็น kPa

$H/C$  คือ อัตราส่วนของไฮโดรเจนกับคาร์บอน

$K$  คือ 1.2 ( $12+H/C$ )

โดย  $i$  หมายถึง ค่าเริ่มต้น

$f$  หมายถึง ค่าสุดท้าย

$H/C$  เท่ากับ 2.33 สำหรับหาการสูญเสียจากถังน้ำมัน และเท่ากับ 2.20 สำหรับหาการสูญเสียเมื่อจอดรถจักรยานยนต์ขณะเครื่องร้อน

- (2) ปริมาณสารมลพิษไอระเหยทั้งหมด คือผลรวมของปริมาณสารมลพิษไอระเหยที่สูญเสียจากถังน้ำมัน และปริมาณสารมลพิษไอระเหยที่สูญเสียเมื่อจอดรถจักรยานยนต์ขณะเครื่องร้อน

### จ.3 วิธีดักด้วยหม้ออ่่าน

#### จ.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

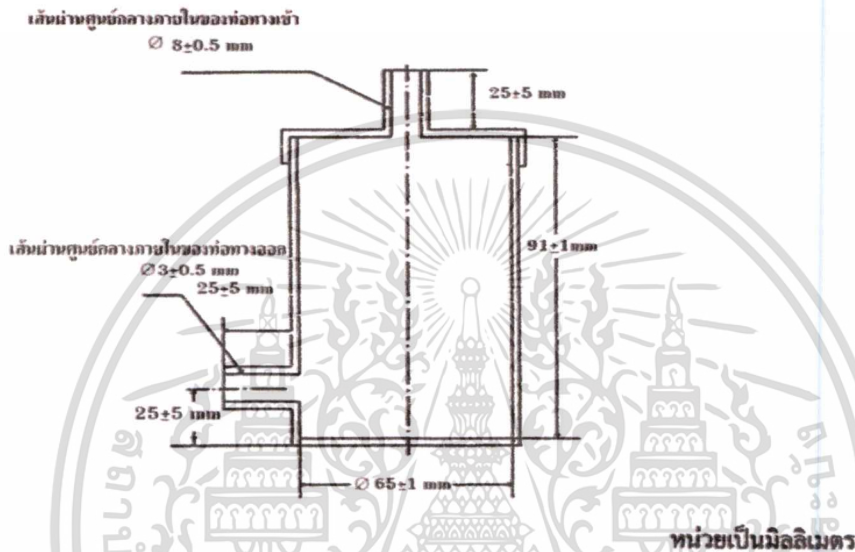
ให้ทดสอบในห้องทดสอบที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ระหว่าง 20 - 30 °C

#### จ.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

จ.3.2.1 แซลซีสไคนาโมมิเตอร์ที่เป็นไปตามภาคผนวก ข. ข้อ ข.3.1

จ.3.2.2 หม้ออ่่านสำหรับดักไอระเหย

- (1) มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก มีอัตราส่วนระหว่างความยาวกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 1.4 : 1 มีมิติดังตัวอย่างในรูปที่ จ.1



รูปที่ จ.1 ตัวอย่างหม้ออ่่านสำหรับดักไอระเหย  
(ข้อ จ.3.2.2(1))

- (2) สารดูดซับไอระเหยเป็นสารคาร์บอนกัมมันต์ (activated carbon) มีความสามารถในการดูดซับคาร์บอนเตตราคลอไรด์ได้มากกว่า 60 % ของน้ำหนัก
- (3) คาร์บอนกัมมันต์ทั้งหมดต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 1.4 ถึง 3.0 mm และคาร์บอนกัมมันต์มากกว่า 90 % ของทั้งหมดต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 1.7 ถึง 2.4 mm

จ.3.2.3 เตาอบที่รักษาอุณหภูมิไว้ได้ที่ 150 ± 10 °C

จ.3.2.4 เครื่องชั่งที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.01 g

จ.3.2.5 ระบบวัดอุณหภูมิต้องมีความผิดพลาดไม่เกิน 1 °C และอ่านได้ละเอียดถึง 0.42 °C

จ.3.2.6 ระบบอุ่นน้ำมันและไอน้ำมัน

ระบบอุ่นน้ำมันและไอน้ำมันพร้อมตัวควบคุมอุณหภูมิต้องมี 2 ชุดสำหรับให้ความร้อนแก่น้ำมันและแก๊ไอน้ำมันภายในถังน้ำมัน ระบบดังกล่าวต้องไม่ก่อให้เกิดความร้อนเฉพาะแห่งแก่น้ำมันและแก๊ไอน้ำมัน

#### จ.3.3 การเตรียมตัวอย่าง

เช่นเดียวกับข้อ จ.2.4

#### จ.3.4 การเตรียมการทดสอบ

จ.3.4.1 เช่นเดียวกับข้อ จ.2.5

จ.3.4.2 นำหม้ออ่่านสำหรับดักไอระเหยไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 150 ± 10 °C เป็นเวลามากกว่า 3 h นำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารนอกจากเตาอบ อดปลายด้านทางเข้าให้แน่น ต่อปลายด้านทางออกเข้ากับท่อสำหรับใช้ลดความชื้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(dehumidifier tube) ซึ่งทำโดยการเพชิลิกาเจลที่เหลืออยู่บนตะแกรงร่อนหมายเลข 8 หรือเทียบเท่า ลงในท่อ ให้เปลี่ยนซิลิกาเจลใหม่เมื่อซิลิกาเจลเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นแดงมากกว่า 3 ใน 4 ส่วนของ ซิลิกาเจลทั้งหมด

จ.3.4.3 นำหม้อถ่านสำหรับดักไอระเหยตามข้อ จ.3.4.2 ไปใส่ไว้ในเดซิกเกตเตอร์แล้วปล่อยให้เย็นลงนาน 24 h

### จ.3.5 วิธีทดสอบ

ให้ทดสอบหาปริมาณสารมลพิษไอระเหยที่สูญเสียจากถังน้ำมันและที่สูญเสียเมื่อจอร์จเจอร์ยานยนต์ ขณะเครื่องร้อน ดังต่อไปนี้

#### จ.3.5.1 การสูญเสียจากถังน้ำมัน

- (1) ถายน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากถังให้หมด แล้วเติมน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า  $15.5^{\circ}\text{C}$  ลงในถังให้มีปริมาตร  $50 \pm 2.5\%$  ของปริมาตรของถัง
- (2) นำหม้อถ่านสำหรับดักไอระเหยออกจากเดซิกเกตเตอร์ก่อนการทดสอบ 1 h ซึ่งน้ำหนักนำไปไว้ในห้องทดสอบแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งก่อนติดตั้งเข้ากับรถจักรยานยนต์ตัวอย่างเพื่อเก็บไอระเหย จะติดตั้งหม้อถ่านสำหรับดักไอระเหยได้ต่อเมื่อน้ำหนักจากการชั่งทั้งสองครั้งต่างกันไม่เกิน  $\pm 0.5\text{ g}$
- (3) ให้เก็บไอระเหยจากจุดต่าง ๆ ที่อาจมีไอระเหยออกมาได้ เช่น ที่คาร์บูเรเตอร์ ทาระบายของ ถังน้ำมัน ฯลฯ ในระหว่างเก็บไอระเหยให้อุดท่อไอเสีย
- (4) จัดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องบันทึกและเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
- (5) จัดแผนให้ความร้อนของน้ำมันให้ติดกับถังน้ำมันที่จุดที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยต้องครอบคลุมพื้นที่ของถังน้ำมันส่วนที่สัมผัสกับน้ำมันเกิน 10% แนวกึ่งกลางของแผนให้ความร้อน ต้องขนานกับระดับผิวของน้ำมันใหม่มากที่สุด สำหรับแผนให้ความร้อนของน้ำมันให้จัดให้แนว กึ่งกลางของแผนให้ความร้อน ใกล้กับจุดกึ่งกลางของปริมาตรน้ำมันในถัง
- (6) เริ่มอุ่นน้ำมัน เมื่ออุณหภูมิในถังน้ำมันถึง  $15.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  โดยใช้เวลาอุ่นนาน  $60 \pm 2\text{ min}$  ให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น  $20$  และ  $13.3^{\circ}\text{C}$  สำหรับถังน้ำมันแบบเผยผิ (exposed type) และแบบไม่เผยผิ (non-exposed type) ตามลำดับ
- (7) อุณหภูมิของน้ำมันในระหว่างการอุ่นต้องเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้โดยจะคลาดเคลื่อนได้  $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$

$$\text{สำหรับถังน้ำมันแบบเผยผิ } T_f = (1/3)t + 15.5$$

$$T_v = (1/3)t + 21$$

$$\text{สำหรับถังน้ำมันแบบไม่เผยผิ } T_f = (2/9)t + 16$$

เมื่อ  $T_f$  คือ อุณหภูมิที่ต้องการของน้ำมัน เป็น  $^{\circ}\text{C}$

$T_v$  คือ อุณหภูมิที่ต้องการของน้ำมัน เป็น  $^{\circ}\text{C}$

$t$  คือ เวลาที่อุ่น เป็น min

**ภาคผนวก จ**  
**การทดสอบหาความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ**  
**(ข้อ 6.4)**

- จ.1 ข้อกำหนดทั่วไป
  - จ.1.1 การทดสอบนี้ให้ทำได้ทั้งบนแชสซีส์ไดนาโมมิเตอร์ หรือบนถนน
  - จ.1.2 เชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบต้องเป็นน้ำมันเบนซิน ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงานหรือเชื้อเพลิงอ้างอิง
  - จ.1.3 การตรวจสภาพ การซ่อมบำรุง การปรับแต่งรวมทั้งการใช้อุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ในระหว่างการขับเคลื่อนเพื่อสะสมระยะทาง ต้องเป็นไปตามข้อแนะนำของผู้ทำระบุไว้ในคู่มือการใช้รถจักรยานยนต์ที่ส่งมอบให้แก่ผู้ซื้อ
- จ.2 เครื่องมือและอุปกรณ์  
 แชสซีส์ไดนาโมมิเตอร์ที่เป็นไปตามภาคผนวก ข. ข้อ ข.3.1
- จ.3 การเตรียมตัวอย่าง  
 รถจักรยานยนต์ตัวอย่างต้องมีสภาพดีและอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอยู่ในสภาพใหม่
- จ.4 วิธีทดสอบ
  - จ.4.1 ขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ตัวอย่างตามรูปแบบการทดสอบที่กำหนดดังนี้
    - จ.4.1.1 การทดสอบประกอบด้วยรอบการขับเคลื่อน แต่ละรอบประกอบด้วย 11 วัฏจักร แต่ละวัฏจักรได้ระยะทาง 6 km
    - จ.4.1.2 การขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ตัวอย่างตั้งแต่วัฏจักรที่ 1 ถึง วัฏจักรที่ 9 ให้เป็นไปตามผังที่กำหนดดังนี้



ผังการขับเคลื่อน 1 วัฏจักร  
 สำหรับวัฏจักรที่ 1 ถึง วัฏจักรที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในหน่วยงานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## จ.4.1.3 ความเร็วสูงสุดในแต่ละวัฏจักรให้เป็นไปตามที่กำหนดดังนี้

**ตารางที่ จ.1 ความเร็วสูงสุด**  
(ข้อ จ.4.1.3)

วัฏจักรที่	ความเร็วสูงสุด ( km/h)		
	ความจุกระบอกสูบ น้อยกว่า 170 cm <sup>3</sup>	ความจุกระบอกสูบ ตั้งแต่ 170 - 279 cm <sup>3</sup>	ความจุกระบอกสูบ ตั้งแต่ 280 cm <sup>3</sup> ขึ้นไป
1	65	65	65
2	45	45	65
3	65	65	55
4	65	65	45
5	55	55	55
6	45	45	55
7	55	55	70
8	70	70	55
9	55	55	46
10	70	90	90
11	70	90	110

- (1) กรณีผู้ทำร้องขอ อาจทำการทดสอบรถจักรยานยนต์โดยใช้ความเร็วสูงสุดในสดมภ์ที่มีความจุกระบอกสูบสูงกว่าที่สามารถทำได้ ทั้งนี้ให้เป็นไปตามความตกลงของหน่วยทดสอบ
- (2) กรณีผู้ทำร้องขอ หากรถจักรยานยนต์ไม่สามารถทำความเร็วสูงสุดที่มีความจุกระบอกสูบเดิมได้ อาจทำการทดสอบโดยใช้ความเร็วสูงสุดในสดมภ์ที่มีความจุกระบอกต่ำกว่าแทน และหากใช้สดมภ์ที่มีความจุกระบอกต่ำสุดแล้วรถจักรยานยนต์ยังไม่สามารถทำความเร็วสูงสุดได้ ให้ใช้ความเร็วสูงสุดที่รถจักรยานยนต์คันนั้นทำได้ตลอดการทดสอบ ทั้งนี้ให้เป็นไปตามความตกลงของหน่วยทดสอบ

- จ.4.1.4 วัฏจักรที่ 1 ถึงวัฏจักรที่ 9 ให้รถจักรยานยนต์ตัวอย่างเดินเบาขณะหยุดครั้งละ 15 s
- จ.4.1.5 การเพิ่มความเร็วและการลดความเร็วให้เป็นไปตามสภาพปกติ
- จ.4.1.6 วัฏจักรที่ 10 ให้ขับเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่ตลอดระยะทาง 6 km
- จ.4.1.7 วัฏจักรที่ 11 ให้เร่งความเร็วเต็มที่จนถึงความเร็วสูงสุด จนได้ระยะทาง 3 km จึงหยุดและเดินเบา 15 s แล้วเร่งความเร็วเต็มที่ถึงความเร็วสูงสุดอีกครั้งหนึ่งจนได้ระยะทางครบ 6 km
- จ.4.1.8 เมื่อขับเคลื่อนครบรอบ 11 วัฏจักรแรกแล้ว ขับเคลื่อนต่อไปตามรูปแบบ รอบละ 11 วัฏจักร จนได้ระยะทางเป็นครึ่งหนึ่งของระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2 คลาดเคลื่อนได้  $\pm 250$  km

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 ระยะทางที่กำหนดสำหรับทดสอบความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ  
(ข้อ จ.4.1.8)

ความจุระบอบสูบ ( $\text{cm}^3$ )	ระยะทางที่กำหนด (km)
น้อยกว่า $170 \text{ cm}^3$	12 000
ตั้งแต่ $170 - 279 \text{ cm}^3$	18 000
ตั้งแต่ $280 \text{ cm}^3$ ขึ้นไป	30 000

จ.4.2 การหาปริมาณสารมลพิษ

- จ.4.2.1 ทดสอบหาปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และออกไซด์ของไนโตรเจนตามวิธีที่กำหนดในภาคผนวก ข. อย่างน้อย 4 ครั้ง ภายในระยะทางที่เป็นครั้งหนึ่งของระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2 โดยอย่างน้อย
- กรณีความจุระบอบสูบ น้อยกว่า  $170 \text{ cm}^3$  ให้เริ่มวัดที่ระยะทาง 2 500 km
  - กรณีความจุระบอบสูบตั้งแต่  $170 - 279 \text{ cm}^3$  ให้เริ่มวัดที่ระยะทาง 2 500 km
  - กรณีความจุระบอบสูบตั้งแต่  $280 \text{ cm}^3$  ให้เริ่มวัดที่ระยะทาง 3 500 km
- และวัดที่ระยะทางที่เป็นครั้งหนึ่งของระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2 เป็นครั้งสุดท้าย โดยจุดเริ่มวัดและจุดสุดท้ายของการวัดคลาดเคลื่อนจากระยะที่กำหนดได้  $\pm 250 \text{ km}$
- จ.4.2.2 ระยะทางที่ต้องวัดปริมาณสารมลพิษที่เหลือให้เป็นไปตามที่ผู้ทำกำหนดในการเข้ารับบริการซ่อมบำรุง โดยทำการทดสอบที่ระยะทางเดียวกันทั้งก่อนและหลังรับบริการนั้น ทั้งนี้ให้เป็นไปตามความตกลงของหน่วยทดสอบ
- จ.4.2.3 หากภายในครั้งหนึ่งของระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2 ผู้ทำกำหนดให้ต้องมีการเข้ารับบริการซ่อมบำรุง เกิน 1 ครั้ง ระยะทางที่ต้องวัดปริมาณสารมลพิษ ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ให้ทำการทดสอบที่ระยะทางเข้ารับบริการที่ใกล้ที่สุดกับจุดระหว่างกลางของระยะทางที่วัดปริมาณสารมลพิษครั้งแรกและครั้งสุดท้าย ทั้งนี้ให้เป็นไปตามความตกลงของหน่วยทดสอบ
- จ.4.2.4 หากภายในครั้งหนึ่งของระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2 ผู้ทำมิได้กำหนดให้ต้องมีการเข้ารับบริการซ่อมบำรุง ระยะทางที่วัดปริมาณสารมลพิษที่เหลือให้เป็นช่วงห่างเท่า ๆ กันระหว่างระยะทางที่วัดปริมาณสารมลพิษครั้งแรกและครั้งสุดท้าย
- จ.4.2.5 ในกรณีผู้ทำร้องขอ อาจทำการทดสอบปริมาณสารมลพิษได้ที่หลายระยะทางภายในครั้งหนึ่งของระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2 แล้วให้นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าตัวประกอบการเสื่อมสภาพด้วย ทั้งนี้ให้เป็นไปตามความตกลงของหน่วยทดสอบ
- จ.4.2.6 บันทึกค่าปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนสัมพันธ์กับระยะทางให้ละเอียดถึงระดับกิโลเมตร ลงในกระดาษกราฟ ลากเส้นตรงที่ผ่านจุดต่าง ๆ ในกระดาษกราฟได้อย่างใกล้เคียงที่สุดโดยระเบียบวิธีกำลังสองน้อยสุด (least square method) โดยไม่ต้องคำนึงถึงจุดเริ่มต้น จะได้เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนกับระยะทางที่ขับเคลื่อนถึงครั้งหนึ่งของระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.4.2.6 บันทึกค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนสัมพันธ์กับระยะทางให้ละเอียดถึงระดับกิโลเมตร ลงในกระดาษกราฟ ลากเส้นตรงที่ผ่านจุดต่าง ๆ ในกระดาษกราฟได้อย่างใกล้เคียงที่สุดโดยระเบียบวิธีกำลังสองน้อยสุด (least square method) โดยไม่ต้องคำนึงถึงจุดเริ่มต้น จะได้เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนกับระยะทางที่ขับเคลื่อนถึงครั้งหนึ่งของระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2

จ.4.2.7 ประมาณการค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน และปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนที่ระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2

#### จ.4.3 วิธีคำนวณ

คำนวณหาตัวประกอบการเสื่อมสภาพของสารมลพิษแต่ละค่าจากสูตรต่อไปนี้

$$D.F. = \frac{PE_{i2}}{PE_{i1}}$$

เมื่อ D.F. คือ ตัวประกอบการเสื่อมสภาพ

$PE_{i1}$  คือ ค่าประมาณการในช่วงของปริมาณสารมลพิษแต่ละค่าที่ระยะทางเป็นครั้งหนึ่งของระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2

$PE_{i2}$  คือ ค่าประมาณการในช่วงของปริมาณสารมลพิษแต่ละค่าที่ระยะทางทั้งหมดตามตารางที่ จ.2

ค่าที่จะนำมาใช้คำนวณต้องละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่งและปัดเศษค่าตัวประกอบการเสื่อมสภาพที่คำนวณได้เป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง หากค่าที่คำนวณได้น้อยกว่า 1 ให้ถือว่าเท่ากับ 1

## ภาคผนวก ฉ.

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของปริมาณสารมลพิษ  
(ข้อ 5.2.3.2)

ฉ.1 คำนวณหาค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ค่าเฉลี่ยของปริมาณไฮโดรคาร์บอน และค่าเฉลี่ยปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนของตัวอย่างทั้ง  $n$  คัน จากสูตร

$$X_A = \bar{X}_A + k \times S_A$$

$$X_B = \bar{X}_B + k \times S_B$$

$$X_C = \bar{X}_C + k \times S_C$$

$$S_A = \sqrt{\frac{(X_{A1} - \bar{X}_A)^2 + (X_{A2} - \bar{X}_A)^2 + \dots + (X_{An} - \bar{X}_A)^2}{n - 1}}$$

$$S_B = \sqrt{\frac{(X_{B1} - \bar{X}_B)^2 + (X_{B2} - \bar{X}_B)^2 + \dots + (X_{Bn} - \bar{X}_B)^2}{n - 1}}$$

$$S_C = \sqrt{\frac{(X_{C1} - \bar{X}_C)^2 + (X_{C2} - \bar{X}_C)^2 + \dots + (X_{Cn} - \bar{X}_C)^2}{n - 1}}$$

เมื่อ $X_A$	คือ	ค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็น $\mu/\text{km}$
$\bar{X}_A$	คือ	ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง ทั้ง $n$ คัน เป็น $\mu/\text{km}$
$k$	คือ	ค่าคงที่ตามตาราง ฉ.1 ในกรณีที่ $n$ มากกว่าหรือเท่ากับ 20 $k = \frac{0.860}{\sqrt{n}}$
$S_A$	คือ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์
$X_B$	คือ	ค่าเฉลี่ยของปริมาณไฮโดรคาร์บอน เป็น $\mu/\text{km}$
$\bar{X}_B$	คือ	ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตของปริมาณไฮโดรคาร์บอน เป็น $\mu/\text{km}$
$S_B$	คือ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณไฮโดรคาร์บอน
$X_C$	คือ	ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน เป็น $\mu/\text{km}$
$\bar{X}_C$	คือ	ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตของปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน เป็น $\mu/\text{km}$
$S_C$	คือ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน

$X_{A1}$	คือ	ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างเดิม เป็น g/km
$X_{A2} \dots X_{An}$	คือ	ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ของรถจักรยานยนต์คันที่ซัดตัวอย่างเพิ่มเติมแต่ละคัน เป็น g/km
$X_{B1}$	คือ	ปริมาณไฮโดรคาร์บอนของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างเดิม เป็น g/km
$X_{B2} \dots X_{Bn}$	คือ	ปริมาณไฮโดรคาร์บอนของรถจักรยานยนต์คันที่ซัดตัวอย่างเพิ่มเติมแต่ละคัน เป็น g/km
$X_{C1}$	คือ	ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างเดิม เป็น g/km
$X_{C2} \dots X_{Cn}$	คือ	ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนของรถจักรยานยนต์คันที่ซัดตัวอย่างเพิ่มเติมแต่ละคัน เป็น g/km
n	คือ	จำนวนรถจักรยานยนต์ตัวอย่าง

ตารางที่ ๑.1 ค่าคงที่ k  
(ข้อ ๑.1)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	0.973	0.613	0.489	0.421	0.376	0.342	0.317	0.296	0.279

n	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k	0.265	0.253	0.242	0.233	0.224	0.216	0.210	0.203	0.198

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า Cstd  
(ข้อ ๑.2.3.2(1))

ข.1 คำนวณหาค่า Cstd จากสูตร

$$C_{std} = \frac{M_{HC}}{K \times V \times 10^{-4} \times (P/T)}$$

เมื่อ	$C_{std}$	คือ	ระดับไฮโดรคาร์บอนจำเพาะในห้องทดสอบ เป็น ppm
	$M_{HC}$	คือ	มวลของไฮโดรคาร์บอนตามมาตรฐาน เท่ากับ 2.0 g/test
	K	คือ	$1.2 \times (12 + H/C)$ เมื่อ H/C เท่ากับ 2.2
	V	คือ	ปริมาตรห้องทดสอบสุทธิ เป็น $m^3$
	P	คือ	ความดันบรรยากาศที่สภาวะมาตรฐานในการทดสอบเป็น 101.3 kPa
	T	คือ	อุณหภูมิโดยรอบในห้องทดสอบที่สภาวะมาตรฐานในการทดสอบเป็น 298.15 K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายวรรณ วรรณแป้น  
ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของสัดส่วนเอทานอลในเชื้อเพลิงแก๊ส โซฮอล์ที่มีผลต่อมลพิษไอเสียของรถจักรยานยนต์

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล  
ที่อยู่ 69 หมู่ 8 ตำบลเกาะเปาะ อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง 92140  
ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคตรัง

พ.ศ. 2544 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างยนต์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี

พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหาคร

พ.ศ. 2548 ศึกษาต่อระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้