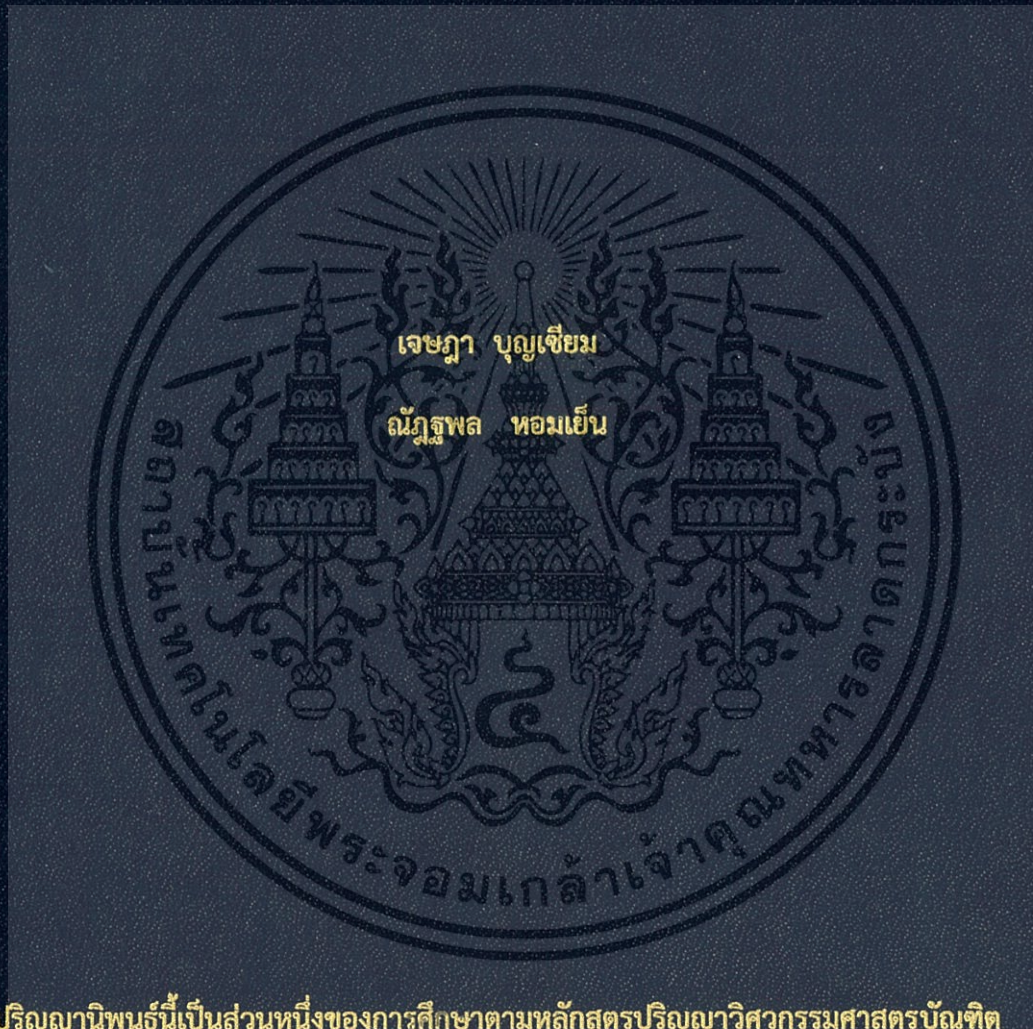


การเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสำหรับรถยนต์ไฮบริด

INCREASING THE THERMAL EFFICIENCY

OF GASOLINE ENGINE FOR THE HYBRID VEHICLES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

การเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสำหรับรถยนต์ไฮบริด

INCREASING THE THERMAL EFFICIENCY
OF GASOLINE ENGINE FOR THE HYBRID VEHICLES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INCREASING THE THERMAL EFFICIENCY
OF GASOLINE ENGINE FOR THE HYBRID VEHICLES



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

2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสำหรับรถยนต์ไฮบริด

INCREASING THE THERMAL EFFICIENCY OF GASOLINE ENGINE FOR THE HYBRID
VEHICLES

ผู้จัดทำ

1. นาย เจษฎา บุญชัยม รหัสนประจำตัว 58010212

2. นาย ณัฐพล หอมเย็น รหัสนประจำตัว 58010354



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสำหรับรถยนต์ไฮบริด

นายเจษฎา บุญเยี่ยม 58010212

นายณัฐพล หอมเย็น 58010354

ผศ.ดร.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟหรือ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปติดตั้งเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ในรถยนต์ไฟฟ้า ในขณะที่แบตเตอรี่อยู่ในสถานะที่มีพลังงานต่ำหรือในสถานะถูกเงินที่แบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้านั้นหมดลง โดยเครื่องยนต์มีทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนโดยตรง ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพนั้นจะเป็นการเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์เดิมที่มีค่า 8.7 เป็น 12.2 การปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสียเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของเครื่องยนต์ และการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการดัดแปลงเครื่องยนต์ให้มีการจุดระเบิดด้วยการอัดแบบผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีจุดมุ่งหมายให้เครื่องยนต์ทำงานที่รอบคงที่ค่าหนึ่งที่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำที่สุดและประสิทธิภาพทางความร้อนที่ได้จากเครื่องยนต์สูงที่สุด ทั้งนี้นอกจากจะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์แล้ว ยังได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ทั้งก่อนการปรับแต่ง หลังปรับแต่งพอร์ทไอดีไอเสีย และทดลองการทำให้เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดประจุเป็นเนื้อเดียวโดยทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไอดีและอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศสมบูรณ์ หนาแน่น และบางมากตามลำดับและทำการทดลองการจุดระเบิดด้วยการอัดประจุเป็นเนื้อเดียวอีกครั้งหลังจากได้ทำการเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดเป็น 12.2 ด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไอดีและอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศสมบูรณ์และบางมากตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้คือเมื่อทำการปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสียแล้ว พบว่าเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพต่ำลง 2.1% และการทดลองการทำให้เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดประจุเป็นเนื้อเดียวนั้นประสิทธิภาพทางความร้อนจะเพิ่มขึ้น 24 % แต่ยังคงต้องพัฒนาต่อไป

INCREASING THE THERMAL EFFICIENCY OF GASOLINE ENGINE FOR THE HYBRID VEHICLES

Jedsada Boonsiem 58010212

Nattapon Homyen 58010354

Asst.Prof.Dr.Chinda Charoenphonphanich Advisor

Year 2018

ABSTRACT

This project is the study and optimization of spark ignition engine or gasoline engine. The objective is to be installed as a source of power supply to the batteries in electric cars. While the battery is in the condition with low power or in the emergency battery electric cars that run down. Without acting directly on the driving of the electric vehicles. The increasing of the performance is to increase the compression ratio from 9.3 to 12, Modify the intake and exhaust port to increase the volumetric efficiency and modify the engine to combustion with HCCI. The aim is to keep the engine running at a constant speed, the one with the lowest fuel consumption and highest thermal efficiency. In addition to optimizing the engine then compare the procedure to increase the thermal efficiency of the engine by testing the performance of the engine before adjusting and after adjusting the port and experiment to make the ignition engine combust with HCCI by changing the temperature of intake air and AF ratio which are stoichiometric, very rich and very lean respectively. And do the HCCI testing again after increasing the compression ratio to 12.2. by changing the intake air temperature and AF ratio which are stoichiometric and very lean. The result is that when adjusting the intake and exhaust ports Found that the engine has a lower the thermal efficiency 2.1% and the experiment of HCCI is will increase the thermal efficiency 24% but still need to develop.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือในด้านต่างๆ เสมอมาจาก อ.จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและขนรรมยานยนต์ที่เอื้อเพื่อให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆในการทำโครงการนี้

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่ เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IX
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เครื่องยนต์	3
2.1.1 การจุดระเบิดในเครื่องยนต์	3
2.1.2 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์	3
2.1.3 ระบบหล่อเย็น	4
2.2 งาน	4
2.3 แรงบิดและกำลัง (Torque and Power)	6

2.4 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (AIR-FUEL RATIO) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (FUEL-AIR RATIO)	7
2.5 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ (Special Fuel Consumption)	8
2.6 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (Engine Efficiencies).....	10
2.6.1 ประสิทธิภาพความร้อน	10
2.6.2 ประสิทธิภาพปริมาตร (Volumetric Efficiency).....	11
2.7 กำลังขับเคลื่อนของเครื่องยนต์	12
2.7.1 กำลังขับเคลื่อนของรถยนต์	12
2.7.2 การสูญเสียในการส่งกำลัง	13
2.7.3 แรงต้านการหมุนของล้อ	13
2.7.4 แรงต้านอากาศ	14
2.7.5 แรงต้านทางชั้น	15
2.7.6 แรงขับเคลื่อน	17
2.7.7 กำลังขับเคลื่อนของเครื่องยนต์.....	18
2.8 การจุดระเบิดของเครื่องยนต์แบบ HCCI [2].....	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ.....	20
3.1 การเปรียบเทียบรถยนต์ไฟฟ้าในท้องตลาดที่มีระบบไฮบริด.....	20
3.2 แนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในอนาคต	21
3.2.1 เครื่องยนต์ E-POWER [3]	21
3.2.2 เครื่องยนต์ REX [4]	21
3.2.3 เครื่องยนต์ Skyactive X [5]	22
3.3 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง	24
3.4 น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง[7]	24

3.5 การทำระบบระบายความร้อนด้วยของเหลว	25
3.6 การเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนของเครื่องยนต์	25
3.7 อุณหภูมิอากาศเข้าห้องเผาไหม้	26
3.8 การเปรียบเทียบค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	26
3.9 ข้อมูลเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง	27
3.10 การคำนวณ	29
3.10.1 การคำนวณพารามิเตอร์ กำลัง และประสิทธิภาพที่ได้จากวัฏจักรในอุดมคติของเครื่องยนต์ก่อน การปรับแต่งพอร์ตไอดีและไอเสีย	29
3.10.1.1 ช่วงแรก	29
3.10.1.2 ช่วงที่ 2	30
3.10.1.3 ช่วงที่ 3	30
3.10.1.4 ช่วงที่ 4	30
3.10.1.5 งานที่ได้ในจังหวะทำงานแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร	31
3.10.1.6 งานที่ใช้ไปในจังหวะอัดแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร	31
3.10.1.7 งานสุทธิที่ได้ในหนึ่งวัฏจักร	31
3.10.1.8 ประสิทธิภาพทางความร้อนในหนึ่งวัฏจักร	31
3.10.1.9 จำนวนที่รอบ 4500 รอบ/นาที	31
3.10.2 การคำนวณพารามิเตอร์ กำลัง และประสิทธิภาพที่ได้จากวัฏจักรในอุดมคติของเครื่องยนต์หลัง การปรับแต่งพอร์ตไอดีและไอเสีย	32
3.10.2.1 ช่วงแรก	32
3.10.2.2 ช่วงที่ 2	32
3.10.2.3 ช่วงที่ 3	32
3.10.2.4 ช่วงที่ 4	33
3.10.2.5 งานที่ได้ในจังหวะทำงานแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร	33

3.10.2.6 งานที่ใช้ไปในจังหวะอัดแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร.....	33
3.10.2.7 งานสุทธิที่ได้ในหนึ่งวัฏจักร.....	33
3.10.2.8 ประสิทธิภาพทางความร้อนในหนึ่งวัฏจักร.....	33
3.10.2.9 จำนวนที่รอบ 4500 รอบ/นาที.....	33
3.10.3 การคำนวณพารามิเตอร์ กำลัง และประสิทธิภาพที่ได้จากวัฏจักรในอุดมคติของเครื่องยนต์หลัง การเพิ่มกำลังอัดไปยัง 12.2	34
3.10.3.1 ช่วงแรก.....	34
3.10.3.2 ช่วงที่ 2	34
3.10.3.3 ช่วงที่ 3	34
3.10.3.4 ช่วงที่ 4	35
3.10.3.5 งานที่ได้ในจังหวะทำงานแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร.....	35
3.10.3.6 งานที่ใช้ไปในจังหวะอัดแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร.....	35
3.10.3.7 งานสุทธิที่ได้ในหนึ่งวัฏจักร.....	35
3.10.3.8 ประสิทธิภาพทางความร้อนในหนึ่งวัฏจักร.....	35
3.10.3.9 จำนวนที่รอบ 4500 รอบ/นาที.....	36
3.10.4 การคำนวณกำลังของเครื่องยนต์ก่อนการปรับแต่งฝาสูบโดยคิดจากประสิทธิภาพการแปลง พลังงานจากเชื้อเพลิง.....	36
3.10.5 การคำนวณกำลังของเครื่องยนต์หลังการปรับแต่งฝาสูบโดยคิดจากประสิทธิภาพการแปลง พลังงานจากเชื้อเพลิง.....	38
3.10.6 การคำนวณเพื่อทดสอบการประจุเป็นเนื้อเดียวจุดระเบิดด้วยการอัด	38
3.10.6.1 การคำนวณเงื่อนไขอากาศขาเข้า (T_1).....	38
3.10.6.2 การคำนวณเงื่อนไขการเพิ่มกำลังอัด	39
3.10.6.3 การคำนวณเงื่อนไขความดันอากาศขาเข้า เมื่อใช้ Supercharger	39
3.10.7 การคำนวณกำลังขับเคลื่อนที่รถยนต์ต้องการ	40

3.107.1 การคำนวณกำลังขับที่รถยนต์ต้นแบบใช้.....	40
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	43
4.1 วัตถุประสงค์	43
4.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	43
4.3 วิธีการทดสอบ.....	48
4.3.1 การทดสอบเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่ได้มีการปรับแต่ง.....	48
4.3.2 การทดสอบเครื่องยนต์หลังจากมีการปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสีย	48
4.3.3 การทดสอบเครื่องยนต์หลังจากมีการปรับแต่งด้วยการจุกระเบิดแบบ HCCI	48
4.4 การทดสอบเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่มีการปรับแต่ง	48
4.5 การทดสอบเครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสีย	50
4.6 การเปรียบเทียบเครื่องยนต์โดยที่มีการปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสียกับเครื่องยนต์ที่ไม่ได้มีการปรับแต่ง.....	55
4.7 ผลการทดลองเครื่องยนต์ที่ใช้การประจุเป็นเนื้อเดียวจุกระเบิดด้วยการอัด(HCCI).....	57
4.7.1 ผลการทดลอง HCCI ที่กำลังอัด 8.7, Indicated mean effective pressure (IMEP) 7 bar, Torque 9.3 Nm, Constant speed 4500 RPM	57
4.7.2 ผลการทดลอง HCCI ที่กำลังอัด 12.2 เปิดลิ้นเร่งที่ 2 เปอร์เซ็นต์.....	58
4.8 ผลที่คาดหวังจากการเผาไหม้แบบ HCCI.....	59
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผล	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
ภาคผนวก	64
บรรณานุกรม	69

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบรถยนต์ไฟฟ้าระบบไฮบริด	20
ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	26
ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง ก่อนทำการดัดแปลง	27
ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง หลังทำการดัดแปลง	28
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง HCCI ที่กำลังอัด 8.7, Indicated mean effective pressure (IMEP) 7 bar, Torque 9.3 Nm, Constant speed 4500 RPM.....	57
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลอง HCCI ที่กำลังอัด 12.2 เปิดลิ้นเร่งที่ 2 เปอร์เซ็นต์.....	58



สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ E-POWER.....	21
รูปที่ 3.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แบบต่าง ๆ [5].....	23
รูปที่ 3.3 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง	24
รูปที่ 4.1 เครื่องยนต์ทดสอบ	43
รูปที่ 4.2 แผนภาพการทดสอบ	44
รูปที่ 4.3 ออกซิเจนเซ็นเซอร์และจอแสดงผล	44
รูปที่ 4.4 เครื่องยนต์ที่ติดตั้งบนแท่นวางเครื่องยนต์เพื่อต่อเข้ากับไดนาโมมิเตอร์	45
รูปที่ 4.5 เครื่องอุ่นอากาศร้อน	45
รูปที่ 4.6 โปรแกรมในการปรับแต่งกล่องควบคุมเครื่องยนต์(ECM).....	46
รูปที่ 4.7 ระบบน้ำหล่อเย็น	46
รูปที่ 4.8 การติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลและจอแสดงผล	47
รูปที่ 4.9 แบตเตอรี่สำหรับเครื่องยนต์.....	47
รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่มีการปรับแต่ง.....	48
รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่มีการปรับแต่ง.....	49
รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคน้ำมันและความเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่มีการปรับแต่ง.....	49
รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่มีการปรับแต่ง.....	50
รูปที่ 4.14 ฝาสูบที่มีการปรับแต่งพอร์ตไอดี	50
รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเชิงปริมาตรอากาศของพอร์ตไอดี	51
รูปที่ 4.16 ฝาสูบที่มีการปรับแต่งพอร์ตไอเสีย	51
รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเชิงปริมาตรอากาศของพอร์ตไอเสีย	52
รูปที่ 4.18 เครื่องวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ	52

X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศโดยภาพรวม	53
รูปที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่ง พอร์ทไอดีและไอเสีย	53
รูปที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่ง พอร์ทไอดีและไอเสีย	54
รูปที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคน้ำมันและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่ง พอร์ทไอดีและไอเสีย	54
รูปที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของ เครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสีย	55
รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์	55
รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ...	56
รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคน้ำมันและความเร็วรอบของเครื่องยนต์	56
รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์และความเร็ว รอบของเครื่องยนต์	57
รูปที่ 4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากผลที่ คาดหวังจากการเผาไหม้แบบ HCCI	59
รูปที่ 4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากผลที่คาดหวัง จากการเผาไหม้แบบ HCCI	60
รูปที่ 4.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคน้ำมันและความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากผลที่ คาดหวังจากการเผาไหม้แบบ HCCI	60
รูปที่ 4.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของ เครื่องยนต์จากผลที่คาดหวังจากการเผาไหม้แบบ HCCI	61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีการนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้งานในรถยนต์มากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นรถยนต์ไฮบริด (Hybrid) ที่ทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องยนต์สันดาปภายใน และมอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน โดยการออกแบบต้นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์มีแนวโน้มของเครื่องยนต์ที่ใช้มีขนาดเล็กลง และใช้พลังงานไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น รถยนต์ Nissan Note ที่มีระบบ e-Power และรถยนต์ BMW i3 ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ในการผลิตไฟฟ้าไปที่แบตเตอรี่ ก่อนที่มอเตอร์จะนำไฟฟ้าไปใช้ขับเคลื่อนรถยนต์ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้า มีความสะอาด ไม่ปล่อยไอเสียอันเป็นสาเหตุหลักของการเกิดมลพิษ อีกทั้งการขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้ามีการสูญเสียพลังงานในระบบที่น้อยกว่า

แต่ปัญหาหลักของการใช้รถยนต์ไฟฟ้าคือเรื่องแบตเตอรี่ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการชาร์จนานกว่าการเติมน้ำมัน และในประเทศไทยมีสถานีชาร์จไฟฟ้ารองรับการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าไม่เพียงพอ ซึ่งทำให้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน เช่นเมื่อแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้ามีพลังงานไม่เพียงพอต่อการจ่ายพลังงานไปยังมอเตอร์ไฟฟ้า ขณะที่ยังไม่ถึงสถานีชาร์จไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดความไม่สะดวก และยังรวมถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นขณะหยุดรถยนต์ไฟฟ้า ดังนั้นจึงมีระบบดังกล่าวเพื่อเพิ่มแหล่งพลังงานให้กับรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งแหล่งพลังงานดังกล่าวคือ การใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กโดยใช้น้ำมัน E85 ในการผลิตไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งปัจจุบันมีบริษัทรถยนต์บางบริษัท ได้หันมาพัฒนาพาหนะระบบดังกล่าวมากยิ่งขึ้น และมีแนวโน้มที่จะลดขนาดของเครื่องยนต์ลงไปได้มากที่สุด

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพความร้อนของเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็ก โดยการปรับแต่งพอร์ตไอดีและไอเสีย และเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัด เพื่อให้เหมาะสมแก่การสันดาปโดยการอัดแบบผสมเป็นเนื้อเดียวด้วยน้ำมัน E85

1.2.2 เพื่อปรับปรุงอัตราการบริโภคน้ำมันของเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กนี้ที่รอบคงที่

1.2.3 เพื่อทดสอบเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กหลังจากที่ได้ทำการปรับประสิทธิภาพแล้ว

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 การปรับแต่งพอร์ตไอดีและไอเสียสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางปริมาตรให้แก่เครื่องยนต์

1.3.2 การเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดทำให้ความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เพื่อให้เหมาะแก่การสันดาปด้วยการอัดแบบผสมเป็นเนื้อเดียว

1.3.3 การสันดาปด้วยการอัดแบบผสมเป็นเนื้อเดียวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนของเครื่องยนต์ได้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาและปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กในครั้งนี เป็นการศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เท่านั้น โดยการค้นหาวีธีเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนและลดอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ แล้วทำการทดสอบเครื่องยนต์ดังกล่าวหลังจากได้ทำการปรับปรุงแล้ว

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

1.5.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องยนต์ไฮบริดจ์และรถยนต์ไฟฟ้าที่มีระบบไฮบริดจ์แบบอนุกรมจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

1.5.2 ศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์

1.5.3 ออกแบบและคำนวณวิธีทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

1.5.4 ศึกษาวิธีการสันดาปด้วยการอัดแบบผสมเป็นเนื้อเดียว

1.5.5 ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็ก

1.5.6 ทำการทดสอบและเก็บบันทึกค่าของเครื่องยนต์หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว

1.5.7 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องยนต์

เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) เป็นเครื่องยนต์ความร้อน ซึ่งแปลงพลังงานเคมีในเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานกล โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของการหมุนของเพลาส่งกำลัง ในขั้นแรกพลังงานเคมีในเชื้อเพลิงจะถูกแปลงไปเป็นพลังงานความร้อน โดยการสันดาปกับอากาศภายในเครื่องยนต์พลังงานความร้อนนี้จะเพิ่มทั้งอุณหภูมิและความดันของก๊าซในเครื่องยนต์ แล้วก๊าซความดันสูงนี้ก็จะผลักดันกลไกของเครื่องยนต์ เป็นการเปลี่ยนแปลงการขยายตัวของก๊าซ โดยอาศัยชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ให้เป็นการหมุนของเพลาช้อเหวี่ยงซึ่งก็คือเพลาส่งกำลังของเครื่องยนต์นั่นเอง เพลาช้อเหวี่ยงจะถูกต่อเข้ากับเกียร์และระบบส่งกำลัง เพื่อส่งผ่านพลังงานกลในรูปของการหมุนไปใช้งาน

2.1.1 การจุดระเบิดในเครื่องยนต์

การจุดระเบิดในเครื่องยนต์หรือการให้ความร้อนเพื่อเกิดการสันดาปโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ

1. จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark Ignition) เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟจะเริ่มกระบวนการสันดาปในแต่ละวัฏจักรโดยหัวเทียน หัวเทียนจะคายประจุไฟฟ้าแรงสูงออกมาาระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองขั้วประกายไฟจะจุดส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ให้ลุกไหม้บริเวณรอบหัวเทียน
2. จุดระเบิดด้วยการอัด (Compression Ignition) กระบวนการสันดาปภายในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด จะเริ่มโดยการลุกไหม้ขึ้นเองของส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศจากความร้อนภายในห้องเผาไหม้

2.1.2 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์

การทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบ่งออกเป็น 4 จังหวะ ได้แก่ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะกำลังหรือขยายตัว และจังหวะคาย วัฏจักรการทำงาน 4 จังหวะ 4 จังหวะในแต่ละกระบอกสูบของเครื่องยนต์จะต้องใช้จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 4 จังหวะหรือ 2 รอบหมุนขอวเพลาช้อเหวี่ยง

1. จังหวะดูด (Intake Stroke) ลูกสูบจะเคลื่อนที่จากศูนย์ตายบนไปยังศูนย์ตายล่าง เป็นการขยายปริมาตรของห้องเผาไหม้และทำให้เกิดความดันต่ำกว่าบรรยากาศ อดีจะถูกดูดให้ไหลเข้าสู่กระบอกสูบโดยในระหว่างจังหวะดูดนี้วาล์วอดีจะเปิดและวาล์วไอเสียจะปิด
2. จังหวะอัด (Compression Stroke) หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายล่างแล้วก็จะเคลื่อนที่ขึ้นกลับไปยังศูนย์ตายบน วาล์วอดีและวาล์วไอเสียปิด อดีภายในกระบอกสูบจะลดปริมาตร ทั้งความดันและอุณหภูมิจะสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จังหวะกำลังหรือขยายตัว (Power Stroke or Expansion Stroke) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ศูนย์ตายบนในจังหวะอัด จะเกิดประกายไฟที่หัวเทียนและเริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้ไอดี ก๊าซความดันสูงในห้องเผาไหม้จะดันลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบนไปยังศูนย์ตายล่าง เป็นจังหวะที่เครื่องยนต์ให้กำลังและงาน ในระหว่างจังหวะนี้วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียจะปิด

4. จังหวะคาย (Exhaust Stroke) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ศูนย์ตายล่าง วาล์วไอเสียจะเปิดส่วนวาล์วไอดียังคงปิดอยู่ ไอเสียจะถูกไล่ออกจากกระบอกสูบหลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายล่างไปยังศูนย์ตายบน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายบนแล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ลง วาล์วไอเสียปิด และวาล์วไอดีเปิด เพื่อเริ่มต้นจังหวะดูดอีกครั้งหนึ่ง

2.1.3 ระบบหล่อเย็น

ในปัจจุบันเครื่องยนต์สันดาปภายในจะทำให้เกิดความร้อนมาก เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ผนังกระบอกสูบ ลูกสูบ วาล์ว และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ร้อนเกินไป เราจึงจำเป็นที่จะต้องกำจัดความร้อนเหล่านี้

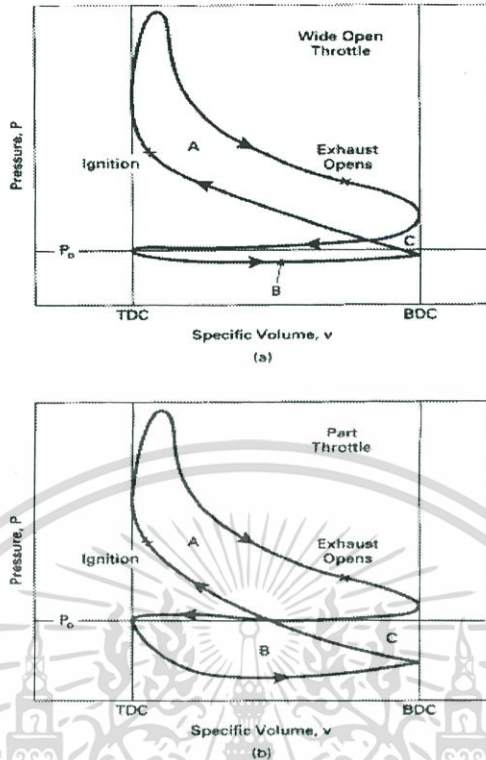
ระบบหล่อเย็นที่นิยมใช้กันมี 2 ระบบ คือ หล่อเย็นด้วยอากาศ และหล่อเย็นด้วยของเหลว

1. ระบบหล่อเย็นด้วยอากาศ (Air-Cooled) จะใช้อากาศเป็นตัวหล่อเย็นโดยให้ไหลรอบเครื่องยนต์เพื่อระบายความร้อน ในปัจจุบันเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหล่อเย็นแบบนี้จะไม่นิยมใช้กันแล้วเพราะการระบายความร้อนได้ไม่ดีเท่าระบบหล่อเย็นด้วยของเหลว อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบนี้คือ พัดลม

2. ระบบหล่อเย็นด้วยของเหลว (Liquid-Cooled) จะใช้ของเหลวเป็นสารหล่อเย็น โดยความร้อนจะถูกนำออกโดยสารหล่อเย็นที่ไหลเวียนในเครื่องยนต์ สารหล่อเย็นจะถูกปั๊มผ่านไประอบเครื่องยนต์ และหลังจากที่ดูดซับความร้อนแล้วจะไหลไปที่หม้อน้ำเพื่อระบายความร้อนสู่บรรยากาศ และไหลไปรับความร้อนมาใหม่ อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบนี้คือ พัดลม หม้อน้ำ ปั๊มน้ำ และเทอร์มอสแตต (Thermostat)

2.2 งาน

งานคือการให้พลังงานของเครื่องยนต์ความร้อน งานในเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบลูกสูบชักหรือลูกสูบเคลื่อนที่สลับทิศ ก็คืองานที่เกิดจากการขยายตัวของก๊าซในห้องเผาไหม้ งานคือผลของการกระทำของแรงผ่านระยะทาง แรงซึ่งเกิดจากความดันที่กระทำต่อลูกสูบที่กำลังเคลื่อนที่ จึงทำให้เกิดงานในเครื่องยนต์สันดาปภายใน ดังนั้นงานสัมพัทธ์ w จึงเท่ากับพื้นที่ใต้เส้นกราฟบนโคออร์ดิเนตในรูปประกอบที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กราฟ P-V ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ a) ลิ้นผีเสื้อเปิดกว้างสุด b) ลิ้นผีเสื้อเปิดส่วนเดียว [1]

ถ้า P เป็นค่าความดันในห้องเผาไหม้ และพื้นที่ในกราฟรูปประกอบที่ 2.1 จึงเป็นงานในห้องเผาไหม้ งานนี้เรียกว่า งานบ่งชี้ (indicated work) งานที่ได้จากเพลาช้อเหวี่ยง จะน้อยกว่างานบ่งชี้เสมอ เนื่องจากถูกหักล้างด้วยแรงเสียดทานของกลไกและโหลดพ่วงอื่นๆ เช่น ปั๊มน้ำมันเครื่อง ซูเปอร์ชาร์จเจอร์ คอมเพรสเซอร์ ปรับอากาศอัลเทอร์เนเตอร์ เป็นต้น งานที่เครื่องยนต์ให้ที่เพลาช้อเหวี่ยงเรียกว่า งานเพลลา (break work) ดังสมการ

$$w_b = w_i - w_f \tag{2.1}$$

- เมื่อ w_b คือ งานเพลลา
- w_i คือ งานบ่งชี้สัมพัทธ์ ซึ่งเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้
- w_f คือ งานสัมพัทธ์ ซึ่งเกิดจากแรงเสียดทานและโหลดพ่วง

พื้นที่ในช่วงบนของกราฟวัฏจักรเครื่องยนต์ในรูปประกอบที่ 2.1 คืองานที่เกิดจากจังหวะอัดและจังหวะให้กำลัง เรียกว่า งานบ่งชี้รวบยอด (gross indicated work) หรือพื้นที่ A และ C พื้นที่ในช่วงล่าง คือ

งานที่เกิดจากจังหวะดูดไอดีและคายไอดีเสีย เป็นงานที่เครื่องยนต์ใช้ไป เรียกว่า งานสูบ (pump work) ดังนั้น งานบ่งชี้สุทธิ (net indicated work) เป็นไปตามสมการ

$$W_{net} = W_{gross} + W_{pump} \quad (2.2)$$

เมื่อ W_{net} คือ งานบ่งชี้สุทธิ
 W_{gross} คือ งานบ่งชี้อัตโนมัติ
 W_{pump} คือ งานสูบ

แต่งานสูบของเครื่องยนต์ที่ไม่ได้ใช้อุปกรณ์ช่วยประจุไอดี มีค่าเป็นลบ ดังนั้น

$$w_{net} = (AreaA) - (AreaB) \quad (2.3)$$

อัตราส่วนของงานเพลลาที่เพลลาข้อเหวี่ยง ต่องานบ่งชี้ในห้องเผาไหม้ เรียกว่า ประสิทธิภาพเชิงกล (mechanical efficiency) ตามสมการ

$$\eta_m = w_b / w_i = W_b / W_i \quad (2.4)$$

เมื่อ η_m คือ ประสิทธิภาพเชิงกล

2.3 แรงบิดและกำลัง (Torque and Power)

แรงบิดคือตัวบ่งชี้ความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ เป็นผลของแรงที่กระทำต่อแขนหมุนซึ่งมีค่าความยาว จึงมีหน่วยเป็น N-m หรือ lbf-ft

แรงบิด T มีความสัมพันธ์กับงานดังนี้

$$2\pi\tau = W_b = (bmep)V_d / n \quad (2.5)$$

โดย W_b คือ งานเพลลาของการทำงาน 1 รอบ
 V_d คือ ความจุ
 n คือ จำนวนรอบต่อหนึ่งวัฏจักร
 สำหรับเครื่องยนต์วัฏจักรสี่จังหวะ ซึ่งทำงานครบวัฏจักรในสองรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\tau = (bmep)V_d / 4\pi \quad (2.6)$$

กำลัง (Power) คือ อัตรางานต่อหน่วยเวลาของเครื่องยนต์ จะได้

$$\dot{W} = (mep)A_p \bar{U}_p / 4 \quad (2.7)$$

โดย

A_p คือ พื้นที่หน้าตัดลูกสูบรวมทุกสูบ

\bar{U}_p คือ ความเร็วเฉลี่ย

กำหนดค่าจำกัดความของ กำลังเพลลา (Brake power) กำลังบ่งชี้สุทธิ (net indicated power) กำลังบ่งชี้รวบยอด (gross indicated power) กำลังสูบ (pumping power) และแม้กระทั่งกำลังเสียดทาน (friction power) ได้ ด้วยค่างานและความดันผลเฉลี่ย ดังนี้

$$\dot{W} = \eta_m \dot{W}_i \quad (2.8)$$

$$(\dot{W}_i)_{net} = (\dot{W}_i)_{gross} - (\dot{W}_i)_{pump} \quad (2.9)$$

$$\dot{W}_b = \dot{W}_i - \dot{W}_f \quad (2.10)$$

โดยมี η_m เป็นค่าประสิทธิภาพเชิงกลของเครื่องยนต์

กำลังบ่งชี้ (Indicated power) เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนกำลังเพลลา (brake power) เพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบจนถึงค่าสูงสุด แล้วลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นอีกเพราะถูกหักล้างด้วยแรงเสียดทานภายในเครื่องยนต์ซึ่งเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบ และมีค่ามากโดยเฉพาะที่รอบสูง เครื่องยนต์ของรถยนต์นั่งส่วนใหญ่มีค่ากำลังเพลลาสูงสุดที่ความเร็วรอบประมาณ 6,000 ถึง 7,000 RPM หรือประมาณ 1.5 เท่าของความเร็วรอบที่ให้แรงบิดสูงสุด

2.4 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (AIR-FUEL RATIO) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (FUEL-AIR RATIO)

พลังงาน (Q_{in}) ซึ่งถูกป้อนแก่เครื่องยนต์ ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประเภท ไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ออกซิเจนในอากาศช่วยให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้น และการเผาไหม้ดังกล่าวนี้ จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศ (ออกซิเจน) และเชื้อเพลิง ผสมกันในสัดส่วนที่พอเหมาะเท่านั้น เราจึงใช้ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (AF) และ อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ (FA) เป็นตัวแปรในการกำหนดสัดส่วน หรือความเข้มข้นของไอดี

$$AF = m_a / m_f = \dot{m}_a / \dot{m}_f \quad (2.11)$$

$$FA = m_f / m_a = \dot{m}_f / \dot{m}_a = 1 / AF \quad (2.12)$$

โดย m_a = มวลของอากาศ
 \dot{m}_a = อัตราไหลของมวลของอากาศ
 m_f = มวลของเชื้อเพลิง
 \dot{m}_f = อัตราไหลของมวลของเชื้อเพลิง

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงในอุดมคติ สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน มีค่าใกล้ 15 : 1 โดยมียานไอดียังสามารถลุกไหม้ได้ในช่วง 6 : 1 ถึง 19 : 1 อัตราส่วน AF ที่มีค่าต่ำกว่า 6 เซ็มหรือหนาเกินไป และ AF ที่มีค่าเกิน 19 ก็จางหรือบางเกินไปสำหรับการลุกไหม้ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ทั้งแบบคาร์บิวเรเตอร์และแบบหัวฉีด จึงต้องสามารถปรับอัตราป้อนเชื้อเพลิง ให้เหมาะสมกับอัตราไหลของอากาศระดับต่าง ๆ ได้ เครื่องยนต์เบนซินมักมีค่า AF ของไอดี ประมาณ 12 ถึง 18 ตามสภาวะการทำงาน (เช่น ภาระเร่ง ความเร็วคงที่ หรือขณะติดเครื่องยนต์)

ใช้อัตราส่วนสมมูล (equivalence ratio, ϕ) ในการเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศของเครื่องยนต์ (actual) กับอัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศสมมูล (stoichiometric)

$$\phi = (FA)_{act} / (FA)_{stoch} = (AF)_{stoch} / (AF)_{act} \quad (2.13)$$

2.5 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ (Special Fuel Consumption)

ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์ เป็นไปตามสมการ

$$sfc = \dot{m}_f / W \quad (2.14)$$

โดย \dot{m}_f คือ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\dot{W} คือ กำลังของเครื่องยนต์

หากใช้กำลังเพลลาในการคำนวณ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลลา (brake specific fuel consumption) จะเป็นไปตามสมการ

$$bsfc = m_f / W_b \quad (2.15)$$

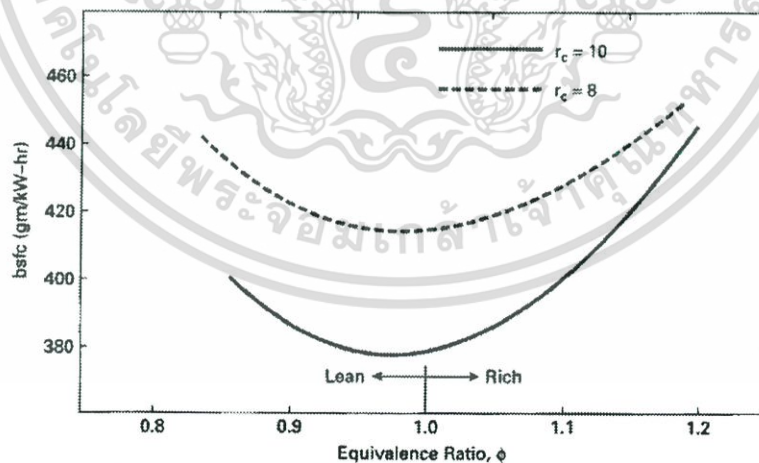
ถ้าใช้กำลังบ่งชี้ในการคำนวณ จะได้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์บ่งชี้ (indicated specific fuel consumption) เป็นไปตามสมการ

$$isfc = m_f / W_i \quad (2.16)$$

การคำนวณประสิทธิภาพเชิงกล สามารถหาได้จากสมการ

$$\eta_m = W_b / W_i = (m_f / W_i) / (m_f / W_b) = (isfc) / (bsfc) \quad (2.17)$$

โดย η_m คือ ประสิทธิภาพเชิงกลของเครื่องยนต์



รูปที่ 2.2 กราฟความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลลา [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปประกอบที่ 2.2 แสดงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลลา ซึ่งแปรตามอัตราส่วนการอัดและอัตราส่วนสมมูล โดยจะลดลงเมื่ออัตราส่วนการอัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากประสิทธิภาพความร้อน (η_r) สูงขึ้น และค่านี้จะมีค่าต่ำสุดในช่วงที่อัตราส่วนสมมูลประมาณ 1 ($\phi = 1$) และจะเพิ่มขึ้นเมื่อออกห่างจากตำแหน่งนี้ ไม่ว่าจะไปทางใดก็บางลงหรือหนาขึ้น

2.6 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (Engine Efficiencies)

2.6.1 ประสิทธิภาพความร้อน

ช่วงเวลาสำหรับการสันดาปในแต่ละวัฏจักรของเครื่องยนต์นั้นสั้นมาก ทำให้โมเลกุลของเชื้อเพลิงจึงไม่สามารถจับคู่กับโมเลกุลของออกซิเจนได้อย่างครบถ้วน และอนุกรมบางตำแหน่งไม่เอื้อให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวเสมอไปด้วย ดังนั้นเชื้อเพลิงส่วนหนึ่งจึงไม่ถูกเผาไหม้ และถูกคายออกจากเครื่องยนต์พร้อมกับไอเสีย เราจึงใช้ประสิทธิภาพการสันดาป (Combustion efficiency, η_c) ในการกำหนดสัดส่วนเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ หากเครื่องยนต์ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ในสภาวะปกติ η_c จะมีค่าระหว่าง 0.95 ถึง 0.98

สำหรับการทำงานต่อหนึ่งสูบและหนึ่งวัฏจักร ความร้อนที่ได้จากการสันดาป คือ

$$Q_m = m_f Q_{HV} \eta_c \quad (2.18)$$

ที่ความเร็วรอบและโหลดคงที่

$$Q_m = m_f Q_{HV} \eta_c \quad (2.19)$$

และประสิทธิภาพความร้อน (Thermal efficiency)

$$\eta_t = W / Q_m = W / Q_m = W / m_f Q_{HV} \eta_c \quad (2.20)$$

โดย	W	คือ งานต่อหนึ่งวัฏจักร
	\dot{W}	คือ กำลัง
	m_f	คือ มวลเชื้อเพลิงต่อหนึ่งวัฏจักร
	\dot{m}_f	คือ อัตราการไหลของมวลเชื้อเพลิง
	Q_{HV}	คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพความร้อนสามารถกำหนดได้สองแบบคือ ประสิทธิภาพความร้อนบ่งชี้โดยการใช้กำลังบ่งชี้ หรือประสิทธิภาพความร้อนเพลลาโดยการใช้กำลังเพลลาแทนค่าในสมการ (2.25) และสัดส่วนของค่าทั้งสอง คือ ประสิทธิภาพเชิงกล η_m

$$\eta_m = (\eta_i)_b / (\eta_i)_i \quad (2.21)$$

ประสิทธิภาพความร้อนบ่งชี้ของเครื่องยนต์ทั่วไปมีค่าประมาณ 50% ถึง 60% ส่วนประสิทธิภาพความร้อนเพลลาประมาณ 30% กำหนดประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิงงานจากเชื้อเพลิงดังนี้

$$\eta_f = W / m_f Q_{HV} = W / m_f Q_{HV} = 1 / (sfc) Q_{HV} \quad (2.22)$$

สามารถเขียนสมการประสิทธิภาพความร้อนสำหรับหนึ่งสูบและหนึ่งวัฏจักรได้ดังนี้

$$\eta_i = W / m_f Q_{HV} \eta_c \quad (2.23)$$

2.6.2 ประสิทธิภาพปริมาตร (Volumetric Efficiency)

กระบวนการที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง ต่อการให้กำลังและสมรรถนะของเครื่องยนต์ คือ การประจุอากาศให้เข้าสู่กระบอกสูบให้มากที่สุดในแต่ละวัฏจักร เพราะการประจุอากาศได้มากย่อมหมายถึงการที่เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ในปริมาณที่มาก และถูกแปลงเป็นกำลังของเครื่องยนต์ได้มาก การป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ง่ายกว่าการประจุอากาศมากหากเป็นไปได้ ควรให้อากาศภายใต้ความดันเท่ากับบรรยากาศภายนอกเครื่องยนต์ เข้าสู่กระบอกสูบได้เท่ากับปริมาตรกระบอกสูบ แต่ระยะเวลาในจังหวะ “ดูด” มีจำกัด และการไหลของอากาศถูกกีดขวางด้วยไส้กรองอากาศ ท่อไอดี และลิ้นไอดีจึงไม่สามารถป้อนอากาศในปริมาณดังกล่าวต่อวัฏจักรได้ ยกเว้นที่ความเร็วรอบบางตำแหน่งเท่านั้น ที่อาจประจุอากาศเข้าในกระบอกสูบได้เท่าหรือเกินกว่าค่านี้ โดยอาศัยความยาวท่อไอดีที่พอเหมาะ และปรับค่าได้โดยอัดโนมัลตี (variable intake manifold) ในรถยนต์ใหม่บางรุ่นทำให้เกิดคลื่นความดันสูงในจังหวะที่ลิ้นไอดีเปิดพอดี

ประสิทธิภาพปริมาตร (Volumetric Efficiency) เป็นไปตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$\eta_v = m_a / \rho_a V_d = n m_a / \rho_a V_d N \quad (2.24)$$

โดย m_a คือ มวลของอากาศที่เข้าสู่กระบอกสูบต่อหนึ่งหน่วยวัฏจักร

\dot{m}_a คือ อัตราไหลคงที่ของอากาศที่เข้าสู่กระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศนอกเครื่องยนต์

V_d คือ ความจุของเครื่องยนต์

N คือ ความเร็วรอบ

n คือ จำนวนรอบต่อหนึ่งวัฏจักร

หากไม่มีค่าที่เจาะจงเป็นพิเศษ เราใช้ค่ามาตรฐานของอากาศภายนอกเครื่องยนต์ดังนี้

$$P_0 (\text{มาตรฐาน}) = 101 \text{ kPa} = 14.7 \text{ psia}$$

2.7 กำลังขับเคลื่อนของเครื่องยนต์

2.7.1 กำลังขับเคลื่อนของรถยนต์

รถยนต์เคลื่อนที่ได้ต้องอาศัยกำลังจากเครื่องยนต์ซึ่งส่งผ่านระบบส่งกำลังมาถึงล้อขับเคลื่อนและอาศัยความฝืดระหว่างยางและผิวถนนทำให้เกิดแรงขับเคลื่อน รถยนต์จึงเคลื่อนที่ได้

ในขณะที่รถยนต์กำลังขับเคลื่อนอยู่นั้น จะมีแรงต้านการเคลื่อนที่และมีทิศทางสวนกับแรงขับเคลื่อน ถ้ารถยนต์เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ เช่น 60 km/h และอาศัยกฎข้อที่หนึ่งของนิวตันจะได้ว่า

$$\text{แรงขับเคลื่อน} = \text{แรงต้านทั้งหมด}$$

แต่ถ้าแรงขับเคลื่อนมากกว่าแรงต้านทั้งหมดในขณะนั้น รถยนต์จะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น เช่น เทียบคันเร่งเพิ่มน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์จะทำให้แรงขับเคลื่อนที่ล้นมากขึ้น และมากกว่าแรงต้านทั้งหมดในขณะนั้น จึงทำให้อัตราเร็วของรถเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราเร็วของรถยนต์เพิ่มขึ้นนั้นแรงต้านทั้งหมดก็จะเพิ่มตามด้วย จนในที่สุดแรงขับเคลื่อนเท่ากับแรงต้านทั้งหมดอีกครั้งหนึ่ง รถยนต์จึงวิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่อีกครั้งหนึ่ง เช่น เดิมมีอัตราเร็ว 60 km/h เพิ่มเป็น 80 km/h แต่ถ้าแรงขับเคลื่อนน้อยกว่าแรงต้านทั้งหมดในขณะนั้น รถยนต์จะมีอัตราเร็วลดลง ในขณะที่อัตราเร็วลดลงนั้น แรงต้านทั้งหมดจะลดลงด้วย จนในที่สุดแรงขับเคลื่อนเท่ากับแรงต้านทั้งหมด รถยนต์จึงวิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่ต่อไป เช่น เดิมมีอัตราเร็ว 90 km/h เมื่อถอยคันเร่งลดลง ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าเครื่องยนต์ แรงขับเคลื่อนจะลดลง รถยนต์จะวิ่งด้วยความหน่วง จนมีอัตราเร็ว 50 km/h

กำลังจากเครื่องยนต์ที่ส่งไปยังล้อขับเคลื่อนจะใช้ประโยชน์ไม่เต็มที่เพราะว่ามีบางส่วน สูญเสียไปในระบบส่งกำลัง เรียกว่า การสูญเสียในการส่งกำลัง (Transmission Losses) กำลังส่วนที่เหลือที่ล้อขับเคลื่อนจะใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านต่างๆ เพื่อให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้ แรงต้านเหล่านั้นได้แก่

1. แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling Resistance)
2. แรงต้านอากาศ (Air Resistance)
3. แรงต้านทางชัน (Gradient Resistance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในขณะที่เร่งเครื่องยนต์ กำลังบางส่วนต้องสูญเสียไปเพื่อเอาชนะความเฉื่อยของรถยนต์ เรียกว่า แรงต้านความเฉื่อย (Inertia Resistance)

2.7.2 การสูญเสียในการส่งกำลัง

กำลังจากเครื่องยนต์ส่งผ่านคลัตช์ ห้องส่งกำลัง ข้อต่ออ่อน เพลากลาง เฟืองท้าย ดิฟเฟอเรนเชียล และเพลาหลัง จนถึงขับเคลื่อนล้อ กำลังที่ล้อขับเคลื่อนจะน้อยกว่ากำลังของเครื่องยนต์ เนื่องจากมีกำลังบางส่วนสูญเสียไปในระบบส่งกำลังดังกล่าว สาเหตุของการสูญเสียกำลังเนื่องมาจาก

1. ความฝืดของส่วนต่างๆ ที่หมุน เช่น ที่แบริ่งและที่ฟันเฟือง
2. ความหนืดของน้ำมันในห้องส่งกำลังและเฟืองท้าย
3. แรงต้านอากาศในขณะที่ขึ้นส่วนต่างๆ กำลังหมุน

การสูญเสียในการส่งกำลังโดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 15-20 % ที่เกียร์ต่ำ และประมาณ 10 % ที่เกียร์สูงสุดหรืออาจกล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพส่งกำลัง (Transmission Efficiency) ประมาณ 90% ที่เกียร์สูงสุด

2.7.3 แรงต้านการหมุนของล้อ

กำลังจากเครื่องยนต์ที่ล้อขับเคลื่อนจะถูกใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านการหมุนของล้อ การหาแรงต้านการหมุนของล้ออาจทำได้ดังนี้ ออกแรงดันรถยนต์ให้เคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วคงที่ค่าหนึ่งโดยใส่เกียร์ว่าง แรงที่ใช้ในการดันรถยนต์จะมีค่าเท่ากับแรงต้านการหมุนของล้อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

1. สภาพของผิวถนน เช่น ถนนขรุขระหรือเรียบ แรงต้านการหมุนของล้อจะน้อยถ้าถนนเรียบและจะมากถ้าผิวถนนขรุขระเป็นหลุมเป็นบ่อหรือสิ่งกีดขวางบนถนน
 2. สภาพของยางและความดันลมในยาง ตลอดจนรูปทรงของยาง ยางที่มีดอกละเอียดหรือดอกยางลึกจนเรียบจะมีแรงต้านการหมุนของล้อน้อยกว่าดอกยางหยาบ แรงดันของล้อจะเพิ่มขึ้นถ้าความดันลมในยางต่ำกว่าที่กำหนด และยางที่มีเส้นศูนย์กลางโตจะมีแรงต้านการหมุนของล้อน้อยกว่ายางที่มีเส้นศูนย์กลางเล็ก
 3. น้ำหนักของรถยนต์ โดยทั่วไปแรงต้านการหมุนของล้อจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักของรถยนต์เพิ่มขึ้น
 4. อัตราเร็วของรถยนต์ แรงต้านการหมุนของล้อจะเพิ่มขึ้นถ้าอัตราเร็วของรถยนต์เพิ่มขึ้น
- แรงต้านการหมุนของล้อสามารถหาได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$R_r = K_r W \quad (2.25)$$

เมื่อ R_r คือ แรงต้านการหมุนของล้อ , N
 K_r คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W คือ น้ำหนักของรถยนต์, N

ค่าของ K_r มีค่าต่าง ๆ กันตามสภาพของผิวถนนดังนี้

K_r คือ 0.0095 สำหรับถนนที่เรียบมาก

K_r คือ 0.18 สำหรับถนนที่เป็นทราย

K_r คือ 0.015 สำหรับค่าเฉลี่ยที่ใช้กันทั่วไป

ทั้งนี้เนื่องจากอัตราเร็วของรถยนต์มีผลต่อแรงต้านการหมุนของล้อ จึงมักนิยมใช้สูตรต่อไปนี้สำหรับหาค่า K_r

$$K_r = 0.015 + 0.00016v \quad (2.26)$$

เมื่อ v คือ อัตราเร็วของรถยนต์, km/h

2.7.4 แรงต้านอากาศ

กำลังจากเครื่องยนต์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนส่วนมากใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อัตราเร็วสูงๆ แรงต้านอากาศจะเกิดขึ้นเมื่อรถยนต์มีการเคลื่อนที่และจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับรูปทรงอัตราเร็ว และพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์

รถยนต์ปัจจุบันมักออกแบบให้ลู่ลมตามหลักอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) เพื่อลดแรงต้านอากาศและทำให้อัตราเร็วสูงสุดของรถยนต์เพิ่มขึ้น ตลอดจนช่วยประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ในบางครั้งต้องออกแบบให้รถยนต์ใช้งานได้สะดวกสบายซึ่งมีความจำเป็นมากกว่าการลดแรงต้านอากาศ รถยนต์พวกนี้มักมีรูปทรงด้านลมจึงทำให้แรงต้านอากาศสูงมากรถยนต์เหล่านี้ได้แก่ รถเมล์ รถตู้ และรถบรรทุก

แรงต้านอากาศที่เกิดขึ้นในขณะที่รถยนต์กำลังเคลื่อนที่นั้นมาจากความแตกต่างระหว่างความดันด้านหน้ากับด้านหลังรถยนต์และแรงดูดที่เกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสของรถยนต์กับอากาศ

การเคลื่อนไหวของอากาศผ่านรถยนต์ในขณะที่รถยนต์เคลื่อนที่นั้น บริเวณท้ายรถยนต์จะมีอากาศหมุนซึ่งมีความเร็วสูงกว่าอากาศบริเวณหน้ารถยนต์ ดังนั้นความดันอากาศบริเวณท้ายรถยนต์จึงต่ำกว่าอากาศบริเวณหน้ารถยนต์ จึงเกิดความแตกต่างของความดันซึ่งทำให้เกิดแรงต้านอากาศขึ้น

ดังนั้นในการออกแบบรูปทรงของรถยนต์ เพื่อลดแรงต้านอากาศจะต้องพยายามลดอากาศหมุนบริเวณท้ายรถยนต์ให้เหลือน้อยที่สุด จากการทดสอบวัตถุรูปทรงต่างๆ เพื่อหาแรงต้านอากาศ พบว่า วัตถุที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันแต่รูปทรงต่างกัน จะมีแรงต้านอากาศไม่เท่ากัน เช่น แท่งทรงกระบอก ทรงกลม ทรงหยดน้ำ

วัตถุทรงหยดน้ำที่ยาวเกินไปถึงแม้จะลดอากาศหมุนจนเหลือน้อยมากก็ตามแต่จะเพิ่มแรงดูดที่เกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสของทรงหยดน้ำกับอากาศ ทำให้แรงต้านอากาศรวมเพิ่มขึ้น แต่วัตถุทรงหยดน้ำที่สั้นเกินไปจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีอากาศหมุนบริเวณส่วนท้ายมาก ถึงแม้ว่าแรงดูดที่บริเวณผิวสัมผัสจะน้อยก็ตาม แต่แรงต้านอากาศรวมจะเพิ่มขึ้น ค่าที่เหมาะสมสำหรับวัตถุทรงหยดน้ำที่ให้แรงต้านอากาศน้อยที่สุด คือ $a/b = 1/2.5$
สูตรที่ใช้คำนวณเพื่อหาแรงต้านอากาศ คือ

$$R_a = \frac{1}{2} C_D \rho A v^2 \quad (2.27)$$

เมื่อ R_a คือ แรงต้านอากาศ, N

C_D คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ

ρ คือ ความหนาแน่นอากาศ, kg/m^3

A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวถังรถ, m^2

จากการทดลองพบว่าค่า K_a ขึ้นอยู่กับรูปทรงของรถยนต์ที่ออกแบบ ถ้าออกแบบได้ลู่ลม ค่า K_a ก็ค่าน้อย แต่ถ้าด้านลมค่า K_a ก็จะมีค่า ค่า K_a ที่นิยมใช้กันมีดังนี้

K_a คือ 0.023 สำหรับรถยนต์ที่ออกแบบดีมา

K_a คือ 0.031 สำหรับรถยนต์ทั่วไป

K_a คือ 0.045 สำหรับรถบรรทุกหรือรถเมล์

ความกว้างของรถยนต์วัดจากขอบตัวถังด้านซ้ายไปยังตัวถังด้านขวา ความสูงของรถยนต์วัดจากพื้นถนนถึงจุดสูงสุดของหลังคารถยนต์

สำหรับอัตราเร็วรถยนต์ที่ใช้ในสูตรสำหรับการหา R_a นั้น ถ้ามีอัตราเร็วลมเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ลมขวาง ลมตามลม จะต้องนำอัตราเร็วลมมาคิดในสูตรด้วย ดังนี้

รถยนต์วิ่งสวนลมใช้ $v = \text{อัตราเร็วรถยนต์} + \text{อัตราเร็วลม}$

รถยนต์วิ่งตามลมใช้ $v = \text{อัตราเร็วรถยนต์} - \text{อัตราเร็วลม}$

รถยนต์วิ่งในลมสงบใช้ $v = \text{อัตราเร็วรถยนต์}$

แรงต้านอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างมากที่อัตราเร็วสูงๆ แรงต้านอากาศจึงเป็นตัวการสำคัญอย่างยิ่งในการจำกัดอัตราเร็วสูงสุดของรถยนต์ ดังนั้นเพื่อลดแรงต้านอากาศให้น้อยลงจึงต้องพยายามลดค่า K_a ในขณะที่พื้นที่หน้าตัดเท่ากัน ค่า K_a จะลดลงก็ต่อเมื่อรูปทรงของรถยนต์ต้องลู่ลมตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

2.7.5 แรงต้านทางชัน

ในขณะที่รถยนต์วิ่งขึ้นทางชัน กำลังจากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าบางส่วนต้องถูกใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านทางชัน ทำให้เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าต้องทำงานหนักมากขึ้นกว่าวิ่งบนถนนระดับเต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางกลับกันรถยนต์วิ่งลงทางลาด เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำงานเบาขึ้นเพราะมีแรงเสียดทาน เนื่องจากน้ำหนักรถยนต์ทำให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้เอง

แรงต้านทางชันเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1. น้ำหนักรถยนต์
2. ความชันของถนน

น้ำหนัก W ของรถยนต์ สามารถแตกออกเป็นสองแนวตามรูป ได้แก่ $W \sin \theta$ และ $W \cos \theta$ แรงต้านทางชันเกิดจากค่า

$$R_g = W \sin \theta \quad (2.28)$$

ในกรณีที่ มีค่าน้อยกว่า(น้อยกว่า 20°) จะได้ค่า $\tan \theta = \sin \theta$

และให้ $G = \% \text{ ความชัน} = \tan \theta \times 100$

ดังนั้น

$$R_g = \frac{WG}{100} \quad (2.29)$$

เมื่อ R_g คือ แรงต้านทางชัน, N

W คือ น้ำหนักรถยนต์, N

G คือ ความชัน, %

แรงต้านทางชันมีค่าคงที่สม่ำเสมอเท่าที่น้ำหนักรถยนต์และความชันของถนนไม่เปลี่ยนแปลง

เมื่อเขียนกราฟระหว่างแรงต้านทางชันกับอัตราเร็วรถยนต์จะได้กราฟเส้นตรง

เมื่อรวมแรงต้านการหมุนของล้อ แรงต้านอากาศ และแรงต้านทางชัน จะได้แรงต้านทั้งหมดของรถยนต์ในขณะที่กำลังวิ่งขึ้นทางชัน (ถ้ารถยนต์วิ่งบนถนนระดับแรงต้านจะมีเพียงแรงต้านการหมุนของล้อและแรงต้านอากาศ) ดังนั้นจะได้

$$R_t = R_r + R_a + R_g \quad (2.30)$$

เมื่อ R_t คือ แรงต้านทั้งหมด, N

R_r คือ แรงต้านการหมุนของล้อ, N

R_a คือ แรงต้านอากาศ, N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_g คือ แรงต้านทางชั้น,N

2.7.6 แรงขับเคลื่อน

ในขณะที่รถยนต์กำลังวิ่งด้วยอัตราเร็วใดๆ เครื่องยนต์จะต้องส่งกำลังขับเคลื่อนไปยังล้อขับเคลื่อน แรงขับเคลื่อนที่ล้อจะต้องเท่ากับแรงต้านทั้งหมดในขณะนั้น เพื่อรักษาอัตราเร็วรถยนต์ให้คงที่ แรงขับเคลื่อนจะเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนน ดังนั้นสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างยางกับถนนต้องสูงมากพอที่จะไม่ทำให้เกิดการลื่นไถลบริเวณผิวสัมผัส

แรงขับเคลื่อนที่ล้อสามารถหาได้จากกำลังของเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า หรือในทางกลับกันก็สามารถหากำลังเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าได้จากแรงขับเคลื่อนที่ล้อ โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้ากับแรงบิดใช้สูตร

$$P_e = 2\pi N \tau_e \quad (2.31)$$

เมื่อ P_e คือ กำลังเครื่องยนต์,W

π คือ 3.414

N คือ อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ ,rpm

τ_e คือ แรงบิดเครื่องยนต์,N.m

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่ล้อขับเคลื่อนกับแรงบิดเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าใช้สูตร
อัตราเฟืองทดท้าย

$$\tau_w = \frac{\eta i_g i_f \tau_e}{100} \quad (2.32)$$

เมื่อ τ_w คือ แรงบิดที่ล้อ,N.m

η คือ ประสิทธิภาพการส่งกำลัง,%

i_g คือ อัตราเฟืองทดเกียร์

i_f คือ อัตราเฟืองทดท้าย

τ_e คือ แรงบิดเครื่องยนต์,N.m

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงขับเคลื่อนและแรงบิดที่ล้อใช้สูตร

$$F = \frac{\tau_w}{r} \quad (2.33)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ F คือ แรงขับเคลื่อน, N
 τ_w คือ แรงบิดที่ล้อ, N.m
 r คือ รัศมีของยางที่ล้อขับเคลื่อน, m

จากสมการใน บท 2 จะได้แรงขับเคลื่อนที่ดังนี้

$$F = \frac{\eta_i i_g i_f \tau_e}{100r} = \frac{\eta_i i_o \tau_e}{100r} \quad (2.34)$$

เมื่อ $i_o = i_g \cdot i_f$ คือ อัตราทดเฟืองทั้งหมด

2.7.7 กำลังขับเคลื่อนของเครื่องยนต์

เมื่อคำนวณแรงต้านทั้งหมดของรถยนต์ได้แล้ว แรงขับเคลื่อนจะต้องมีค่าเท่ากับแรงต้านทั้งหมดเพื่อรักษาอัตราเร็วรถยนต์ให้คงที่ ดังนั้นกำลังขับเคลื่อนที่ล้อในขณะที่รถยนต์มีอัตราเร็ว $= v$ หาได้จากสูตร

$$P_w = \frac{Fv}{3.6} \quad (2.35)$$

และกำลังเครื่องยนต์ในขณะนั้นคำนวณได้จาก

$$P_e = \frac{100P_w}{\eta_i} = \frac{1000FV}{3.6\eta_i} \quad (2.36)$$

เมื่อ P_w คือ กำลังขับเคลื่อนที่ล้อ, W
 F คือ แรงขับเคลื่อน , N
 V คือ อัตราเร็วรถยนต์, km/h
 P_e คือ กำลังเครื่องยนต์, W
 η_i คือ ประสิทธิภาพการส่งกำลัง, %

2.8 การจุดระเบิดของเครื่องยนต์แบบ HCCI [2]

การจุดระเบิดด้วยการอัดประจุเป็นเนื้อเดียวกัน (HCCI) เป็นรูปแบบหนึ่งของการเผาไหม้ภายในซึ่งเชื้อเพลิงและสารออกซิไดเซอร์ (โดยทั่วไปคืออากาศ) จะถูกบีบอัดจนถึงจุดที่เกิดการเผาไหม้อัตโนมัติ เช่นเดียวกับการเผาไหม้ในรูปแบบอื่น ๆ ปฏิริยาความร้อนนี้จะปล่อยพลังงานที่สามารถเปลี่ยนในเครื่องยนต์ให้เป็นงานและความร้อน HCCI ผสมผสานคุณสมบัติของเครื่องยนต์เบนซินธรรมดาและเครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์เบนซินรวมประจุเป็นเนื้อเดียวกัน (HC) กับการจุดประกายประกายไฟ (SI) ย่อว่า HCSI เครื่องยนต์ดีเซลรวมประจุแบบแบ่งชั้น (SC) เข้ากับการจุดระเบิดของการอัด (CI) ย่อว่า SCCI เช่นเดียวกับใน HCSI, HCCI จะทำการฉีดเชื้อเพลิงในช่วงจังหวะการบริโภค อย่างไรก็ตามแทนที่จะใช้การคายประจุไฟฟ้า (ประกายไฟ) เพื่อจุดไฟส่วนหนึ่งของส่วนผสมนั้น HCCI จะเพิ่มความหนาแน่นและอุณหภูมิโดยการบีบอัดจนกระทั่งส่วนผสมทั้งหมดตอบสนองตามธรรมชาติ

การจุดระเบิดของการอัดประจุแบบแบ่งชั้นยังขึ้นกับอุณหภูมิและความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการบีบอัด อย่างไรก็ตามมันจะฉีดเชื้อเพลิงในภายหลังในระหว่างจังหวะการบีบอัด การเผาไหม้เกิดขึ้นที่ขอบเขตของเชื้อเพลิงและอากาศทำให้เกิดการปล่อยมลพิษที่สูงขึ้น แต่การเผาไหม้แบบเพรียวบางและสูงกว่าจะทำให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น การควบคุม HCCI ต้องการการควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์และความเข้าใจทางกายภาพของกระบวนการจุดระเบิด HCCI ออกแบบให้มีการปล่อยไอเสียเหมือนเครื่องยนต์เบนซินที่มีประสิทธิภาพเหมือนกับเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ HCCI บรรลุการปล่อยก๊าซไนโตรเจนระดับต่ำมาก (NOx) โดยไม่มีตัวเร่งปฏิริยาไฮโดรคาร์บอน (เชื้อเพลิงและน้ำมันที่ไม่ได้เผาไหม้) และการปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ยังคงต้องได้รับการบำบัดเพื่อให้เป็นไปตามข้อบังคับการควบคุมการปล่อยมลพิษของรถยนต์ การวิจัยล่าสุดแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงไฮบริดที่รวมปฏิริยาต่าง ๆ (เช่นน้ำมันเบนซินและดีเซล) สามารถช่วยควบคุมการจุดระเบิด HCCI และอัตราการเผาไหม้ RCCI หรือการเกิดปฏิริยาการเผาไหม้ที่ถูกบีบอัดควบคุมได้รับการแสดงเพื่อให้เห็นการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพสูงปล่อยมลพิษต่ำในช่วงโหลดกว้างและความเร็ว ระบบ HCCI นี้มีประสิทธิภาพสูงด้วยความช่วยเหลือของเครื่องยนต์ลูกสูบฟรี

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

แนวโน้มของการใช้งานและการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันมีสูงขึ้น ซึ่งรถยนต์ไฟฟ้ามีข้อดีหลายอย่าง เช่นสามารถลดปัญหามลพิษที่เกิดจากรถยนต์ไฟฟ้าโดยตรง อีกทั้งยังเป็นพลังงานที่สะอาดทั้งยังให้ประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องยนต์สันดาปภายใน เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานออกไปจากระบบน้อยกว่า ทั้งนี้ในปัจจุบัน อุปสรรคหลักของการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าคือการที่มีสถานีชาร์จไฟฟ้าที่ไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย ดังนั้นแนวโน้มของการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าในแง่หนึ่งคือการพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กเพื่อเป็นแหล่งต้นกำลังอีกแหล่งหนึ่งยามที่ความจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้าเหลือน้อย โดยการกำหนดให้เครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กที่ติดตั้งภายในรถยนต์ไฟฟ้านี้ มีหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ส่งพลังงานไปยังแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า หรือเรียกขานกันว่า ระบบไฮบริดแบบอนุกรม ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์ขนาดเล็กเพื่อให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับรถยนต์ต้นแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดเป็นวัตถุประสงค์ของการดำเนินการ สำหรับรายละเอียดและการทำงานของรถที่เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สันดาปภายในจะอธิบายดังต่อไปนี้

3.1 การเปรียบเทียบรถยนต์ไฟฟ้าในท้องตลาดที่มีระบบไฮบริด

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบรถยนต์ไฟฟ้าระบบไฮบริด

List of plug-in hybrid car			
Model name	Nissan Note EV	BMW i3 EV Rex	Chevrolet volt Premier EV
Engine	1198 cc 3 cyl	647 cc 2 cyl	1398 cc 4 cyl
Power provide	58.1 kW,73 kW with supercharg	25 kW	63 kW
Engine speed	6000 rpm,5600 rpm	4300 rpm	4800 rpm
compression ratio		12	10.6 10.5
battery capacity	1.5 kWh	33 kWh	18.4 kWh
fuel consumption	16.95 km/L (urban) 25 km/L (ext)	15.625 km/L under EPA ratings	15.73 km/L (EPA, gas only)

การเปรียบเทียบรถยนต์ไฟฟ้าที่มีระบบไฮบริดพบว่าจะมีแนวโน้มที่ ขนาดของเครื่องยนต์มีขนาดเล็กลงและมีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง ในขณะที่อัตราส่วนกำลังอัดถือว่าปกติสำหรับรถยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟโดยทั่วไป รวมทั้งอัตราการบริโภคน้ำมันที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับรถยนต์หรือยานพาหนะโดยทั่วไป ทั้งนี้ ข้อมูลที่นำเสนออีกเพื่อเป็นการดูแนวโน้มของตลาดโลกในเรื่องของการใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน

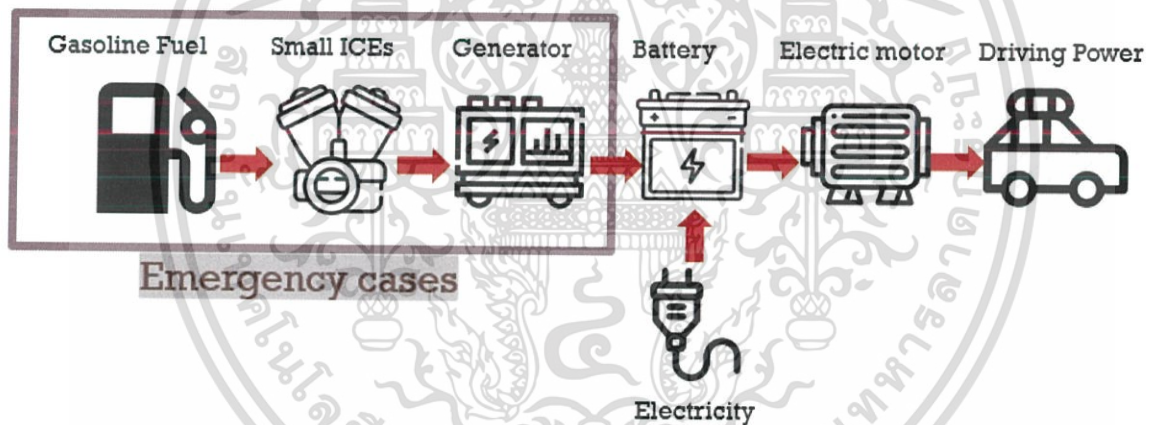
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในอนาคต

เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่เป็นทางเลือกมากกว่า ซึ่งพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่สะอาด มีมลพิษน้อยกว่าและมีประสิทธิภาพเนื่องจากการสูญเสียไปกับระบบที่น้อยกว่า แต่การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลยังคงมีความจำเป็นอยู่ เนื่องจากรถยนต์ไฟฟ้ามีข้อจำกัดอยู่หลายอย่าง โดยเฉพาะข้อจำกัดด้านการชาร์จไฟฟ้า หรือกักเก็บพลังงานเพื่อใช้ ดังนั้นแนวโน้มในอนาคตของรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจึงต้องมีขนาดเล็กลง แต่ให้ประสิทธิภาพที่สูงขึ้น จะเห็นได้จากค่ายรถยนต์บางค่าย ได้ออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าที่มีการติดตั้งเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กมาปรับใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อป้อนไปยังแบตเตอรี่โดยเฉพาะ ดังนี้

3.2.1 เครื่องยนต์ E-POWER [3]

NISSAN NOTE เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่มีการนำเครื่องยนต์ e-Power มาใช้ สำหรับเครื่องยนต์ e-Power นั้นจะแตกต่างจากเครื่องยนต์ Hybrid แบบอื่น ๆ ที่ทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องยนต์สันดาปภายใน และมอเตอร์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน เพราะ e-Power จะใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในการปั่นไฟไปที่แบตเตอรี่ ก่อนที่มอเตอร์จะดึงไฟฟ้าในนั้นไปขับเคลื่อนรถยนต์ หรือเครื่องยนต์เดิมๆ มีหน้าที่ปั่นไฟเท่านั้น



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ E-POWER

โดยเครื่องยนต์ e-Power ในรถ NISSAN NOTE นี้มีขนาดเครื่องยนต์ 1200 ซีซี 3 สูบเรียงและมีการติดตั้งซูเปอร์ชาร์จเจอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ให้สูงมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเลือกใช้นขนาดของเครื่องยนต์ที่เล็กลงมาจากรถยนต์ในท้องตลาดทั่วไป

3.2.2 เครื่องยนต์ REx [4]

ในรถยนต์ BMW i3 นั้นจะมีตัวเลือกช่วงขยายเพื่อเพิ่มระยะทางในการขับที่หรือที่เรียกว่าเครื่องยนต์ REx ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการเพิ่มระยะทางการขับขี่ ทั้งนี้เครื่องยนต์ REx มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์ e-Power คือเป็นเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้าไปที่แบตเตอรี่เพียงเท่านั้น โดยมีได้มีการใช้ขับเคลื่อนยานพาหนะโดยตรงแต่อย่างใด

เครื่องยนต์ REx นั้นเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กที่มีขนาด 647 ซีซี 2 สูบเรียง ซึ่งจะเห็นได้ว่า เครื่องยนต์ REx นี้มีขนาดเล็กและให้ประสิทธิภาพสูง ซึ่งเป็นไปมีแนวโน้มของเครื่องยนต์ที่ใช้พลังงานฟอสซิลในขณะนี้ และในอนาคต

3.2.3 เครื่องยนต์ Skyactive X [5]

Skyactiv X เป็นการรวบรวมข้อดีของเครื่องยนต์เบนซินที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟสามารถทำงานในรอบสูงรวมถึงปล่อยมลพิษต่ำ ผสมผสานกับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้การจุดระเบิดด้วยกำลังอัด ทำให้เครื่องยนต์ตอบสนองได้ดี ประหยัดเชื้อเพลิงและปล่อยมลพิษไม่มาก หลังจากเครื่องยนต์ Skyactiv-G และ Skyactiv-D ถูกเปิดตัวเมื่อปี 2012 ปัจจุบัน การพัฒนาเครื่องยนต์เบนซินรุ่นที่ 3 ซึ่งถูกเรียกว่า Skyactiv X จะเริ่มต้นการใช้งานในรถยนต์รุ่นใหม่ของ Mazda นับต่อจากนี้อีกไม่เกิน 2 ปี

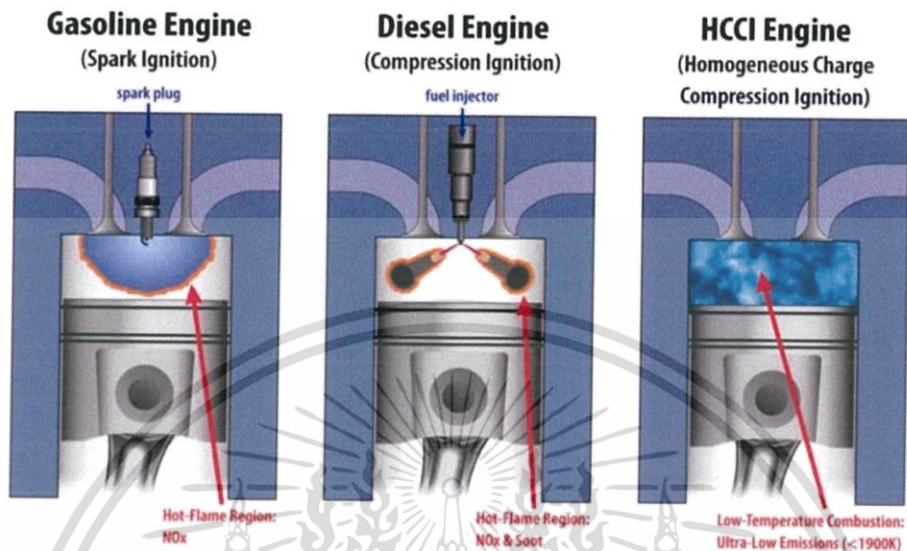
เป้าหมายของเทคโนโลยีระบบขับเคลื่อนแบบใหม่ใน Mazda Mazda ได้ศึกษาค้นคว้าเครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้แบบพื้นฐานมานานแล้ว ในส่วนของเครื่องยนต์ Skyactiv-G ซึ่งเป็นเครื่องยนต์เบนซินนั้น ประสิทธิภาพของการเผาไหม้ที่เพิ่มขึ้นจากการปรับอัตราส่วนกำลังอัด ขณะเดียวกัน การสูญเสียพลังงานจากการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นในโซนของการถ่ายเทความร้อนไปยังผนังของห้องเผาไหม้ถูกปรับให้อุณหภูมิลดลงโดยการควบคุมของระบบหล่อเย็น การสูญเสียพลังงานจากการบีบในจังหวะดูดและจังหวะของการคาย รวมถึงแรงต้านทานเชิงกลที่ลดลงจากวัฏจักร Miller

ในเครื่องยนต์ Skyactiv X มีความพยายามของวิศวกรในการปรับเพิ่มอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง โดยทำให้เกิดการเผาไหม้ที่น้อยลงด้วยส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่บางลงกว่าเดิม ทำให้มีการเผาไหม้ของอากาศในปริมาณที่มากขึ้น อัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับการจุดระเบิดคือ 14.0:1 การสร้างอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัวทำให้อากาศไปเพิ่มอัตราส่วนของความร้อนจำเพาะให้สูงขึ้น ลดอุณหภูมิของก๊าซเผาไหม้ ในทางกลับกัน เป็นการลดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการระบายความร้อน การออกแบบโดยนำอากาศเข้าเครื่องยนต์ในปริมาณที่มากขึ้นเป็นการลดการสูญเสียจากการเปิดของลิ้นเร่ง ช่วยทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงได้มากขึ้น

ปัญหาของการเผาไหม้จุดระเบิด หากมีส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่บางเกินไปมีแนวโน้มที่จะเกิดการไม่เสถียร เพื่อแก้ปัญหานี้ ต้องใช้การเผาไหม้โดยการอัดในสภาวะอุณหภูมิและแรงดันสูง หมายความว่าเครื่องยนต์ดังกล่าวจะต้องมีระบบจุดระเบิดด้วยการอัดที่ใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล ในการพัฒนาเครื่องยนต์ Skyactiv-X วิศวกรของ Mazda ปรับแก้ปัจจัย 7 ประการเพื่อควบคุมให้เกิดการเผาไหม้ด้วยอัตราส่วนของเชื้อเพลิงที่บางลง รวมถึงอัตราส่วนกำลังอัดที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้สภาวะอุณหภูมิสูงและแรงดันสูงตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะของการเผาไหม้ใกล้กับจุดศูนย์ตายบน (พบได้ในระบบจุดระเบิดด้วยการอัด) และช่วงเวลาการเผาไหม้ที่ทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ไปพร้อมๆ กัน



รูปที่ 3.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แบบต่าง ๆ [5]

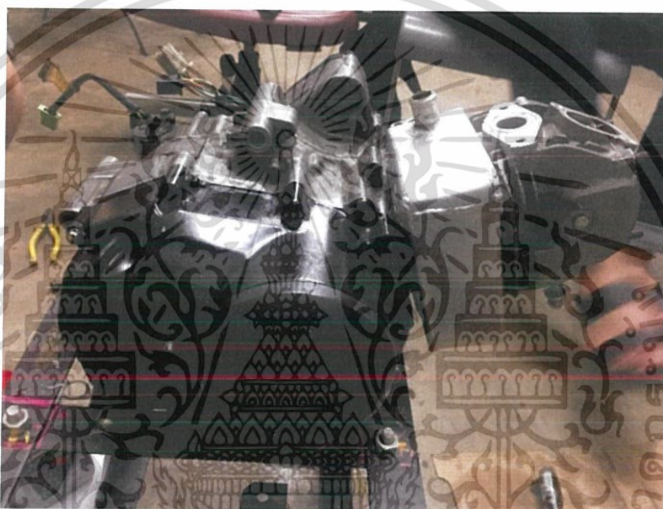
แนวคิดที่สนับสนุนการจุดระเบิดด้วยกำลังอัดในเครื่องยนต์เบนซินคือการจุดระเบิดด้วยการอัดส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (HCCI) เมื่อมีการใช้หัวเทียนสำหรับระบบจุดระเบิด การเผาไหม้จะแพร่กระจายออกไปจากจุดกำเนิดของประกายไฟ ส่งผลให้ความเร็วในการเผาไหม้ช้าลง นอกจากนี้ ถ้าส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงบางลง (อากาศมากขึ้น) เปลวไฟที่สร้างขึ้นจากหัวเทียนจะไม่แพร่กระจายไปทั่วห้องเผาไหม้ อย่างไรก็ตาม หากเป็นการจุดระเบิดด้วยการอัดเชื้อเพลิงทั้งหมดในห้องเผาไหม้จะเกิดการเผาไหม้ไปพร้อมๆ กัน ส่งผลให้ความเร็วในการเผาไหม้สูงขึ้น หมายความว่า ส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่บางลงก็สามารถทำให้เกิดการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพได้

HCCI หรือ Homogeneous Charge Compression Ignition ยังไม่ถึงจุดที่สามารถใช้งานในเชิงพาณิชย์เนื่องจากสามารถใช้ได้ในช่วงความเร็วรอบต่ำและในช่วงสภาวะของเครื่องยนต์ที่รับโหลดไม่มาก แม้ช่วงเวลาเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงไป ขึ้นอยู่กับสภาพการขับขี่ นอกจากนี้ ยังมีข้อจำกัดที่ HCCI สามารถเกิดขึ้น ทำให้ยากที่จะบรรลุถึงการสลับสับเปลี่ยนระหว่างการจุดระเบิดด้วยประกายไฟจากหัวเทียนแบบเก่าด้วยประกายไฟและการจุดระเบิดที่เกิดขึ้นจากกำลังอัดซึ่งจะเข้ามาแทนที่เครื่องยนต์รุ่นเก่าในอดีตจนถึงขณะนี้ การแก้ปัญหาเชิงกลจำเป็นจะต้องเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัด ปรับเปลี่ยนโครงสร้างห้องเผาไหม้ที่มีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้นด้วยการเพิ่มการควบคุมที่มีความแม่นยำสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์รุ่น AFS125KSFH TH ระบบจ่ายน้ำมันหัวฉีด PGM-FI 4 จังหวะ แบบซิงเกิ้ลโอเวอร์เฮดแคมชาฟท์ ระบายความร้อนอากาศ ที่มีขนาดปริมาตรกระบอกสูบ 124.8 ซีซี ความกว้างกระบอกสูบ X ช่วงชัก คือ 52.4 X 57.9 มิลลิเมตร อัตราส่วนกำลังอัด 9.3 : 1 โดยมีระบบคลัทช์เปียกแบบหลายแผ่นซ้อนกัน ระบบส่งกำลังเป็นระบบเกียร์วัน 4 ระดับ ระบบจุดระเบิด เป็นระบบที่ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องยนต์เดิมใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นเบนซินไร้สารตะกั่วหรือน้ำมันแก๊สโซลีนออกเทน 95 หรือออกเทน 91 ที่มีส่วนผสมของเอทิลแอลกอฮอล์ไม่เกิน 20% [6]



รูปที่ 3.3 เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง

เหตุผลที่เลือกใช้เครื่องยนต์นี้เพราะได้รับการสนับสนุนจากทางสถาบันรวมทั้งเป็นเครื่องยนต์ที่มีอะไหล่ที่หาง่าย จึงง่ายต่อการปรับแต่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ อีกทั้งเป็นเครื่องยนต์ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบาจึงเข้ากับวัตถุประสงค์ของการศึกษา อีกทั้งยังสามารถควบคุมปริมาณของงานวิจัยไม่ให้สูงจนเกินไป

3.4 น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง[7]

E85 เป็นตัวย่อโดยทั่วไปหมายถึงส่วนผสมของเชื้อเพลิงเอทานอลที่มีส่วนผสมของเอทานอล 85% และน้ำมันเบนซิน 15% หรือไฮโดรคาร์บอนอื่น ๆ ตามปริมาณ ในสหรัฐอเมริกาอัตราส่วนเอทานอลเชื้อเพลิงต่อไฮโดรคาร์บอนอาจแตกต่างกันตาม ASTM 5798 ซึ่งระบุปริมาณเอทานอลที่อนุญาตใน E85 ตั้งแต่ 51% ถึง 83% นี่เป็นเพราะค่าความร้อนที่ต่ำกว่าของเอทานอลที่เรียบริ้อยทำให้เครื่องยนต์หมุนได้ยากในสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศที่เย็นจัดโดยไม่ต้องผ่านอากาศร้อนล่วงหน้าหมุนเร็วขึ้นหรือผสมเศษส่วนของน้ำมันเบนซินตามสภาพอากาศ cranking เย็นในภูมิภาคอากาศเย็นเป็นเหตุผลหลักที่เชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับน้ำมันเบนซินใด ๆ ในบราซิลเชื้อเพลิงเอทานอลนั้นเรียบบร้อยที่ปั๊มดั่งนั้นยานพาหนะเชื้อเพลิงที่มีความยืดหยุ่น (FFV) รวมถึงรถบรรทุกแทรกเตอร์รถมอเตอร์ไซด์และรถจักรยานยนต์ที่วิ่งบน E100 โดยทั่วไปเศษส่วน 85% จะขายที่เครื่องสูบน้ำทั่วโลก (นอกสหรัฐอเมริกา) และเมื่อจำหน่ายหรือขายแบบเฉพาะเป็น E85 นั้นจะมีเอทานอล 85% เสมอ (ที่ปั๊มหรือในถัง) การมีสัดส่วนเอทานอลที่รับประกันนั้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับระบบยานพาหนะในการคำนวณการปรับแต่งเครื่องยนต์ที่ดีที่สุดตามประสิทธิภาพและการประหยัดสูงสุด ในประเทศเช่นออสเตรเลียที่ E85 นั้นมีเอทานอล 85% อยู่เสมอ (และเชื้อเพลิงปั๊มที่มีเศษส่วนแตกต่างกันเรียกว่า "เฟล็กซ์เฟล็กซ์") ผู้ที่ชื่นชอบยานยนต์สมรรถนะและสโมสรแข่งรถ / ประชันยนต์ใช้ E85 อย่างกว้างขวาง การใช้แอลกอฮอล์ (เอทานอลและเมทานอล) ในประวัติศาสตร์การแข่งรถมีความคล้ายคลึงกันกับการประดิษฐ์รถยนต์ซึ่งได้รับการสนับสนุนเนื่องจากลักษณะการเผาไหม้โดยธรรมชาติเช่นประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงแรงบิดยกและเครื่องยนต์ขั้นสูงบางชนิด ในสหรัฐอเมริกาเงินอุดหนุนจากรัฐบาลของเอทานอลโดยทั่วไปและโดยเฉพาะอย่างยิ่ง E85 ได้รับการสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานที่เพิ่มขึ้นสำหรับการค้าปลีกของ E85 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรัฐที่ปลูกข้าวโพดในมิดเวสต์

3.5 การทำระบบระบายความร้อนด้วยของเหลว

เดิมเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง จะใช้ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดขึ้นไปสูงจากเดิมมากทำให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ สูงขึ้นอย่างมากจนอาจทำให้เครื่องยนต์เกิดการ Knocking และเสียหายในที่สุด จึงได้มีการสร้างช่องหล่อเย็นด้วยของเหลวปิดที่บดรับระบายอากาศที่ตัวเรือนเครื่องยนต์บางส่วนเอาไว้ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนที่สูงขึ้น

3.6 การเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนของเครื่องยนต์

จากสมการ

$$\dot{W}_b = \eta_f \eta_v N V_D Q_{HV} \rho_a (FA) / n \quad (3.1)$$

จะเห็นได้ว่าการจะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ส่วนหนึ่งสามารถทำได้โดยการเพิ่ม ประสิทธิภาพทางปริมาตรขอเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงได้มีการปรับแต่งระบบพอร์ทไอดีและพอร์ทไอเสีย เพื่อให้มีอัตราการไหลเข้าและออกกระบอกสูบในจังหวะดูดและคายเพิ่มมากยิ่งขึ้น อันจะส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และตลอดจนประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ และได้มีการประจําไอดีด้วยอีกส่วนหนึ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

3.7 อุณหภูมิอากาศเข้าห้องเผาไหม้

เนื่องจากการจุดระเบิดแบบ HCCI จึงจำเป็นต้องทำการอุ่นอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ จากสมการ

$$T_2 = T_1(r_c)^{k-1} \quad (3.2)$$

เมื่ออุณหภูมิการจุดระเบิดด้วยตนเองของน้ำมัน E85 คือ 365 องศาเซลเซียสหรือ 425 เคลวิน และอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลองคือ 8.7 ดังนั้นจะได้ว่าอุณหภูมิอากาศเข้าคือ 328.3 เคลวินหรือ 55.3 องศาเซลเซียสนั้นคือ อุณหภูมิอากาศเข้าที่ใช้ในการทดลองการจุดระเบิดแบบ HCCI ไม่ควรต่ำกว่า 55.3 องศาเซลเซียส

3.8 การเปรียบเทียบค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

Fuel comparison							
type of fuel	Octane NO.	A/F ratio	heating value[kJ/kg]	m _r per cyl(kg)	per 1	Q _{in} (kJ)	compareE1 0
E10	91	14.1	40985.6	1.21329E-05	1	0.482357673	1
E20	98	13	39782.9	1.31596E-05	1	0.507820341	1.05278794
E85	105	9.9	31580.5	1.72803E-05	1	0.529347436	1.09741685
air prop				Engine condition			
T	25	C	298	K	V _{BDC}	0.0001444	m ³

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P	101.325	kPa		m_a	0.00017107	kg
					4	
density	1.2041	kg/m ³		combustion	0.97	
				eff		
R	0.287	kJ/kg-K				
BSFC calculation						
bsfc at the same output(l/kj)	Fuel density(kg/l)	m_f per1cyl (litre)	cost(16/12/18) B/l	Total cost per output(B/kj)		
E10	3.40095E-05	0.7396	1.64047E-05	27.18	0.000924378	
E20	3.43639E-05	0.7541	1.74507E-05	24.44	0.000839855	
E85	4.16569E-05	0.78365	2.2051E-05	20.29	0.000845219	

3.9 ข้อมูลเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง ก่อนทำการดัดแปลง

engine specification		unit
bore	53	mm
stroke	57.9	mm
number of cylinder	1	cyl
gasket bore	53	mm
gasket thickness	0.3	mm
cylinder head volume	12.1	cc
piston head compensation	0	mm
bore clearance volume	3.9	cc
engine calculation		
cross section area	2206.183	mm ²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

engine displacment 1 cyl	127.738	cc
total engine displacment	127.738	cc
gasket thickness	0.3	mm
gasket volume	0.661855	cc
compensate clearance volume	0	cc
piston dome volume	3.9	cc
final clearance	16.66186	cc
compression ratio	8.666495	

ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง หลังทำการดัดแปลง

engine specification		unit
bore	53	mm
stroke	57.9	mm
number of cylinder	1	cyl
gasket bore	53	mm
gasket thickness	0.3	mm
cylinder head volume	12.9	cc
piston head compensation	0	mm
bore clearance volume	0	cc
engine calculation		
cross section area	2206.183	mm ²
engine displacment 1 cyl	127.738	cc
total engine displacment	127.738	cc
gasket thickness	0.3	mm
gasket volume	0.661855	cc
compensate clearance volume	0	cc
piston dome volume	2.2	cc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

final clearance	11.36186	cc
compression ratio	12.24271	

3.10 การคำนวณ

3.10.1 การคำนวณพารามิเตอร์ กำลัง และประสิทธิภาพที่ได้จากวัฏจักรในอุดมคติของเครื่องยนต์ ก่อนการปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสีย

สำหรับน้ำมัน Ethanol E85 ที่มีค่าความร้อน 31580.5 kJ/kg อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศเป็นดังนี้

$$\lambda = \frac{AF_{act}}{AF_{sto}} \quad (3.3)$$

จากการทดสอบ กำหนดให้ปริมาณน้ำมันที่หัวฉีดจ่ายให้แก่ห้องเผาไหม้โดยเฉลี่ย มีค่า $\lambda = 0.95$ ทุกๆรอบเครื่องยนต์ และน้ำมัน E85 มีค่า $AF_{sto} = 9.9$

เมื่อแทนค่า $\lambda = 0.95$ และ $AF_{sto} = 9.9$ ในสมการที่ (3.3) จะได้

$$AF_{act} = (0.95)(9.9) = 9.405$$

ในเครื่องยนต์ แก๊สโซลีนสูบเดี่ยว wave 125i ระบบหัวฉีดมีความจุกระบอกสูบ 127.74 cc โดยมีเป้าหมายจะเพิ่มประสิทธิภาพที่ รอบๆเดียวคือ 4500 RPM โดยก่อนเริ่มปรับประสิทธิภาพมีอัตราส่วนกำลัง อดคือ 8.67

3.10.1.1 ช่วงแรก

$$T_1 = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 101.325 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 127.74 + 16.66 = 144.4 \text{ cc} = 0.0001444 \text{ m}^3$$

ได้มวลรวมของไอดีในช่วงแรกคือ

$$m_m = P_1 V_1 / RT_1 = (101.325 \text{ kPa})(0.0001444 \text{ m}^3) / (0.287 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K})(294 \text{ K})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.0001734 \text{ kg}$$

3.10.1.2 ช่วงที่ 2

$$P_2 = P_1(r_c)^k = (101.325)(8.67)^{1.35} = 1870.9 \text{ kPa}$$

$$T_2 = T_1(r_c)^{k-1} = (294)(8.67)^{1.35-1} = 626.1 \text{ K}$$

$$V_2 = 0.00001666 \text{ m}^3$$

มวลอากาศ $m_a = (9.405/10.405)(0.96)(0.0001734) = 0.0001505 \text{ kg}$

มวลเชื้อเพลิง $m_f = (1/10.405)(0.96)(0.0001391) = 0.000016 \text{ kg}$

มวลไอเสีย $m_{ex} = 0.04(0.0001734) = 0.000006936 \text{ kg}$

3.10.1.3 ช่วงที่ 3

ปริมาณความร้อนเข้าป้อนให้เครื่องยนต์ในหนึ่งวัฏจักร

$$Q_{in} = m_f Q_{HV} \eta_c = 0.000016(31580.5)(0.96) = 0.4851 \text{ kJ}$$

และเมื่อ $Q_{in} = m_m c_v (T_3 - T_2)$ จะได้ว่า

$$0.4851 = (0.0001734)(0.821)(T_3 - 626.11)$$

$$T_3 = 4033 \text{ K}$$

$$V_3 = 0.00001666 \text{ m}^3$$

$$P_3 = P_2(T_3/T_2) = (1870.9)(4033.6/626.1) = 12053 \text{ kPa}$$

3.10.1.4 ช่วงที่ 4

$$T_4 = T_3(1/r_c)^{k-1} = (4033)(1/8.67)^{0.35} = 1893 \text{ K}$$

$$P_4 = P_3(1/r_c)^k = (12053)(1/8.67)^{1.35} = 652.8 \text{ kPa}$$

$$V_4 = 0.0001444 \text{ m}^3$$

3.10.1.5 งานที่ได้ในจังหวะทำงานแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร

$$\begin{aligned} W_{3-4} &= mR(T_4 - T_3)/(1-k) \\ &= (0.0001734)(0.287)(1893 - 4033)/(1 - 1.35) \\ &= 0.3043 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3.10.1.6 งานที่ใช้ไปในจังหวะอัดแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร

$$\begin{aligned} W_{1-2} &= mR(T_2 - T_1)/(1-k) \\ &= (0.0001734)(0.287)(626.1 - 294)/(1 - 1.35) \\ &= -0.04722 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3.10.1.7 งานสุทธิที่ได้ในหนึ่งวัฏจักร

$$W_{\text{net}} = 0.3043 + (-0.04722) = 0.2571 \text{ kJ}$$

3.10.1.8 ประสิทธิภาพทางความร้อนในหนึ่งวัฏจักร

$$Q_{\text{in}} = m_f Q_{\text{hv}} \eta_c = 0.4851 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} \eta_t &= W_{\text{net}} / Q_{\text{in}} \\ &= 0.2571 / 0.4851 = 0.53 = 53\% \end{aligned}$$

3.10.1.9 จำนวนที่รอบ 4500 รอบ/นาที

กำลังบ่งชี้ที่รอบ 4500 รอบ/นาที

$$\dot{W}_i = WN / n = (0.2571)(4500 / 60) / 2 = 9.64 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_b = 0.85(9.64) = 8.194 \text{ kW}$$

$$\tau = \dot{W}_b / 2\pi N = 8.194 / 2\pi(4500 / 60) = 0.0174 \text{ kN} - m = 17.38 \text{ N} - m$$

$$bsfc = \dot{m}_f / \dot{W}_b = (0.000016)(50)(0.5) / 8.194 = 0.00004882 \text{ kg} / \text{s} / \text{kW}$$

$$\eta_v = m_a / \rho_a V_d = (0.0001505) / (1.225)(0.00012774) = 0.96 = 96\%$$

3.10.2 การคำนวณพารามิเตอร์ กำลัง และประสิทธิภาพที่ได้จากวัฏจักรในอุดมคติของเครื่องยนต์ หลังการปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสีย

เมื่อวัดผลหลังจากปรับแต่งพอร์ทไอดี พบว่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรเพิ่มขึ้น 0.38 % จะได้ว่ามวลอากาศเพิ่มขึ้น

$$m_a = \eta_v \rho_a V_d = 0.9638(1.225)(0.00012774) = 0.0001508 \text{ kg}$$

ดังนั้น มวลอากาศรวมคือ $m_m = 0.0001738 \text{ kg}$

$$m_f = 0.00001604 \text{ kg}$$

$$m_{ex} = 0.000006952 \text{ kg}$$

ทำการคำนวณใหม่หลังจากปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสีย จะได้ว่า

3.10.2.1 ช่วงแรก

$$T_1 = 21^\circ \text{C}$$

$$P_1 = 101.325 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 127.74 + 17.74 = 145.48 \text{ cc} = 0.0001455 \text{ m}^3$$

3.10.2.2 ช่วงที่ 2

$$P_2 = P_1(r_c)^k = (101.325)(8.32)^{1.35} = 1770 \text{ kPa}$$

$$T_2 = T_1(r_c)^{k-1} = (294)(8.32)^{1.35-1} = 617.2 \text{ K}$$

$$V_2 = 0.0001774 \text{ m}^3$$

3.10.2.3 ช่วงที่ 3

ปริมาณความร้อนเข้าป้อนให้เครื่องยนต์ในหนึ่งวัฏจักร

$$Q_{in} = m_f Q_{hv} \eta_c = 0.00001604(31580.5)(0.96) = 0.4863 \text{ kJ}$$

และเมื่อ $Q_{in} = m_m c_v (T_3 - T_2)$ จะได้ว่า

$$0.4863 = (0.0001738)(0.821)(T_3 - 617.2)$$

$$T_3 = 4025 \text{ K}$$

$$V_3 = 0.0001774 \text{ m}^3$$

$$P_3 = P_2(T_3/T_2) = (1770)(4025/617.2) = 11542.9 \text{ kPa}$$

3.10.2.4 ช่วงที่ 4

$$T_3(1/r_c)^{k-1} = (4025)(1/8.32)^{0.35} = 1922 \text{ K}$$

$$P_4 = P_3(1/r_c)^k = (11542.9)(1/8.67)^{1.35} = 625.2 \text{ kPa}$$

$$V_4 = 0.0001455 \text{ m}^3$$

3.10.2.5 งานที่ได้ในจังหวะทำงานแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร

$$\begin{aligned} W_{3-4} &= mR(T_4-T_3)/(1-k) \\ &= (0.0001738)(0.287)(1922-4025)/(1-1.35) \\ &= 0.3 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3.10.2.6 งานที่ใช้ไปในจังหวะอัดแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร

$$\begin{aligned} W_{1-2} &= mR(T_2-T_1)/(1-k) \\ &= (0.0001738)(0.287)(617.2-294)/(1-1.35) \\ &= -0.04606 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3.10.2.7 งานสุทธิที่ได้ในหนึ่งวัฏจักร

$$W_{\text{net}} = 0.305 + (-0.04606) = 0.2539 \text{ kJ}$$

3.10.2.8 ประสิทธิภาพทางความร้อนในหนึ่งวัฏจักร

$$Q_{\text{in}} = m_f Q_{\text{hv}} \eta_c = 0.4863 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} \eta_t &= W_{\text{net}}/Q_{\text{in}} \\ &= 0.2539/0.4863 = 0.5221 = 52.21\% \end{aligned}$$

3.10.2.9 จำนวนที่รอบ 4500 รอบ/นาที

กำลังบ่งชี้ที่รอบ 4500 รอบ/นาที

$$\dot{W}_i = WN / n = (0.2539)(4500 / 60) / 2 = 9.52 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_b = 0.85(9.52) = 8.092 \text{ kW}$$

$$\tau = \dot{W}_b / 2\pi N = 8.092 / 2\pi(4500 / 60) = 0.0172 \text{ kN-m} = 17.2 \text{ N-m}$$

$$bsfc = \dot{m}_f / \dot{W}_b = (0.00001604)(50)(0.5) / 8.092 = 0.00004956 \text{ kg / s / kW}$$

3.10.3 การคำนวณพารามิเตอร์ กำลัง และประสิทธิภาพที่ได้จากวัฏจักรในอุดมคติของเครื่องยนต์
หลังการเพิ่มกำลังอัดไปยัง 12.2

โดยใช้มวลอากาศรวมคือ $m_m = 0.0001738 \text{ kg}$

$$m_f = 0.00001604 \text{ kg}$$

$$m_{ex} = 0.000006952 \text{ kg}$$

3.10.3.1 ช่วงแรก

$$T_1 = 21 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 101.325 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 127.74 + 11.36 = 139.1 \text{ cc} = 0.0001391 \text{ m}^3$$

3.10.3.2 ช่วงที่ 2

$$P_2 = P_1(r_c)^k = (101.325)(12.2)^{1.35} = 2967 \text{ kPa}$$

$$T_2 = T_1(r_c)^{k-1} = (294)(12.2)^{1.35-1} = 705.6 \text{ K}$$

$$V_2 = 0.00001136 \text{ m}^3$$

3.10.3.3 ช่วงที่ 3

ปริมาณความร้อนเข้าป้อนให้เครื่องยนต์ในหนึ่งวัฏจักร

$$Q_{in} = m_f Q_{hv} \eta_c = 0.00001604(31580.5)(0.96) = 0.4863 \text{ kJ}$$

และเมื่อ $Q_{in} = m_m c_v (T_3 - T_2)$ จะได้ว่า

$$0.4863 = (0.0001738)(0.821)(T_3 - 705.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_3 = 4113.7 \text{ K}$$

$$V_3 = 0.0001136 \text{ m}^3$$

$$P_3 = P_2(T_3/T_2) = (2967)(4113/705.6) = 17295 \text{ kPa}$$

3.10.3.4 ช่วงที่ 4

$$T_4 = T_3(1/r_c)^{k-1} = (4113.7)(1/12.2)^{0.35} = 1714 \text{ K}$$

$$P_4 = P_3(1/r_c)^k = (17295)(1/12.2)^{1.35} = 590.7 \text{ kPa}$$

$$V_4 = 0.0001391 \text{ m}^3$$

3.10.3.5 งานที่ได้ในจังหวะทำงานแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร

$$\begin{aligned} W_{3-4} &= mR(T_4 - T_3)/(1-k) \\ &= (0.0001738)(0.287)(1714 - 4113.7)/(1 - 1.35) \\ &= 0.342 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3.10.3.6 งานที่ใช้ไปในจังหวะอัดแบบ isentropic ในหนึ่งวัฏจักร

$$\begin{aligned} W_{1-2} &= mR(T_2 - T_1)/(1-k) \\ &= (0.0001738)(0.287)(705.6 - 294)/(1 - 1.35) \\ &= -0.0587 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3.10.3.7 งานสุทธิที่ได้ในหนึ่งวัฏจักร

$$W_{\text{net}} = 0.342 + (-0.0587) = 0.2833 \text{ kJ}$$

3.10.3.8 ประสิทธิภาพทางความร้อนในหนึ่งวัฏจักร

$$Q_{\text{in}} = m_f Q_{\text{hv}} \eta_c = 0.4863 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} \eta_t &= W_{\text{net}}/Q_{\text{in}} \\ &= 0.2833/0.4863 = 0.5826 = 58.26\% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.3.9 จำนวนที่รอบ 4500 รอบ/นาที

กำลังป้อนที่รอบ 4500 รอบ/นาที

$$\dot{W}_i = WN / n = (0.2833)(4500 / 60) / 2 = 10.62 kW$$

$$\dot{W}_b = 0.85(10.62) = 9.027 kW$$

$$\tau = \dot{W}_b / 2\pi N = 9.027 / 2\pi(4500 / 60) = 0.01916 kN - m = 19.16 N - m$$

$$bsfc = \dot{m}_f / \dot{W}_b = (0.00001604)(50)(0.5) / 9.027 = 0.00004442 kg / s / kW$$

3.10.4 การคำนวณกำลังของเครื่องยนต์ก่อนการปรับแต่งฝาสูบโดยคิดจากประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิง

วิธีการคำนวณกำลังของเครื่องยนต์ก่อนการปรับแต่งฝาสูบ

$$\dot{W}_b = \frac{\eta_f \eta_v N V_d Q_{HV} \rho_a (FA)}{n} \quad (3.4)$$

เมื่อ \dot{W}_b = กำลังของเครื่องยนต์

η_f = ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิง

η_v = ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

N = ความเร็วรอบเครื่องยนต์

V_d = ปริมาตรกระบอกสูบ

Q_{HV} = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ρ_a = ความหนาแน่นอากาศ

(FA) = อัตราส่วนน้ำมันต่ออากาศ

n = จำนวนรอบต่อหนึ่งวัฏจักร

คำนวณหาอัตราส่วนน้ำมันต่ออากาศ (FA_{act}) เพื่อนำไปแทนในสมการที่ (3.4)

$$\lambda = \frac{AF_{act}}{AF_{stoi}} \quad (3.5)$$

จากการทดสอบ กำหนดให้ปริมาณน้ำมันที่หัวฉีดจ่ายให้แก่ห้องเผาไหม้โดยเฉลี่ย มีค่า $\lambda = 0.95$ ทุกๆรอบเครื่องยนต์ และน้ำมัน E85 มีค่า $AF_{stoi} = 9.9$

เมื่อแทนค่า $\lambda = 0.95$ และ $AF_{stoi} = 9.9$ ในสมการที่ (3.5) จะได้

$$AF_{act} = (0.95)(9.9) = 9.405$$

แปลงให้อยู่ในรูป FA_{act} จะได้

$$FA_{act} = \frac{1}{9.405} = 0.1063$$

คำนวณหา ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิง (η_f) เพื่อนำไปแทนในสมการที่ (3.4)

$$\eta_f = \frac{\dot{W}_b}{m_f Q_{HV}} \quad (3.6)$$

คำนวณโดยใช้ค่า \dot{W}_b จากผลการทดสอบเครื่องยนต์ก่อนการปรับแต่ง ทำการคำนวณหาค่า ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิง (η_f) ได้ 0.2715

คำนวณหา ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (η_v)

$$\eta_v = \frac{n \dot{V}_a}{V_d N} \quad (3.7)$$

คำนวณโดยใช้ค่า \dot{V}_a ที่ได้จากการวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรอากาศของฝาสูบที่ยังไม่ได้ทำการปรับแต่ง ซึ่งเลือกค่าที่ระยะวาล์วไอดีเปิดสุดเท่ากับ 55.7 cfm หรือเท่ากับ 0.02629 m³/s เลือกการคำนวณที่ N = 4500 RPM ซึ่งเป็นรอบที่ต้องการปรับแต่งเป็น HCCI ทำการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (η_v) ได้

$$\eta_v = \frac{(2)(0.02629)}{(0.00012774)(4500 / 60)}$$

$$\eta_v = 5.49$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการคำนวณกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ที่รอบ 4500 RPM ก่อนการปรับแต่งฝาสูบ ในสมการที่ (3.4)

ได้

$$\dot{W}_b = \frac{\eta_f \eta_v N V_d Q_{HV} \rho_a (FA)}{n}$$

$$\dot{W}_b = \frac{(0.2715)(5.49)(4500/60)(0.00012774)(31580.5)(1.225)(0.1063)}{2}$$

$$\dot{W}_b = 29.4 \text{ kW}$$

3.10.5 การคำนวณกำลังของเครื่องยนต์หลังการปรับแต่งฝาสูบโดยคิดจากประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิง

หลังจากทำการปรับแต่งฝาสูบ ได้อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศเพิ่มขึ้นจากเดิม 7.08 % หรือ

ได้ 5.87

ทำการคำนวณหา กำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ที่รอบ 4500 RPM หลังการปรับแต่งฝาสูบ ในสมการที่

(3.4) ได้

$$\dot{W}_b = \frac{\eta_f \eta_v N V_d Q_{HV} \rho_a (FA)}{n}$$

$$\dot{W}_b = \frac{(0.2715)(5.87)(4500/60)(0.00012774)(31580.5)(1.225)(0.1063)}{2}$$

$$\dot{W}_b = 31.4 \text{ kW}$$

หรือได้กำลังเพิ่มขึ้น 6.8%

3.10.6 การคำนวณเพื่อทดสอบการประจุเป็นเนื้อเดียวจุดระเบิดด้วยการอัด

3.10.6.1 การคำนวณเงื่อนไขอากาศขาเข้า (T_1)

การจุดระเบิดด้วยตัวเองของน้ำมัน E85 (T_2) = 991.33 K

จากการวัดกำลังอัดของเครื่องยนต์ (ตารางที่ 3.4) compression ratio (r_c) เท่ากับ 12.24

ใช้สมการ Adiabatic reversible compression

$$T_2 = T_1 r_c^{k-1} \quad (3.8)$$

$$T_1 = \frac{991.33 \text{ K}}{12.24^{0.4}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_1 = 364 \text{ K} = 91 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.10.6.2 การคำนวณเงื่อนไขการเพิ่มกำลังอัด

ใช้สมการแก๊สในอุดมคติ

$$PV = nRT \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} \text{ความดันอากาศจั้งวะอัด (} P_2 \text{)} \quad P_2 &= \frac{nRT}{V} \quad \text{เมื่อ } V = V_c = 0.0113 \text{ dm}^3 \\ &= \frac{6.207 \times 10^{-3} \times 0.0821 \times 991.33}{0.0113} \end{aligned}$$

$$= 44.71 \text{ atm} = 4529.8 \text{ kPa}$$

ใช้สมการ Adiabatic reversible compression

$$r_c = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1/k} \quad (3.10)$$

เมื่อ P_1 = ความดันอากาศจั้งวะดูด มีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ 101.325 kPa

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad r_c &= \left(\frac{4529.8}{101.325} \right)^{1/1.4} \\ &= 15.1:1 \end{aligned}$$

3.10.6.3 การคำนวณเงื่อนไขความดันอากาศขาเข้า เมื่อใช้ Supercharger

ใช้สมการ Adiabatic reversible compression สมการที่ (3.10)

$$r_c = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1/k}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{P_2}{r_c^k} \\ &= \frac{4529.8}{12.24^{1.4}} \end{aligned}$$

$$= 135.88995 \text{ kPa}$$

ดังนั้น ต้องใช้ Supercharger ในการเพิ่มความดันอากาศขาเข้า เท่ากับ

$$135.88995 - 101.325 = 34.56495 \text{ kPa}$$

$$= 0.34565 \text{ bar}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.7 การคำนวณกำลังขับเคลื่อนที่รถยนต์ต้องการ

3.10.7.1 การคำนวณกำลังขับเคลื่อนที่รถยนต์ต้นแบบใช้

จากข้อมูลรถต้นแบบ

- น้ำหนักจรวม	1720	kg
- ตัวรถ	1440	kg
- ผู้โดยสารทั้งหมด	280	kg
- รัศมีของล้อขับเคลื่อน	0.508	m
- ความกว้างของรถ	1.775	m
- ความสูงของรถ	1.578	m
- ความยาวของรถ	4	m
- ประสิทธิภาพการส่งกำลัง	0.9	
- พลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศ	0.9	kW
- พลังงานที่ใช้ในไฟหน้า	0.06	kW
- พลังงานที่ใช้ในไฟหลัง	0.05	kW
- พลังงานที่ใช้ในระบบเสียง	0.36	kW
- พลังงานที่ใช้ในระบบไฟฟ้าต่างๆ	0.5	kW
- อัตราทดรวม	9.36	

ความเร็วรถที่กำหนดเมื่ออยู่ในสภาวะพลังงานในแบตเตอรี่ต่ำ

- ความเร็วรถ	50	km/h
--------------	----	------

แรงต้านการหมุนของล้อ

$$\begin{aligned}
 R_r &= K_r W \\
 &= 0.015 \times 1720 \times 9.81 \\
 &= 253.098 \text{ N}
 \end{aligned}$$

แรงต้านอากาศ

$$\begin{aligned}
 R_a &= \frac{1}{2} C_D \rho A v^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0.31 \times 1.2 \times 1.775 \times 1.578 \times 13.8889^2 \\
 &= 100.497 \text{ N}
 \end{aligned}$$

โมเมนต์แรงต้านทางขึ้น

แรงต้านทั้งหมด

$$\begin{aligned}
 R_t &= R_r + R_a + R_g \\
 &= 253.098 + 100.497 \\
 &= 353.595 \text{ N}
 \end{aligned}$$

แรงขับเคลื่อน

แรงขับเคลื่อน = แรงต้านทั้งหมด

$$F = 353.595 \text{ N}$$

แรงบิดที่ล้อ

$$\begin{aligned}
 \tau_w &= F \cdot r \\
 &= 353.595 \times 0.508 \\
 &= 179.626 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

กำลังขับเคลื่อนที่ล้อ

$$\begin{aligned}
 P_w &= \frac{Fv}{3.6} \\
 &= \frac{(353.595 \times 50)}{3.6} \\
 &= 4.911 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงบิดที่มอเตอร์

$$\begin{aligned}\tau_m &= \tau_w / (i_o \times \eta_t) \\ &= 179.626 / (9.36 \times 0.9) \\ &= 21.3232 \text{ N.m}\end{aligned}$$

กำลังขับเคลื่อนที่มอเตอร์

$$\begin{aligned}P_m &= P_w / \eta_t \\ &= 4.911 / 0.9 \\ &= 5.4567 \text{ kW}\end{aligned}$$

เมื่อรวมพลังงานส่วนอื่นที่รถยนต์ต้นแบบต้องใช้จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\text{กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนและทำงานภายในรถ} &= 5.4567 + 0.9 + 0.6 + 0.5 + 0.36 + 0.5 \\ &= 7.33 \text{ kW}\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ
2. เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และพัฒนาต่อไปในอนาคต

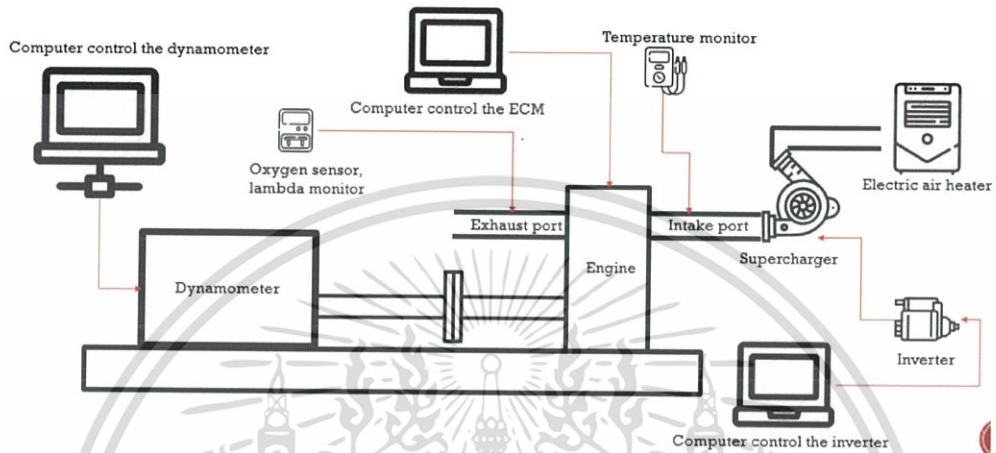
4.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องยนต์ทดสอบ



รูปที่ 4.1 เครื่องยนต์ทดสอบ

2. ชุดไดนาโมมิเตอร์



รูปที่ 4.2 แผนภาพการทดสอบ

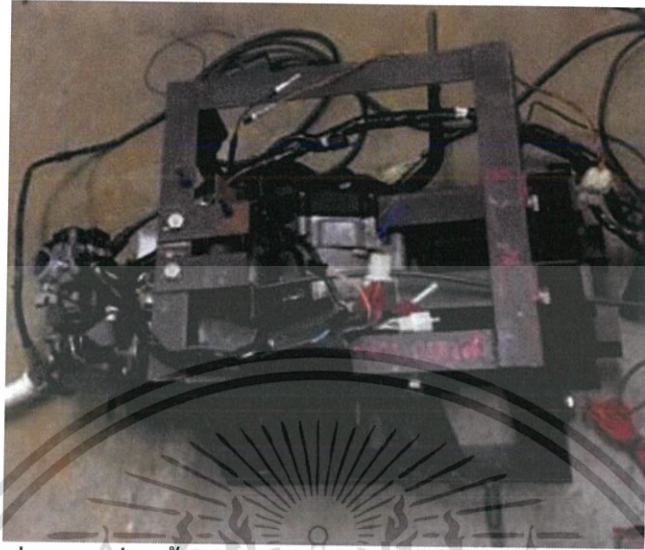
3. ออกซิเจนเซ็นเซอร์และจอแสดงผล



รูปที่ 4.3 ออกซิเจนเซ็นเซอร์และจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แทนวางเครื่องยนต์เพื่อต่อเข้ากับไดนาโมมิเตอร์



รูปที่ 4.4 เครื่องยนต์ที่ติดตั้งบนแทนวางเครื่องยนต์เพื่อต่อเข้ากับไดนาโมมิเตอร์

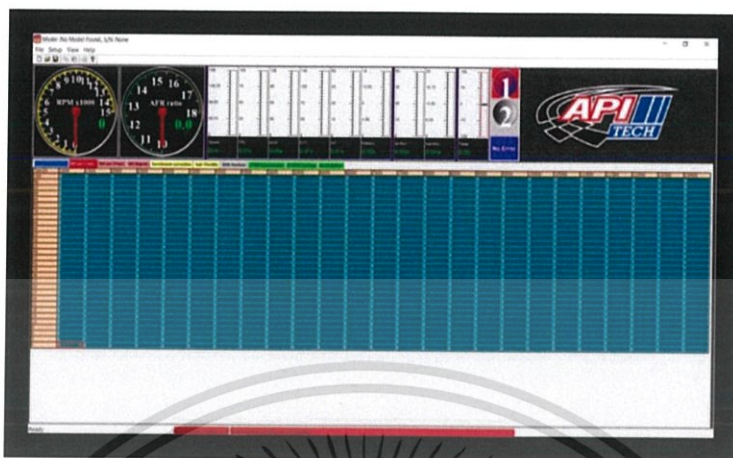
5. เครื่องอุ่นอากาศร้อน



รูปที่ 4.5 เครื่องอุ่นอากาศร้อน

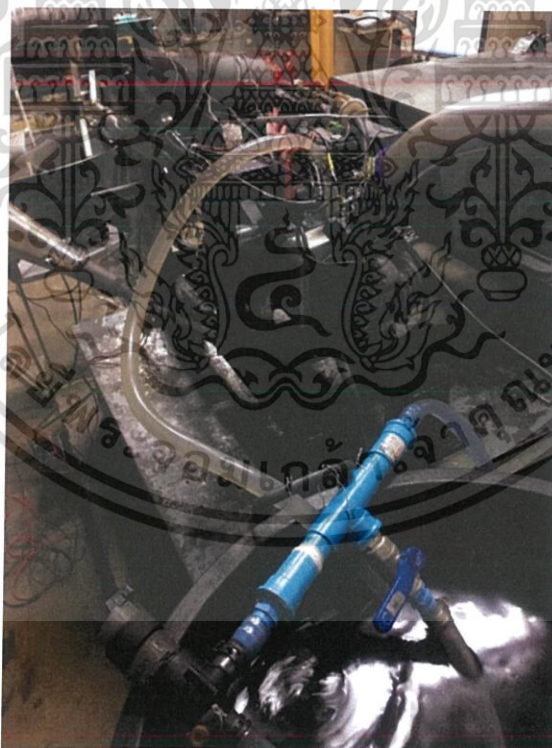
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คอมพิวเตอร์และโปรแกรมในการปรับแต่งกล่องควบคุมเครื่องยนต์(ECM)



รูปที่ 4.6 โปรแกรมในการปรับแต่งกล่องควบคุมเครื่องยนต์(ECM)

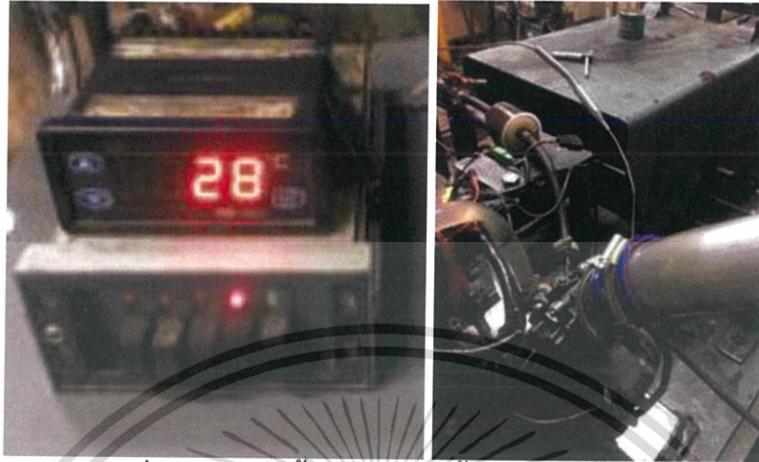
7. ระบบน้ำหล่อเย็นและปั้มน้ำหล่อเย็น



รูปที่ 4.7 ระบบน้ำหล่อเย็น

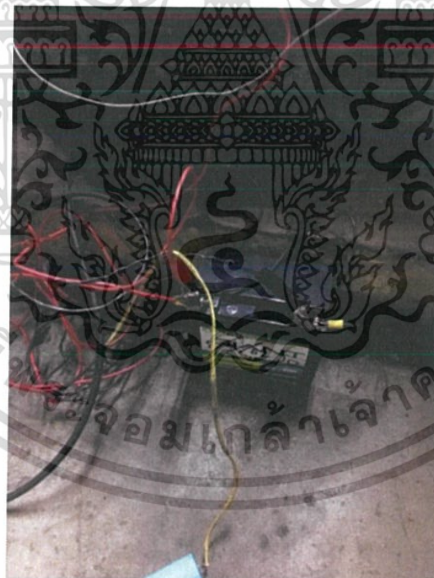
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เทอร์โมคัปเปิ้ลและจอแสดงผล



รูปที่ 4.8 การติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลและจอแสดงผล

9. แบตเตอรี่สำหรับเครื่องยนต์



รูปที่ 4.9 แบตเตอรี่สำหรับเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิธีการทดสอบ

ในการทดสอบเครื่องยนต์เป็นการทดสอบเครื่องยนต์สันดาปภายในมาทดสอบสมรรถนะการทำงานในสภาวะต่างๆ เพื่อหาค่ากำลังที่เครื่องยนต์ให้ออกมา ในความเร็วต่างๆ และหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน โดย การทดสอบนี้ใช้เครื่องทดสอบ Eddy current dynamometer โดยแบ่งเป็นเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

4.3.1 การทดสอบเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่ได้มีการปรับแต่ง

เป็นการทดสอบเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่ได้มีการปรับแต่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เพื่อหา กำลัง อัตราการบริโภคน้ำมันของเครื่องยนต์เดิมนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์หลังจากที่มีการปรับแต่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแล้ว

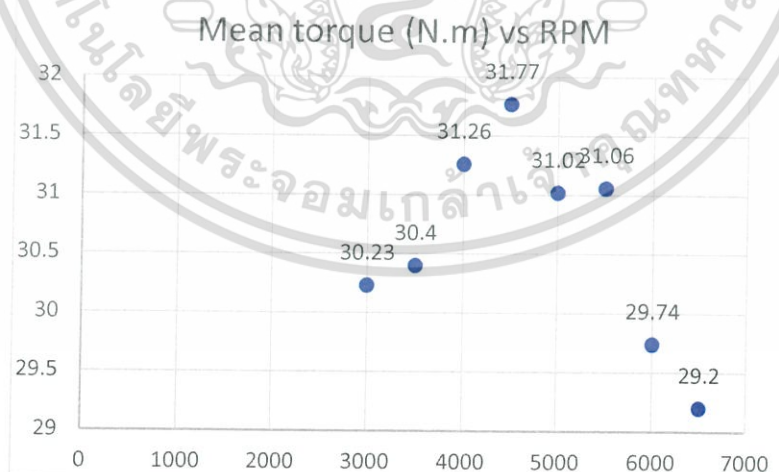
4.3.2 การทดสอบเครื่องยนต์หลังจากมีการปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสีย

เป็นการทดสอบเครื่องยนต์หลังจากที่ได้มีการปรับแต่งเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์แล้ว แล้วนำ ค่าที่ได้กลับมาเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์เดิมที่ยังไม่ได้มีการปรับแต่งเพื่อเพิ่มสมรรถนะ อีกทั้งนำมาวิเคราะห์ กับค่าที่ได้ทำการออกแบบไว้

4.3.3 การทดสอบเครื่องยนต์หลังจากมีการปรับแต่งด้วยการจุกระเบิดแบบ HCCI

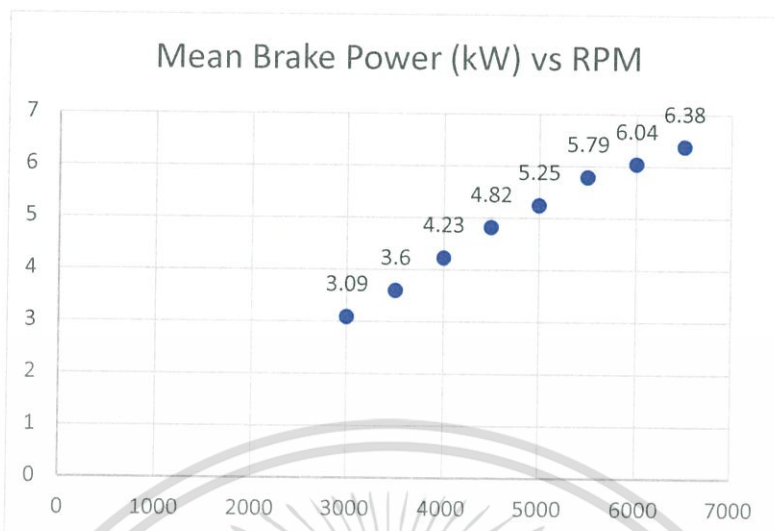
เป็นการทดสอบเครื่องยนต์หลังจากที่ได้มีการปรับแต่งแล้วและมีจุดประสงค์เพื่อให้เครื่องยนต์มีการ จุกระเบิดแบบ HCCI ผนวกกับการใช้เครื่องอุ่นอากาศร้อน

4.4 การทดสอบเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่มีการปรับแต่ง

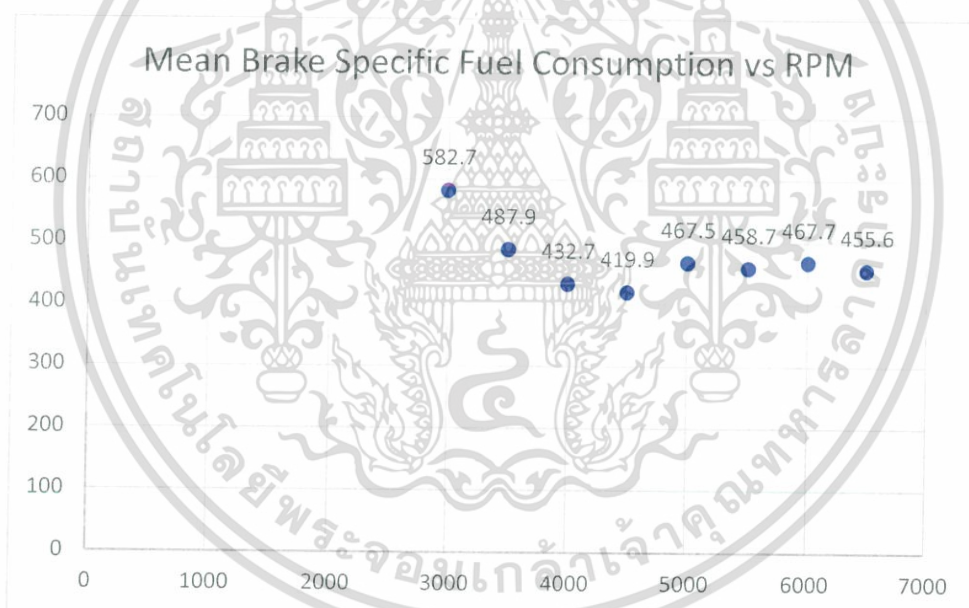


รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่มีการปรับแต่ง

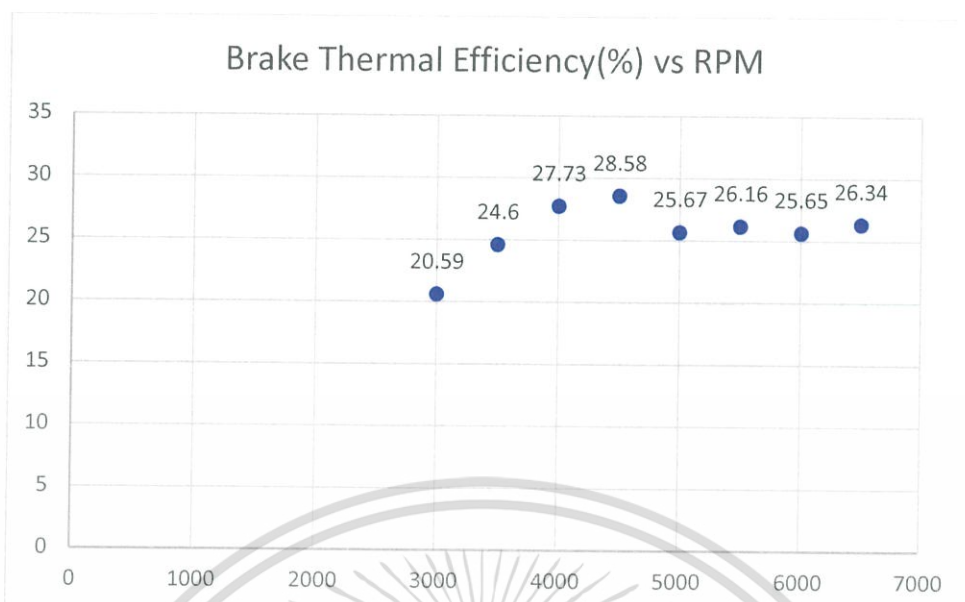
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่มีการปรับแต่ง



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคน้ำมันและความเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่มีการปรับแต่ง



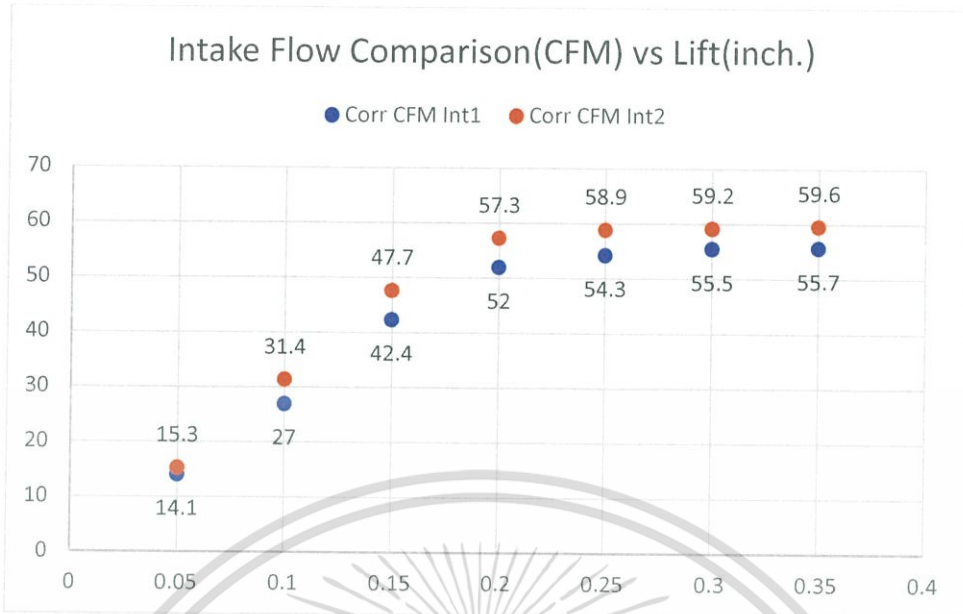
รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์โดยที่ยังไม่มีการปรับแต่ง

4.5 การทดสอบเครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสีย



รูปที่ 4.14 ฝาสูบที่มีการปรับแต่งพอร์ทไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

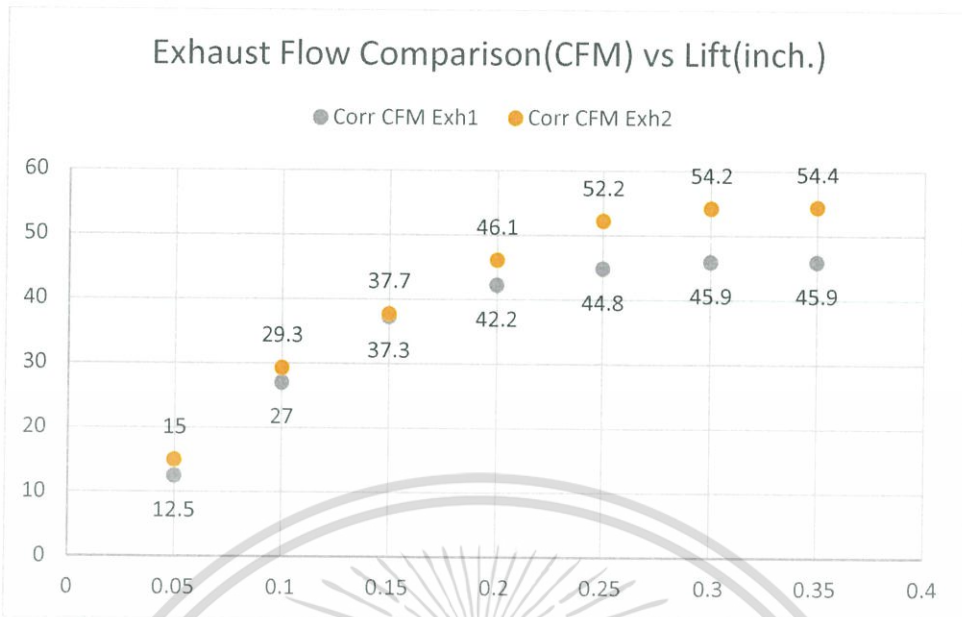


รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเชิงปริมาตรอากาศของพอร์ทไอดี

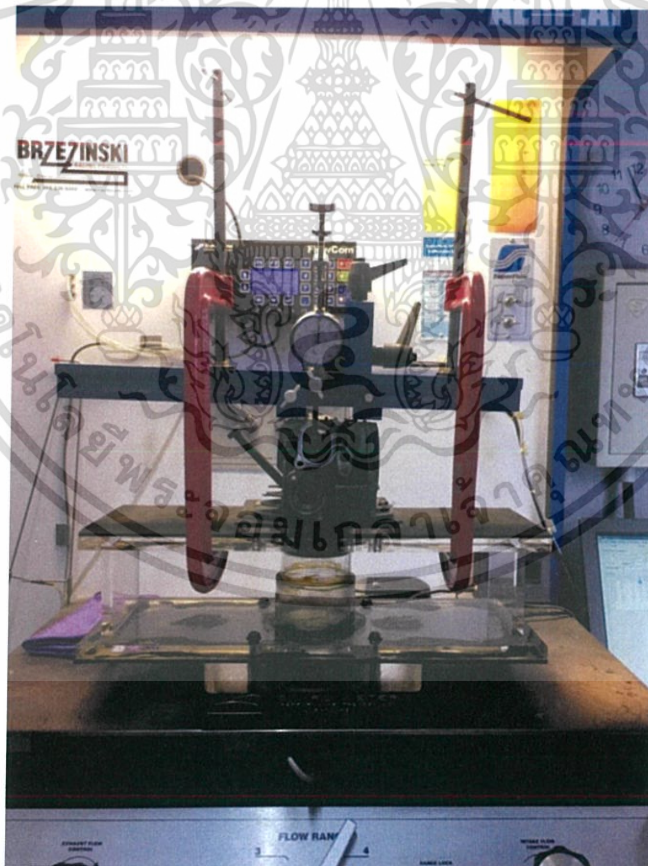


รูปที่ 4.16 ฝาสูบที่มีการปรับแต่งพอร์ทไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

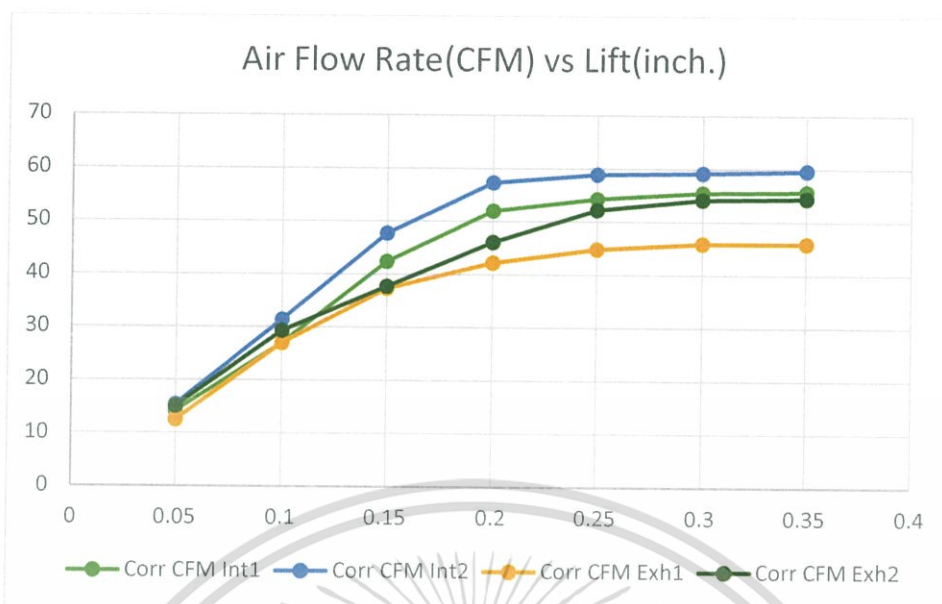


รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเชิงปริมาตรอากาศของพอร์ตไอเสีย

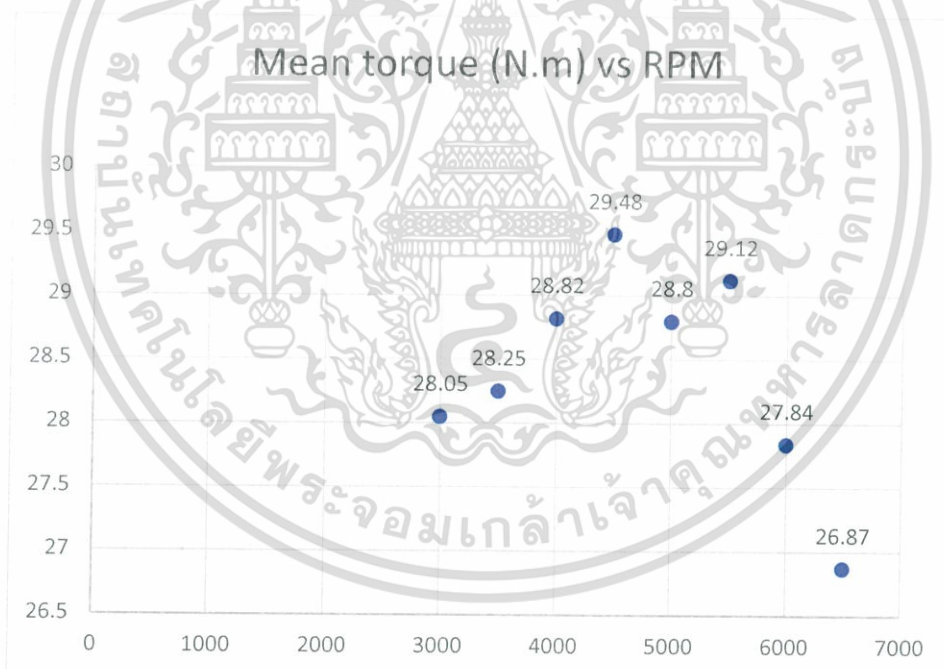


รูปที่ 4.18 เครื่องวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

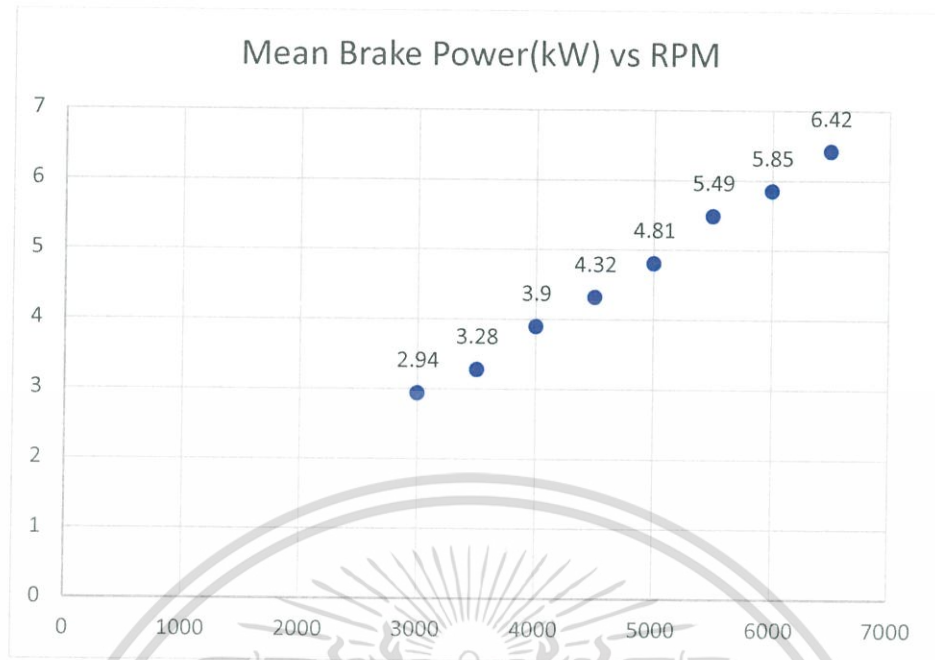


รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศโดยภาพรวม

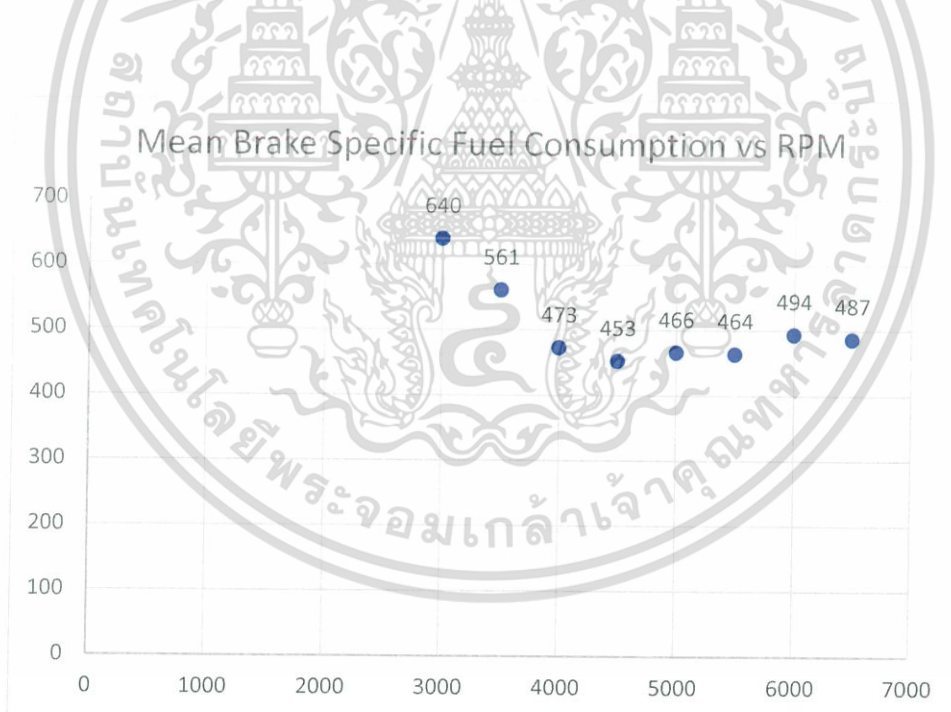


รูปที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่ง พอร์ทไอดีและไอเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

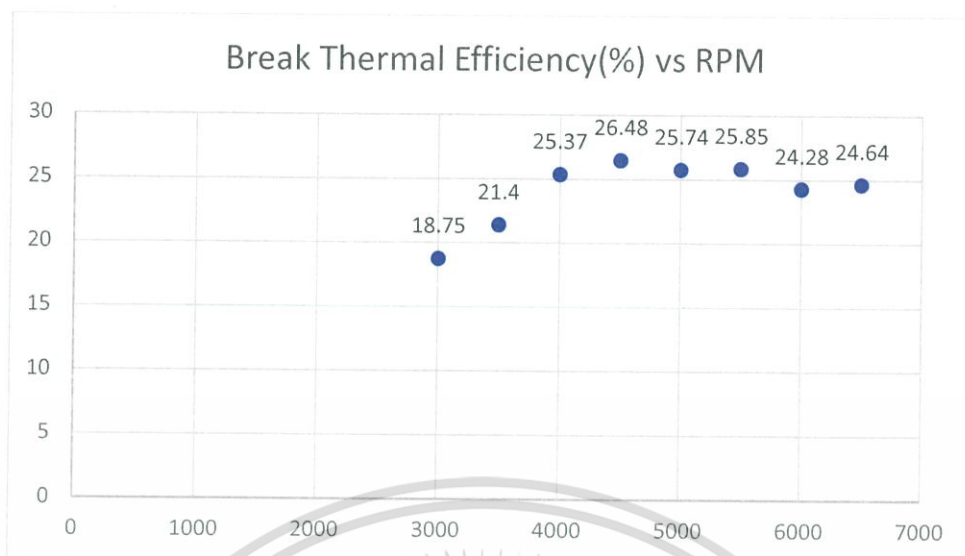


รูปที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่งพอร์ตไอดีและไอเสีย



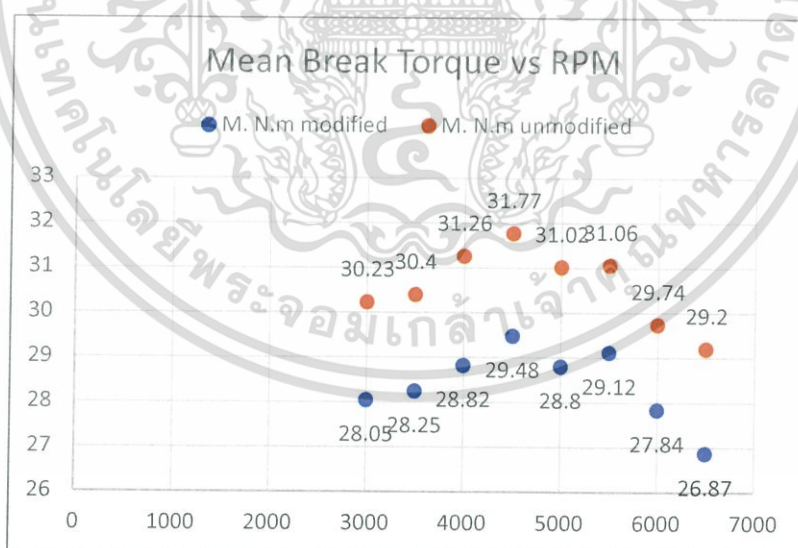
รูปที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคน้ำมันและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่งพอร์ตไอดีและไอเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



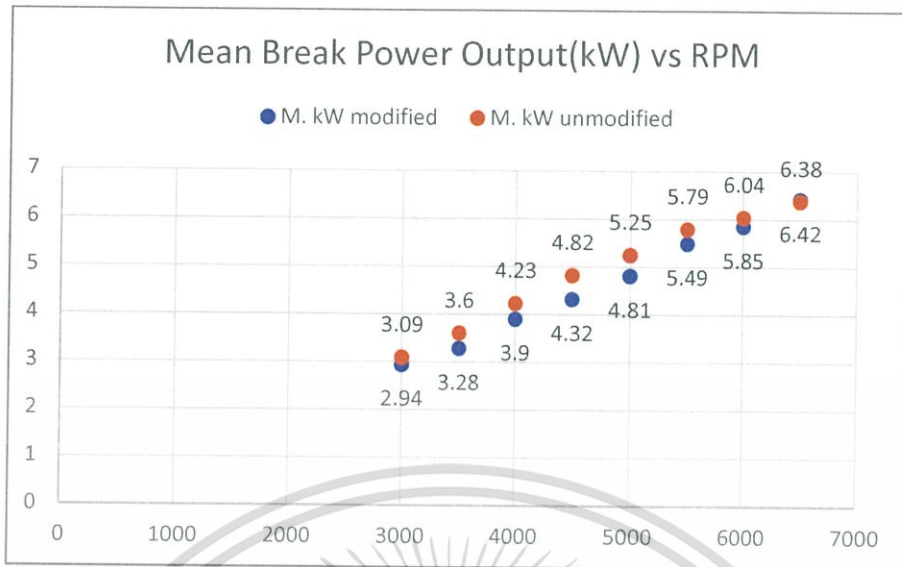
รูปที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่งพอร์ตไอดีและไอเสีย

4.6 การเปรียบเทียบเครื่องยนต์โดยที่มีการปรับแต่งพอร์ตไอดีและไอเสียกับเครื่องยนต์ที่ไม่ได้มีการปรับแต่ง

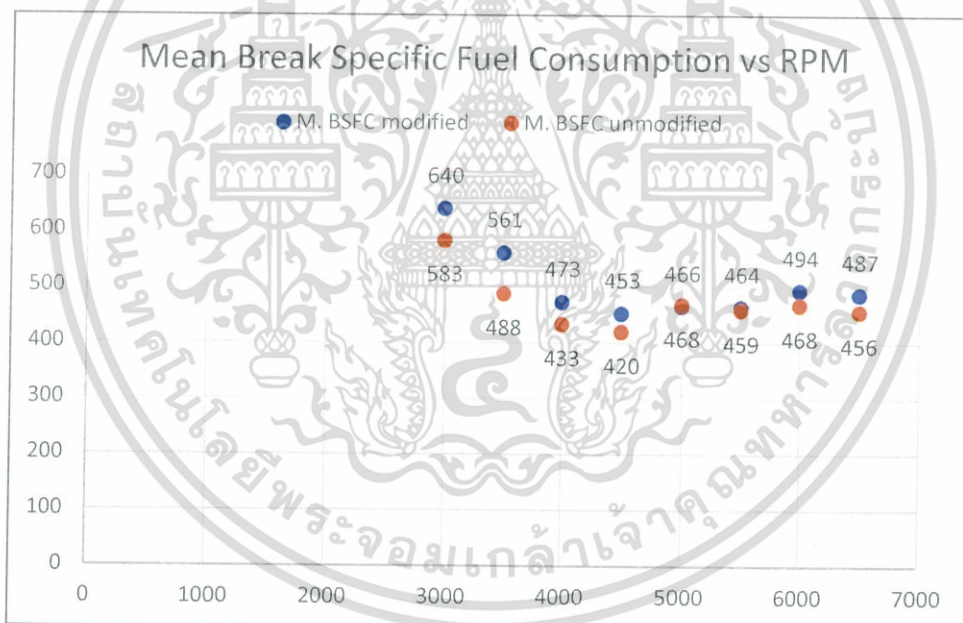


รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

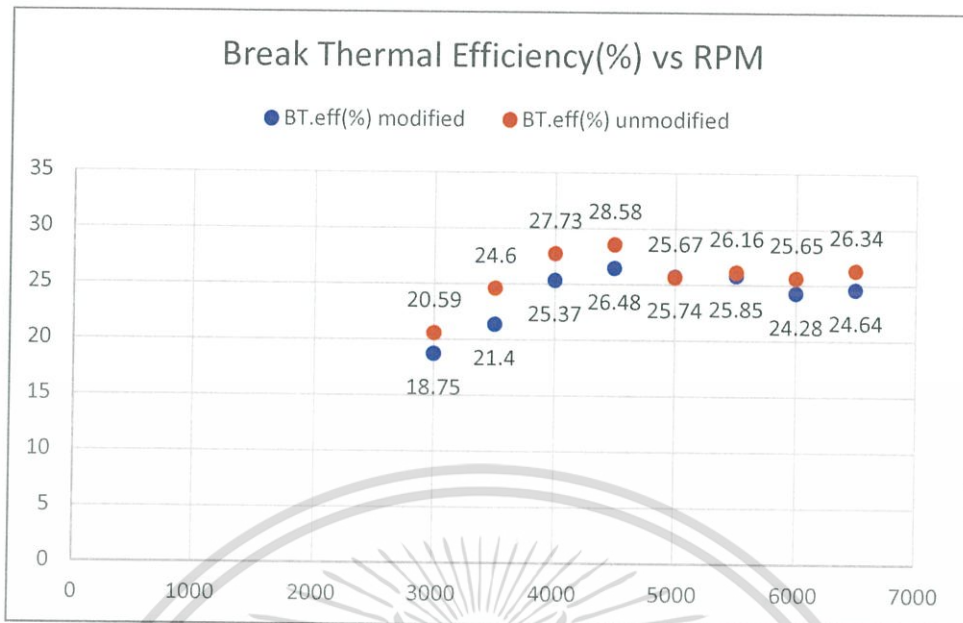


รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์



รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคน้ำมันและความเร็วรอบของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์

4.7 ผลการทดลองเครื่องยนต์ที่ใช้การประจุเป็นเนื้อเดียวจุดระเบิดด้วยการอัด(HCCI)

4.7.1 ผลการทดลอง HCCI ที่กำลังอัด 8.7, Indicated mean effective pressure (IMEP) 7 bar, Torque 9.3 Nm, Constant speed 4500 RPM

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง HCCI ที่กำลังอัด 8.7, Indicated mean effective pressure (IMEP) 7 bar, Torque 9.3 Nm, Constant speed 4500 RPM

1st test : compression ratio = 8.7								
lambda	intake air temp(°C)	Engine oil temp(°C)	lambda	intake air temp(°C)	Engine oil temp(°C)	lambda	intake air temp(°C)	Engine oil temp(°C)
1	42	69.4	0.73	50	66.3	1.52	52	70.6
1	50	71.1	0.73	54	70.7	1.52	54	71.2
1	52	72.6	0.73	56	71.2	1.52	57	73.4
1	54	73.5	0.73	58	71.8	1.52	59	73.5
1	56	73.4	0.73	61	75.6	1.52	61	77.5
1	60	75.2	0.73	64	77	1.52	65	78.9
1	65	77.3	0.73	67	78.9	1.52	68	79.4
1	69	77.6	0.73	70	79.2	1.52	71	80.2
1	74	77.8						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองทั้งหมดนี้ไม่สามารถทำให้เครื่องยนต์ทำการประจุเป็นเนื้อเดียวจุดระเบิดด้วยการอัด (HCCI) ได้

4.7.2 ผลการทดลอง HCCI ที่กำลังอัด 12.2 เปิดลิ้นเร่งที่ 2 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากไดนาโมมิเตอร์ได้รับความเสียหาย จึงไม่สามารถทำการทดลองที่ Indicated mean effective pressure (IMEP) 7 bar, Torque 9.3 Nm, Constant speed 4500 RPM ได้ จึงทำการทดลองที่ การเปิดลิ้นเร่งที่ 2 เปอร์เซ็นต์

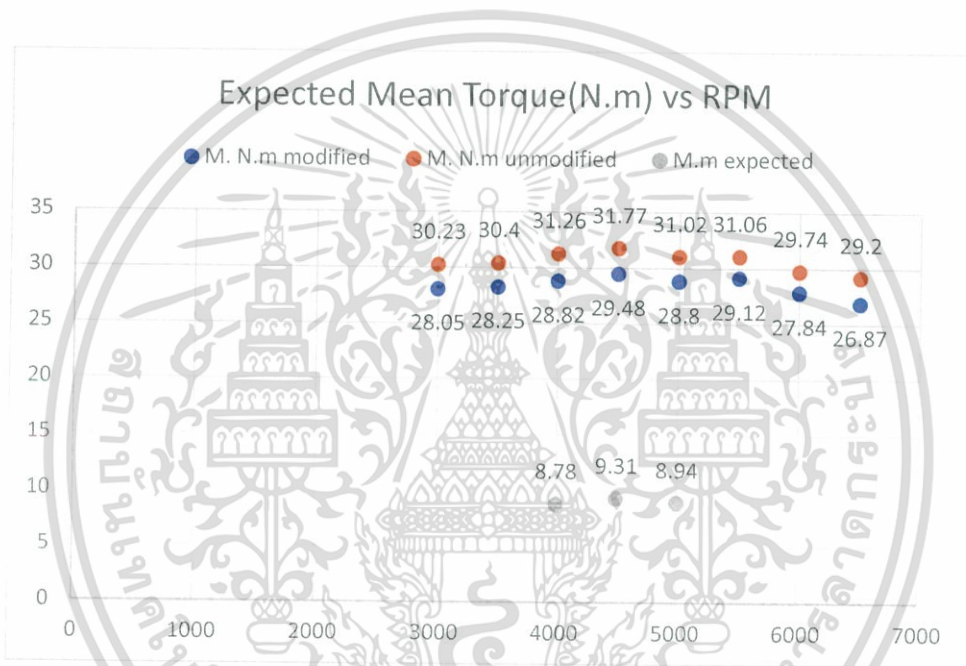
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลอง HCCI ที่กำลังอัด 12.2 เปิดลิ้นเร่งที่ 2 เปอร์เซ็นต์

2nd test : compression ratio = 12.2						
lambda	intake air temp(°C)	Engine oil temp(°C)	lambda	intake air temp(°C)	Engine oil temp(°C)	
1	55	69.4	1.5	52		82.2
1	56	71.1	1.5	54		84.7
1	58	72.6	1.5	57		85.6
1	63	73.5	1.5	59		85.8
1	64	73.4	1.5	61		87.6
1	67	75.2	1.5	65		88.1
1	65	77.3	1.5	68		88.8
1	69	77.6	1.5	71		89.7

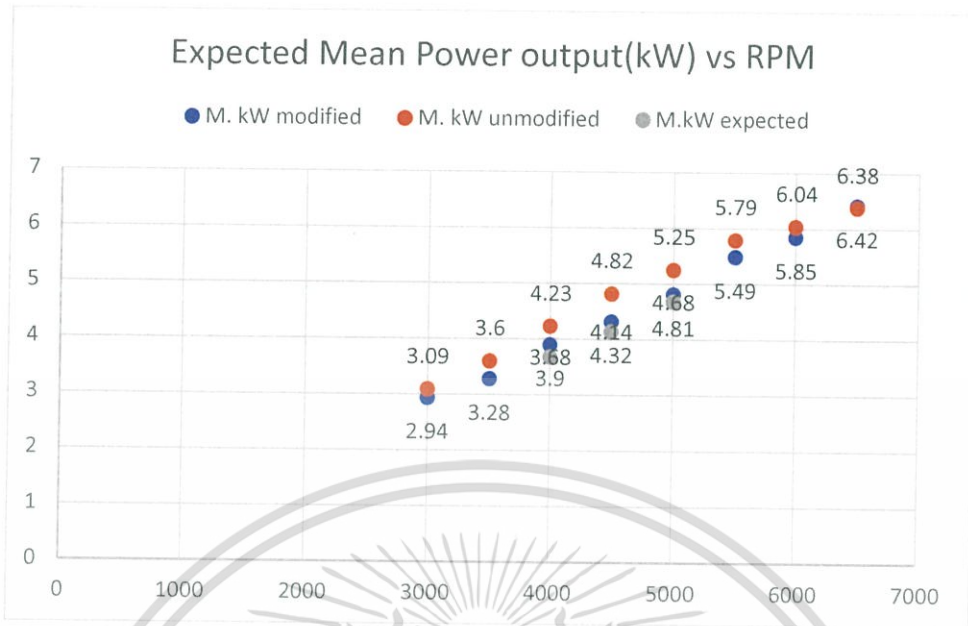
ผลการทดลองทั้งหมดนี้ไม่สามารถทำให้เครื่องยนต์ทำการประจุเป็นเนื้อเดียวจุดระเบิดด้วยการอัด (HCCI) ได้

4.8 ผลที่คาดหวังจากการเผาไหม้แบบ HCCI

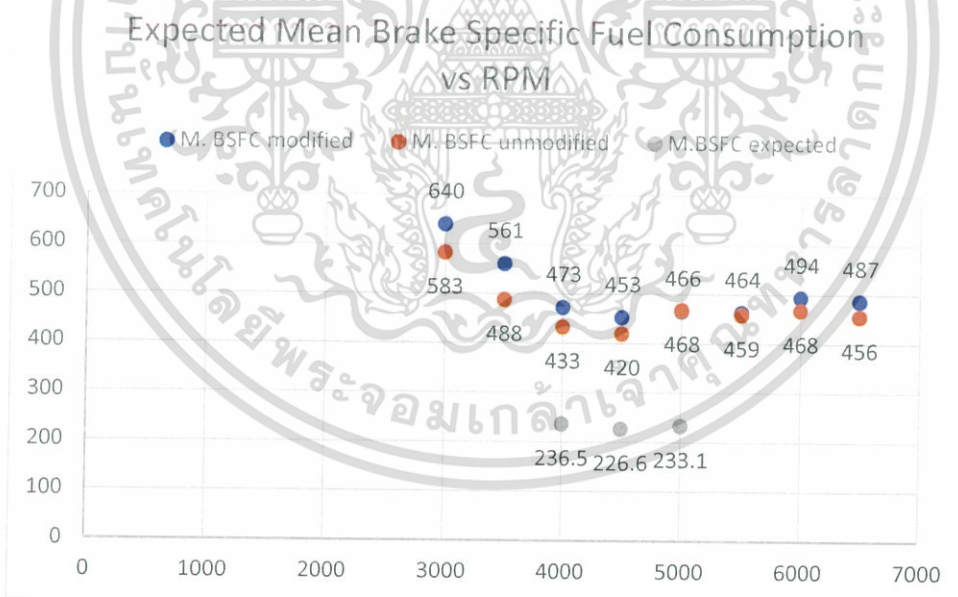
เนื่องจากผลการทดลองที่ได้ไม่สามารถทำให้เครื่องยนต์ทำการประจุเป็นเนื้อเดียวจุดระเบิดด้วยการอัด(HCCI) ได้ จึงทำการประมาณผลที่คาดหวังจากการเผาไหม้แบบ HCCI โดยใช้ข้อมูลทั้งหมดที่ได้ทำการทดลองมาอ้างอิงและทำการคำนวณได้ดังนี้



รูปที่ 4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากผลที่คาดหวังจากการเผาไหม้แบบ HCCI

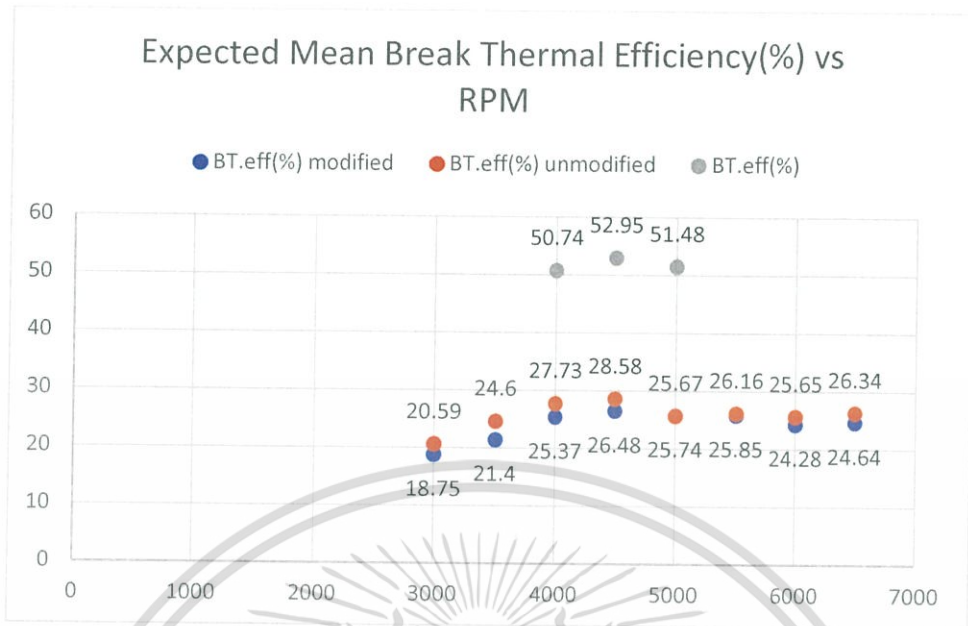


รูปที่ 4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากผลที่คาดหวังจากการเผาไหม้แบบ HCCI



รูปที่ 4.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบริโภคน้ำมันและความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากผลที่คาดหวังจากการเผาไหม้แบบ HCCI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์จากผลที่คาดหวังจากการเผาไหม้แบบ HCCI

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะนำเสนอบทสรุปและข้อเสนอแนะของโครงการการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนประจุเป็นเนื้อเดียวจุดระเบิดด้วยการอัด

5.1 สรุปผล

จากการทดลองในบทที่ 4 การปรับแต่งพอร์ทไอดีและไอเสียและวัตต์อัตราการไหลเชิงปริมาตรอากาศเมื่อทำการวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงปริมาตรอากาศกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้ดังนี้ พบว่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของอากาศมีค่ามากกว่า 1 เนื่องด้วยอัตราการไหลเชิงปริมาตรอากาศที่ได้ทำการวัดผลมา เกินกว่าความต้องการของเครื่องยนต์ที่มีปริมาตรกระบอกสูบ 127.74 cc และ จากการคำนวณพบว่า เมื่อปริมาตรการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้มีประสิทธิภาพเชิงปริมาตรและกำลังเพิ่มขึ้นจากเครื่องยนต์เดิม แต่กระนั้นการปรับแต่งนี้ก็ไม่ได้มีความจำเป็นต่อเครื่องยนต์ขนาดเล็ก

จากการทดลองในบทที่ 4 มีค่าอุณหภูมิอากาศขาเข้าประมาณ 21 ถึง 60 องศาเซลเซียส และความดันระหว่าง 1 ถึง 1.4 bar โดยใช้เครื่องอุ่นอากาศขาเข้าและ Supercharger ได้ผลการทดลองดังนี้

เครื่องยนต์ที่ไม่ได้ทำการปรับแต่ง มีแรงบิดสูงสุด 31.8 Nm ที่รอบ 4500 RPM กำลังสูงสุด 6.38 kW ที่รอบ 4500 RPM อัตราการบริโภคน้ำมันต่ำสุด 420 g/kWh ที่รอบ 4500 RPM และประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุด 28.6% ที่รอบ 4500 RPM จึงเลือกการปรับแต่งที่รอบ 4500 RPM ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

จากนั้นได้ทำการปรับแต่งทางเดินอากาศขาเข้าและขาออกโดยมีอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศขาเข้าสูงกว่าเครื่องยนต์เดิมที่ไม่ได้มีการปรับแต่งเฉลี่ย 10% ในส่วนของทางเดินอากาศขาออกมีอัตราการไหลเชิงปริมาตร สูงกว่าของเดิมเฉลี่ย 13% และผลการทดสอบเครื่องยนต์เมื่อมีการปรับแต่งทางเดินอากาศ ได้ผลดังต่อไปนี้ แรงบิดที่รอบ 4500 RPM มีค่า 29.5 Nm น้อยกว่าเครื่องยนต์ที่ไม่ได้มีการปรับแต่งประมาณ 7.2% ในส่วนของกำลังของเครื่องยนต์มีค่าน้อยกว่าของเดิมที่รอบ 4500 RPM 4.32 kW คิดเป็น 10% อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันที่รอบ 4500 RPM มีค่า 453 g/kWh มากกว่าของเดิม 7.8% ขณะที่ ประสิทธิภาพทางความร้อน มีค่า 26.5% น้อยกว่าของเดิม 2.1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นได้ทำการทดลองเพื่อให้เกิดการเผาไหม้แบบ HCCI ที่อัตราส่วนกำลังอัด 8.7 โดยให้อัตราส่วนกลับของ Equivalence ratio (λ) ตั้งแต่ 1 หรือส่วนผสมแบบ Stoichiometric, $\lambda = 0.73$ หรือส่วนผสมแบบหนา และ $\lambda = 1.52$ หรือส่วนผสมแบบบาง โดยที่อุณหภูมิอากาศขาเข้าอยู่ระหว่าง 40 ถึง 75 องศาเซลเซียส ที่โหลด 9.3 Nm รอบคงที่ 4500 RPM ผลปรากฏว่าล้มเหลว จากนั้นได้ทำการเปลี่ยนอัตราส่วนกำลังอัดเป็น 12.2 แต่ปรากฏว่าไดนาโมมิเตอร์ขัดข้องไม่สามารถใช้งานได้ จึงไม่สามารถควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้และไม่สามารถทำการติดตั้ง Supercharger จึงทำการทดลองโดยเปิดลิ้นเร่งที่ 2% โดยให้อัตราส่วนกลับของ Equivalence ratio (λ) ตั้งแต่ 1 หรือส่วนผสมแบบ Stoichiometric และ $\lambda = 1.5$ หรือส่วนผสมแบบบาง โดยที่อุณหภูมิอากาศขาเข้าอยู่ระหว่าง 50 ถึง 70 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่ายังคงต้องพัฒนาต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

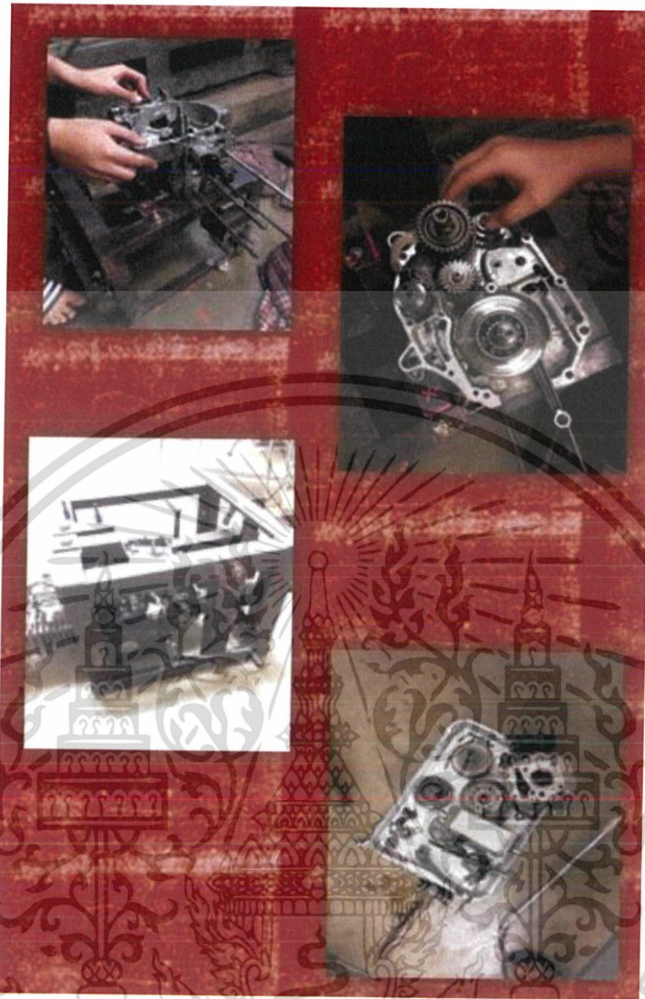
5.2.1 เครื่องยนต์แก๊สโซลีนประจุเป็นเนื้อเดียวจุดระเบิดด้วยการอัดมีอัตราส่วนกำลังอัดที่สูงกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจุดระเบิดด้วยหัวเทียน จึงควรออกแบบวัสดุของเครื่องยนต์ให้เหมาะสม

5.2.2 เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่มีการทำงานที่รอบคงที่ จะมีอุณหภูมิไอเสียคงที่ จึงสามารถนำมาแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศขาเข้าได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประกอบเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดลอง

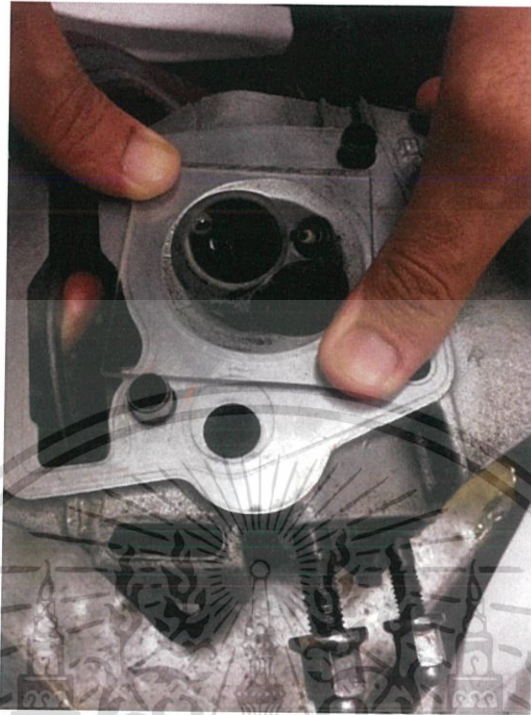


ลูกสูบที่ใช้เพิ่มกำลังอัด

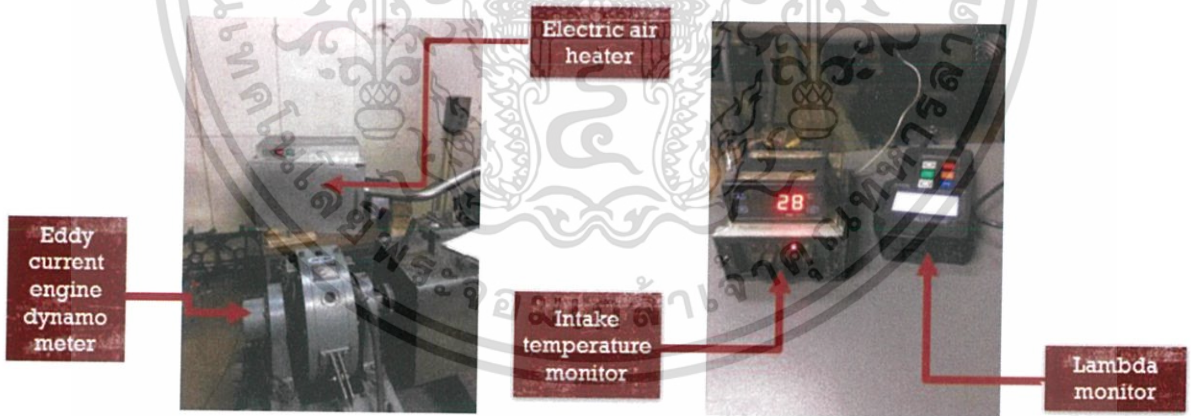


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

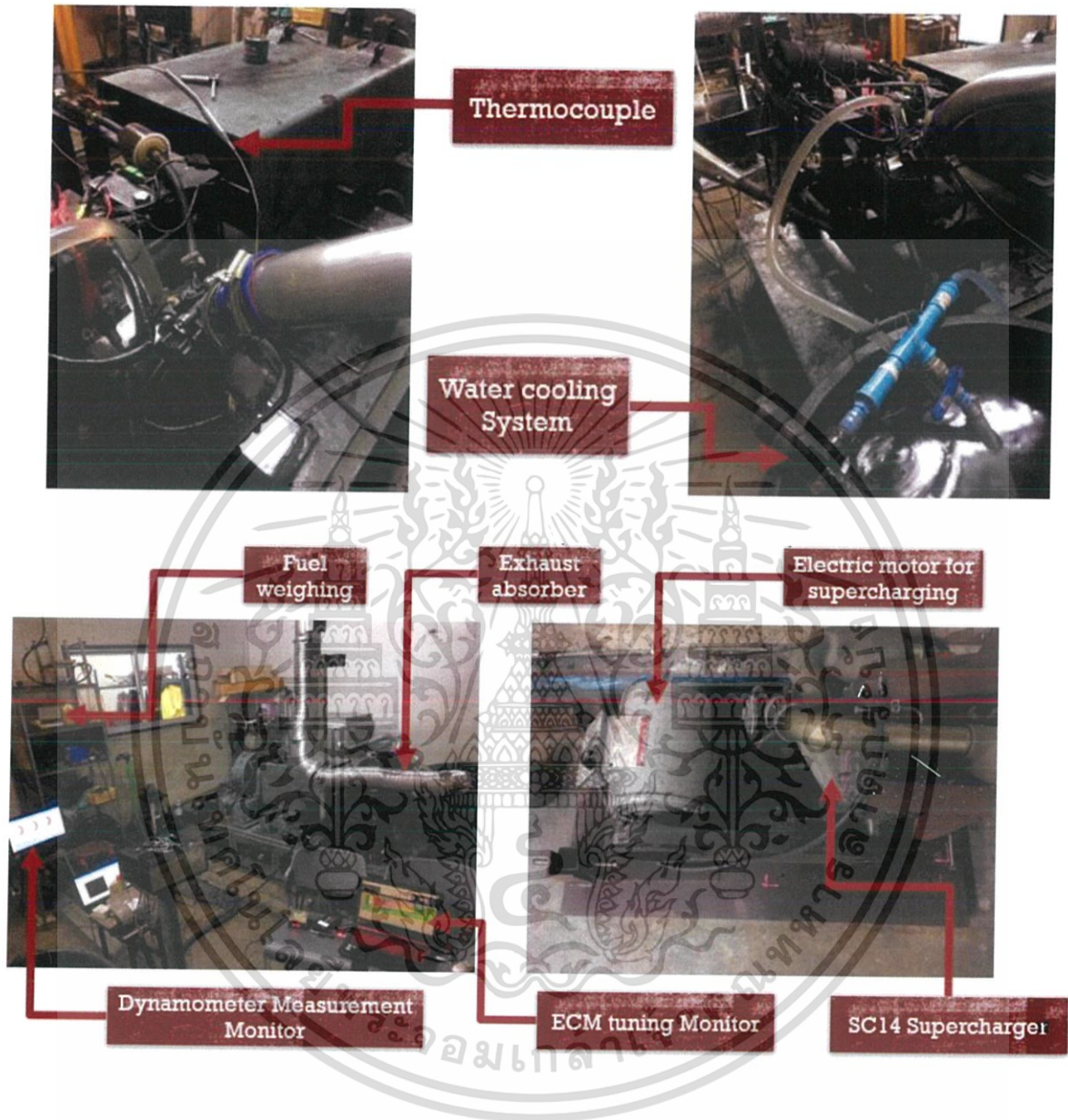
การวัดปริมาตรฟาสุบ



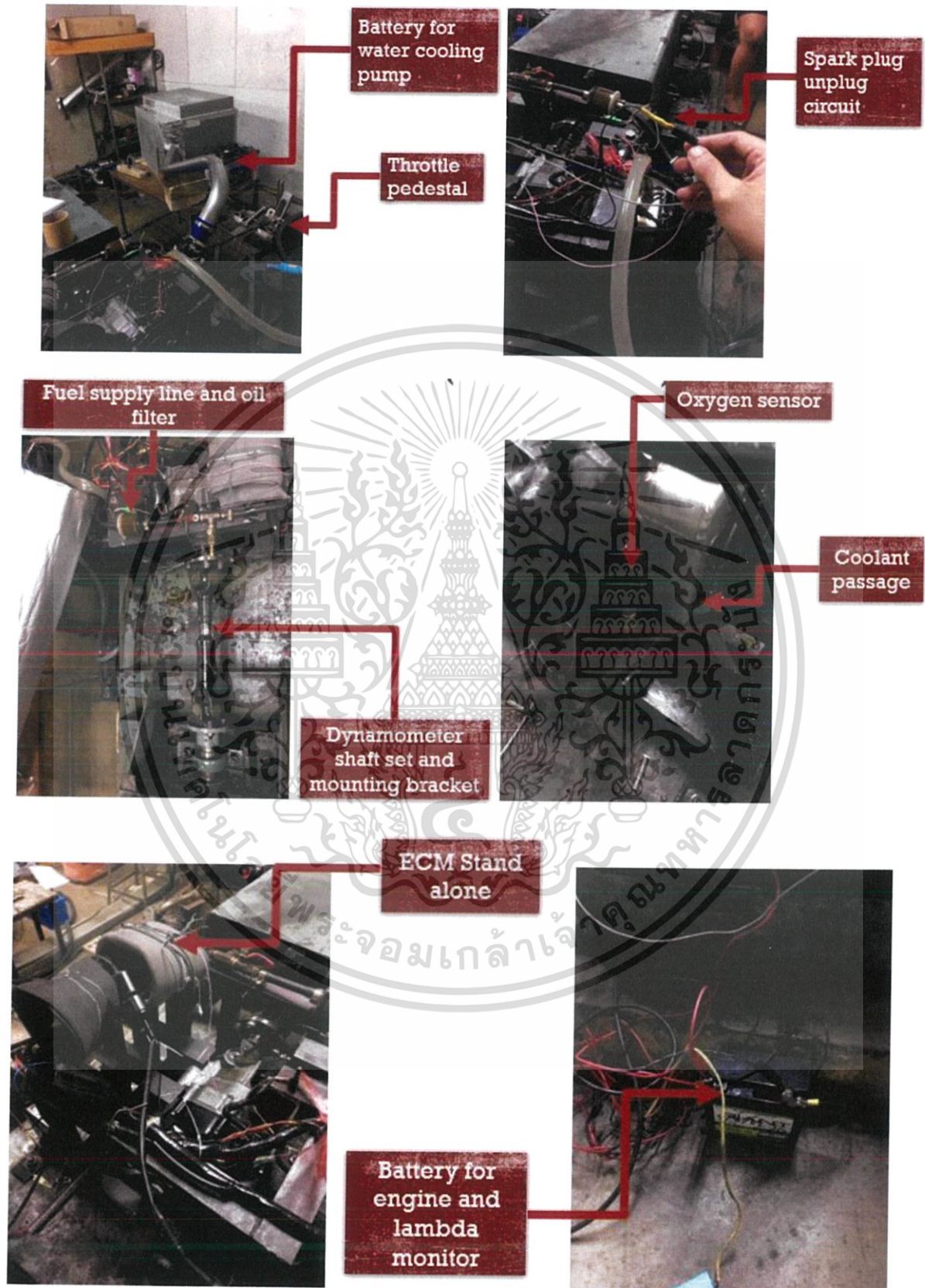
รูปอุปกรณ์และการทดลอง HCCI



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Willard W. Pulkrabek. 2014. **Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine**. 2nd ed. United States of America. Pearson Education Limited.
- [2] Wikipedia, HCCI, 2019, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Homogeneous_charge.
- [3] Nissan innovation that excites, **Nissan note**, 2016, URL: <https://www-europe.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/ireland/Brochures/Note%20Brochure%202016.12.pdf>
- [4] Wikipedia, **BMW i3**, 2018, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/BMW_i3.
- [5] Pan Paitoonpong, **เจาะเทคโนโลยีเครื่องยนต์ Mazda SKYACTIV-X (SPCCI) ที่โลกจะได้สัมผัสในปี 2019**, 11 สิงหาคม 2017, URL: <http://www.headlightmag.com/mazda-skyactiv-x-spcci-detail-report/>
- [6] Honda, **Wave125i**, 2016, Thailand, URL: <https://www.aphonda.co.th/honda2017/motorcycle/family/wave125i-2016>
- [7] Wikipedia, E85, 2019, URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/E85>
- [8] Yuh-Yih Wu, Bo-Chiuan Chen, James H. Wang. 2016. **Experimental Study on HCCI Combustion in a Small Engine with Various Fuels and EGR**. Department of Vehicle Engineering, National Taipei University of Technology, Taipei 10608, Taiwan
- [9] Mustafa Canakci. 2012. **Combustion characteristics of a DI-HCCI gasoline engine running at different boost pressures**. Department of Automotive Engineering, Kocaeli University, 41380 Izmit, Turkey Alternative Fuels R&D Center, Kocaeli University, 41275 Izmit, Turkey

การศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าที่ผสมสารผสมเพิ่มแคลเซียมไนไตรท์

STUDY ON PROPERTY OF MORTAR MIXED WITH
CALCIUM NITRITE ADMIXTURE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561