



ผลจากการลดอุณหภูมิของอากาศป้อนเข้าด้วยวิธีการระเหยน้ำที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนแบบ
อเนกประสงค์

Effect of Evaporative Air Intake Cooling on Performance of Multi Propose Gasoline Engine

ศักรินทร์ ปาปะเก¹, กระวี ตรีอำรรค^{1*}, เทวรัตน์ ตรีอำรรค²

Sakkarin Papakae¹, Krawee Treeeamnuk^{1*}, Tawarat Treeeamnuk²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

¹ School of Mechanical Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand, 30000

² สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

² School of Agricultural Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand, 30000

*Corresponding author: Krawee Treeeamnuk Tel: +664-4224-766, E-mail: krawee@sut.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบจากอากาศที่ถูกลดอุณหภูมิด้วยวิธีการระเหยน้ำก่อนป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ที่มีต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนแบบอเนกประสงค์ขนาดเล็ก เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะสูบเดียว ขนาด 208 cm³ ใช้ระบบลดอุณหภูมิอากาศป้อนเข้าด้วยการระเหยน้ำโดยใช้แผ่นระเหยแบบผิวเปียก (Evaporative cooling pad, ECP) รุ่น 7090 ขนาด ก x ย เท่ากับ 30 x 27 cm²หนา 100 mm ทดสอบเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบ 1,500-4,000 min⁻¹ โดยใช้อากาศที่ถูกลดอุณหภูมิก่อนป้อนเข้าเครื่องยนต์ลง 2 ระดับ ด้วยการใช้ น้ำอุณหภูมิประมาณ 24°C และ 1°C ไหลผ่านแผ่น ECP เปรียบเทียบผลกับการใช้อากาศอุณหภูมิ 55°C ที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิ จากการทดสอบพบว่า การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ด้วยวิธีการระเหยน้ำ จะทำให้อากาศป้อนเข้ามีความหนาแน่น ความชื้นสัมพัทธ์และความดันเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ โมเมนต์บิดและกำลังของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้น โดยกำลังมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด 3.21% ที่ความเร็วรอบ 2,000 min⁻¹ สำหรับกรณีใช้น้ำ 24°C และเพิ่มขึ้นสูงสุด 7.76% ที่ความเร็วรอบ 3,500 min⁻¹ สำหรับกรณีใช้น้ำ 1°C การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ลดลงสูงสุด 7.04 % ที่ความเร็วรอบ 3,500 min⁻¹ สำหรับกรณีใช้น้ำ 1°C อุณหภูมิไอเสียและปริมาณไฮโดรคาร์บอนในไอเสียของเครื่องยนต์มีค่าลดลง เมื่อเทียบกับกรณีอากาศไม่ผ่านการลดอุณหภูมิก่อนป้อนเข้าเครื่องยนต์

คำสำคัญ: การลดอุณหภูมิแบบระเหยน้ำ, การทดสอบเครื่องยนต์, สมรรถนะเครื่องยนต์

Abstract

The aim of this research was to study the effect of water evaporative intake air cooling on the performance of a multi propose gasoline engine. The 208 cm³ of four-stroke single cylinder engine was evaluated in this research. An evaporative cooling pad (ECP) system model type 7090 size 30x27 cm² and 100 mm thickness was applied to produce a low temperature air take into the engine. The engine was test at speed 1,500-4,000 min⁻¹ by supply the 2 level of cooled air (produced by circulate 24°C and 1°C of cool water pass ECP). The engine performance was evaluated compare with the normal intake air temperature (warm air at 55°C). The result shown that the reducing of air temperature before taking into the engine by the water evaporative cooling system influences on the increasing of density, relative humidity and pressure of the intake air. The low temperature of intake air provides an increasing of engine torque and power. The power increases 3.21% at 2,000 min⁻¹ of engine speed (use water 24°C in ECP) and 7.76% at 3,500 min⁻¹ (use water 1°C in ECP) and the specific fuel consumption reduces 7.04% at 3,500 min⁻¹. The exhaust temperature and HC-emissions are decreased when compare to the air intake without evaporative cooling system.

Keywords: Evaporative cooling, Engine testing, Engine performance

Received: April 20, 2018

Revised: June 14, 2018

Accepted: June 15, 2018

Available online: August 6, 2018

1 บทนำ

ทั่วโลกมีการใช้เครื่องยนต์เนกประสงค์ขนาดเล็กจำนวนมาก เนื่องจากเป็นต้นกำลังที่มีราคาไม่สูงมาก น้ำหนักเบา มีความสะดวกในการติดตั้งใช้งาน และการเชื่อมต่อกับระบบถ่ายทอดกำลัง สามารถควบคุมความเร็วได้ง่ายและมีความแม่นยำดี ในประเทศไทยนิยมใช้เครื่องยนต์เนกประสงค์ขนาดเล็กสำหรับงานสูบน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขับเคลื่อนเครื่องจักรกลเกษตรต่างๆ เช่น เครื่องตัดหญ้า เครื่องพ่นปุ๋ยและสารเคมี เครื่องสับย่อยลดขนาดวัสดุ เครื่องมือเตรียมแปลงเพาะปลูก เป็นต้น

ถึงแม้ว่าเครื่องยนต์เหล่านี้จะได้รับความนิยมอย่างมากก็ตาม แต่ยังคงพบปัญหาด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์เนกประสงค์ดังกล่าว เนื่องจากในการใช้งานจริงเครื่องยนต์ไม่สามารถให้ประสิทธิภาพและสมรรถนะสูงได้ตามทฤษฎี โดยเฉพาะเครื่องยนต์ระบายความร้อนด้วยอากาศที่มีขนาดเล็กและติดตั้งใช้งานอยู่กับที่ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น เนื่องจากการออกแบบเครื่องยนต์เหล่านี้ต้องการความกะทัดรัด จึงนิยมใช้การระบายความร้อนด้วยครีโบลหะสู่อากาศโดยตรง ทำให้อากาศที่อยู่รอบตัวเครื่องยนต์เกิดการสะสมความร้อนจากการระบายความร้อนของเครื่องยนต์เองประกอบกับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมล้วนทำให้อากาศที่ถูกประจุเข้าสู่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูง ความหนาแน่นต่ำ ส่งผลให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพตามวัฏจักรอากาศต่ำลงไปด้วย

การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวได้ถูกรายงานโดย ศักรินทร์และคณะ (2560) พบว่า การคำนวณเชิงตัวเลขในเครื่องยนต์เนกประสงค์ขนาดเล็กเมื่อมีการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ สามารถเพิ่มโมเมนต์บิดและกำลังของเครื่องยนต์ได้ถึง 3.85% Sajovaara et. al. (2015) พบว่า สามารถลดปริมาณก๊าซ NO_x และลดอุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 7.41 dm³ โดยอาศัยการพ่นละอองน้ำผสมกับอากาศเพื่อช่วยดึงความร้อนออกทำให้อากาศเย็นลง การทดสอบพ่นละอองน้ำเข้าสู่ท่อไอดีเพื่อศึกษาผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องยนต์ Cesur et. al. (2013) พบว่าสามารถเพิ่มกำลังและโมเมนต์บิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนได้มากถึง 4.65% ลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 6.44% ลดปริมาณก๊าซ NO เฉลี่ย 40% และลดปริมาณ HC 31.5% นอกจากนี้ ความชื้นที่เพิ่มเข้าสู่เครื่องยนต์ยังช่วยลดปริมาณ smoke ของเครื่องยนต์ดีเซลได้อีกด้วย (Sahin et. al., 2012)

เทคนิคหนึ่งในการลดอุณหภูมิอากาศที่ประหยัดและง่ายต่อการควบคุมคือ การลดอุณหภูมิด้วยการระเหยน้ำโดยใช้แผ่นระเหยแบบผิวเปียก (Evaporative Cooling Pad, ECP) ดัง Figure 1 อาศัยหลักการทำให้น้ำเกิดเป็นฟิล์มบาง บนแผ่นตัวกลางที่มีพื้นที่สัมผัสกับอากาศมาก เมื่ออากาศร้อนไหลผ่านผิวฟิล์มของน้ำ อากาศจะสูญเสียความร้อนในรูปความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงและทำให้น้ำบางส่วนระเหยกลายเป็นไอผสมไปกับอากาศ ทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลงและมีความชื้นสูงขึ้น

ในปัจจุบันเราพบอุปกรณ์ชนิดนี้ให้รูปเครื่องปรับอากาศแบบระเหยน้ำที่นิยมใช้ในครัวเรือน เนื่องจากเป็นระบบอย่างง่าย ไม่มีอุปกรณ์ที่ซับซ้อนและดูแลรักษาได้ง่าย สามารถออกแบบให้มีขนาดเล็กได้ และมีความสามารถลดอุณหภูมิอากาศได้มากถึง 15°C (บริษัทมาสเตอร์คูล, 2559) อีกทั้งยังมีการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ในการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าแผงคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ พบว่าอากาศมีอุณหภูมิต่ำลงและความชื้นเพิ่มสูงขึ้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบปรับอากาศได้ 10.6% และคอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานน้อยลง 11.4 % (Martinez et. al., 2016)



Figure 1. Evaporative Cooling Pad (ECP).

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะประยุกต์ใช้แผ่น ECP กับระบบลดอุณหภูมิอากาศก่อนบ่อน้ำเข้าสู่เครื่องยนต์แก๊สโซลีนแบบอเนกประสงค์ขนาดเล็กทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนค่ามลภาวะของไอเสียจากเครื่องยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิอากาศดังกล่าว

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์ทดสอบ

งานวิจัยนี้จะทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยใช้ชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ TecQuipment รุ่น TD201 ดังแสดงใน Figure 2 ทดสอบบนเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ 1 สูบ ขนาดความจุกระบอกสูบ 208 cm³ เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 70 mm ระยะชัก 54 mm ระยะข้อเหวี่ยง 27 mm อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ 8.5 และกำลังสูงสุดเท่ากับ 5.2 kW ที่ 3,600 min⁻¹ Figure 3 แสดงการติดตั้งเพลลาของเครื่องยนต์ เพื่อเชื่อมต่อไปยังไดนาโมมิเตอร์ชนิดน้ำ ประยุกต์ใช้แผ่นระเหยน้ำ (ECP) เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ ในระบบนี้มีทางเข้าอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์อยู่ห่างจากเครื่องยนต์ ซึ่งทำให้อากาศไม่ได้รับความร้อนจากเครื่องยนต์ เหมือนสภาวะการใช้งานจริงที่มีท่อดูดอากาศสั้น ดังนั้นเพื่อทำการทดสอบในงานวิจัยนี้มีสภาวะใกล้เคียงการใช้งานจริงของเครื่องยนต์ จึงมีการติดตั้งเครื่องทำความร้อน (Heater) บริเวณทางเข้าของอากาศ ดังแสดงใน Figure 3

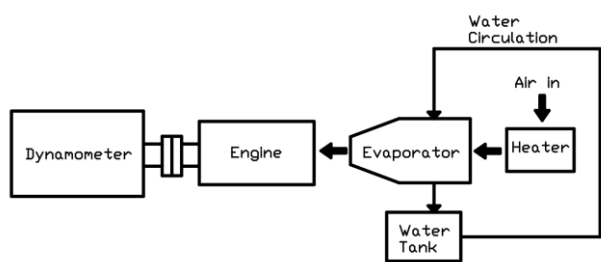


Figure 2. Schematic diagram of the experiment.

2.2 แผ่นระเหยน้ำ (Evaporative Cooling Pad, ECP)

การทดสอบจะใช้แผ่นระเหยน้ำ รุ่น 7090 ขนาด ก x ย เท่ากับ 30 x 27 cm² หนา 100 mm ประยุกต์ใช้เป็นระบบลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ด้วยน้ำ ดังแสดงใน Figure 3 และติดตั้งปั้มน้ำเพื่อใช้สำหรับการหมุนเวียนน้ำในระบบให้แผ่น ECP เปียกอยู่ตลอดเวลา

2.3 การทดสอบ

การทดสอบจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศก่อนเข้าสู่ชุดทดสอบ ให้มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งประมาณ 50-55 °C เหมือนกันทุกการทดสอบ ด้วยการเปิดเครื่องทำความร้อนเพื่อจำลองให้เหมือนสภาวะการใช้งานจริงของเครื่องยนต์ และแบ่งสภาวะอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์เป็นทั้งหมด 3 แบบ แบบที่ 1 อากาศอุ่น (Warm temp.) จะใช้อากาศที่ไหลผ่านเครื่องทำความร้อน และไหลผ่าน ECP โดยไม่เปิดน้ำเข้าสู่ ECP แบบที่ 2 อากาศเย็น (Cool temp.) ใช้อากาศเหมือนกับแบบแรก แต่มีการเปิดน้ำอุณหภูมิห้อง (24 °C) เข้าสู่ ECP แบบที่ 3 อากาศเย็นมาก (Very low temp.) ใช้อากาศเหมือนกับทั้งสองแบบแรก แต่มีการเปิดน้ำเย็นที่ใช้น้ำแข็งละลายในถังเก็บน้ำ (1 °C) เข้าสู่ ECP การทดสอบจะทดสอบแบบล้นผิวเสื้อของเครื่องยนต์เปิดกว้างที่สุดที่ภาระของเครื่องยนต์คงที่ โดยค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ศึกษามีดังนี้ โมเมนต์บิด (N·m), อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg s⁻¹), อัตราไหลอากาศ (kg s⁻¹), อุณหภูมิไอเสีย (°C) และมลพิษของเครื่องยนต์ HC (ppm) ทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เท่ากับ 1,500, 2,000, 2,500, 3,000, 3,500 และ 4,000 min⁻¹

การวัดค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ ใช้ Load cell ชนิด S shape สำหรับการวัดโมเมนต์บิดของเครื่องยนต์ (ติดตั้งเป็นชุดสำเร็จกับไดนาโมมิเตอร์) และอ่านค่าความเร็วรอบจากมอเตอร์ของชุดทดสอบ ใช้เทอร์โมคัปเปิล type K สำหรับการวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกแบบ wet sock (VanWylen and Sonntag 1973) ของอากาศก่อนเข้าสู่ ECP และหลังผ่าน ECP เพื่อใช้ในการอ่านค่าคุณสมบัติอากาศด้วย Psychrometric chart (Carrier, 2018) อุณหภูมิของไอเสียจากเครื่องยนต์ และใช้เครื่องวัดมลพิษไอเสียของเครื่องยนต์ HORIBA รุ่น MEXA-584L สำหรับการวัดปริมาณ HC ที่เกิดขึ้นในไอเสีย

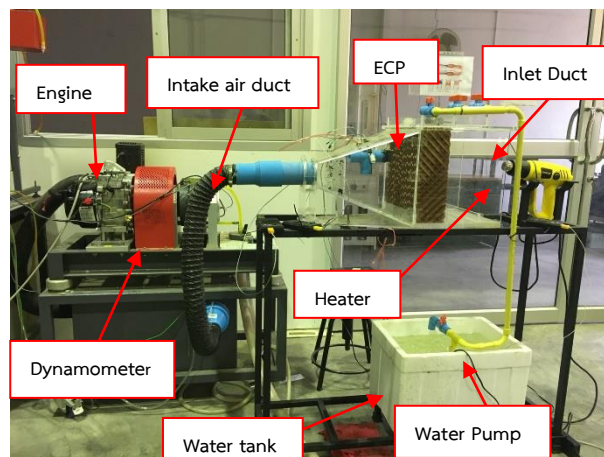


Figure 3. The experiment system.

ค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ (Heywood, 1998) สามารถคำนวณได้จาก eq. 1-3

$$\dot{W}_b = 2\pi NT \quad (1)$$

$$bsfc = \frac{\dot{m}_f}{\dot{W}_b} \quad (2)$$

$$\eta_v = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_a V_d N} \quad (3)$$

- เมื่อ $\dot{W}_b$ คือ กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (kW)
 N คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (min⁻¹)
 T คือ โมเมนต์บิดของเครื่องยนต์ (N·m)
 $bsfc$ คือ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (g kW⁻¹h⁻¹)
 $\dot{m}_f$ คือ อัตราไหลเชิงมวลน้ำมันเชื้อเพลิง (kg s⁻¹)
 V_d คือ ปริมาตรของกระบอกสูบ (m³)
 ρ_a คือ ความหนาแน่นอากาศ (kg m⁻³)
 η_v คือ ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

3 ผลและวิจารณ์

ผลการเตรียมสภาวะอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ทั้ง 3 แบบ แสดงใน Table 1

Table 1 Results of air properties

Intake air	Temp. (°C)		Density (kg m ⁻³)	Absolute humidity (kg _{water} kg _{air} ⁻¹)	RH (%)
	Dry bulb	Wet bulb			
Warm temp.	52.8	34.3	1.0390	0.02705	29.8
Cool temp.	31.1	26.6	1.1254	0.02098	75.2
Very Low temp.	21.9	16.8	1.1788	0.00985	60.1

สภาวะอากาศเริ่มต้นเมื่อควบคุมอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศให้เท่ากับ 52.8°C (Warm temp.) โดยใช้เครื่องทำความร้อน สำหรับการทดลองแรกอากาศอุ่นที่ไม่ได้ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนจาก ECP (ไม่เปิดน้ำเข้าสู่ ECP) จึงเป็นอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ที่มีความหนาแน่นต่ำมาก การใช้น้ำอุณหภูมิ 24°C จ่ายสู่ ECP เพื่อลดอุณหภูมิอากาศ พบว่า สามารถลดอุณหภูมิอากาศจาก 52.8°C เป็น 31.1°C และเพิ่มความหนาแน่นของอากาศได้เป็น 1.1254 kg m⁻³ และเมื่อใช้น้ำเย็นอุณหภูมิ 1°C สามารถลดอุณหภูมิและเพิ่มความหนาแน่นของอากาศได้เช่นเดียวกันโดยมีค่าอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดที่ 21.9°C ความหนาแน่นสูงสุด 1.1788 kg m⁻³ ดัง Table 1 การลดอุณหภูมิของอากาศด้วยวิธีระเหยน้ำ จะส่งผลต่อความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น เนื่องจากการระเหยของน้ำ (ค่า %RH ใน Table 1) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณของน้ำในอากาศที่แท้จริงพบว่าค่า Absolute humidity ของอากาศมีค่าลดลงเนื่องจาก อุณหภูมิหยาดน้ำค้างของอากาศมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ใน ECP เป็นผลให้น้ำในอากาศเกิดการควบแน่นเมื่อไหลผ่าน ECP และมีความชื้นลดลง ค่าความดันของอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์คำนวณได้ตามกฎของแก๊ส (Cengel, 2004) ความดันของอากาศที่สัมพันธ์กับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ดังแสดงใน Figure 4

ความดันอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์มีค่าต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ทั้งนี้เนื่องจากการไหลของอากาศป้อนเข้าเครื่องยนต์เกิดจากสภาวะสุญญากาศที่กระบอกสูบสร้างขึ้นในจังหวะดูดของวัฏจักรการทำงานเครื่องยนต์ (Pulkrabek, 2004) ค่าความดันนี้มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและเกือบคงที่เมื่อความเร็วยรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ดัง Figure 4 การลดอุณหภูมิอากาศมีผลทำให้ความดันของอากาศเพิ่มขึ้น เนื่องจากความหนาแน่นของอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศมีค่าลดลง ความดันของอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์กรณีใช้น้ำเย็น 1°C ในการลดอุณหภูมิ (Very low temp.) จะมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีอื่นๆ

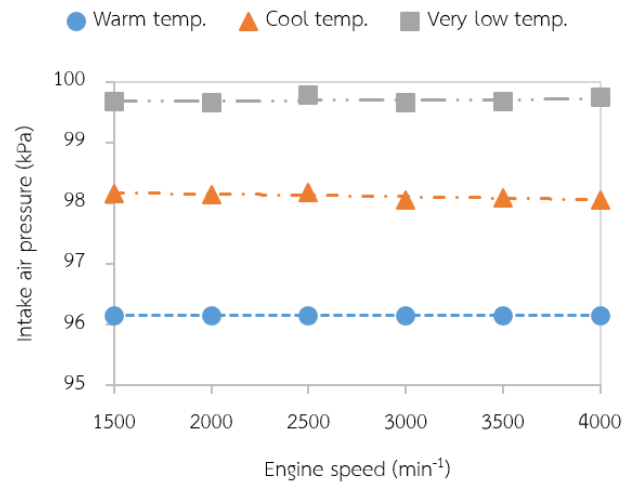


Figure 4. Relationship between intake air pressure and engine speed.

เมื่อความเร็วยรอบของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้น โมเมนต์บิดของเครื่องยนต์จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยและเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ความเร็วยรอบของเครื่องยนต์เท่ากับ 2,500 min⁻¹ การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ มีผลทำให้โมเมนต์บิดของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้นทุกความเร็วยรอบ เนื่องจากอัตราไหลการไหลเชิงมวลและความดันของอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความดันสูงสุดภายในกระบอกสูบในจังหวะให้งานมีค่าเพิ่มขึ้นตามทฤษฎีของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Pulkrabek, 2004) สอดคล้องกับผลการคำนวณเชิงตัวเลขของ ศักรินทร์ และคณะ (2560) และเป็นผลให้โมเมนต์บิดมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเมื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ โมเมนต์บิดจะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด 3.21% ที่ความเร็วยรอบเท่ากับ 2,000 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 24°C) และเพิ่มขึ้นสูงสุด 7.76% ที่ความเร็วยรอบเท่ากับ 3,500 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 1°C) เมื่อเทียบกับกรณีไม่ใช้น้ำเข้าสู่ ECP ในช่วงค่าทดลองโมเมนต์บิดมีความสัมพันธ์กับความเร็วยรอบ ดังแสดงใน Figure 5

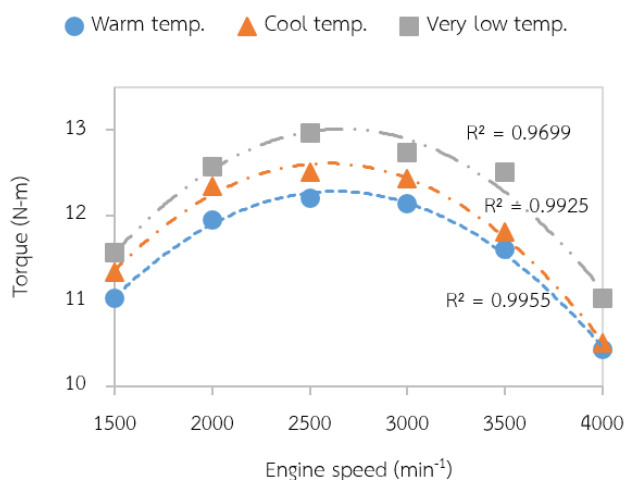


Figure 5. Relationship between torque and engine speed.

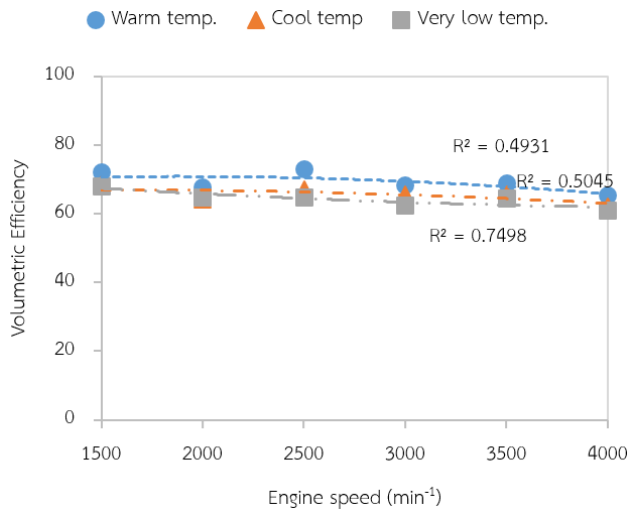


Figure 6. Relationship between volumetric efficiency and engine speed.

เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจะทำให้ลิ้นไอดีเปิด-ปิดเร็วมากขึ้นและทำให้อากาศป้อนเข้าซึ่งเคลื่อนที่ด้วยจังหวะดูดของเครื่องยนต์เกิดการหน่วงมากขึ้นเพราะลิ้นไอดีปิดก่อนที่มวลอากาศจะไหลเข้าสู่กระบอกสูบได้ทัน ซึ่งแสดงได้ด้วยค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของการประจุอากาศเข้ากระบอกสูบที่มีแนวโน้มลดลงทุกสภาวะการทดสอบ (Figure 6) อย่างไรก็ตามที่ความเร็วรอบสูงอากาศย่อมสามารถถูกประจุเข้ากระบอกสูบด้วยอัตราการไหลที่สูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน (Figure 7) ซึ่งผลกระทบร่วมของความสามารถในการประจุอากาศและประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่มีต่อโมเมนต์บิดจะส่งผลชัดเจนที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงกว่า 2,500 min⁻¹ ขึ้นไป โดยส่งผลให้ความดันสูงสุดของวัฏจักรลดต่ำลงและทำให้โมเมนต์บิดมีค่าลดลงในที่สุด ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ของค่าโมเมนต์บิดและความเร็วรอบตามทฤษฎีของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Pulkrabek, 2004)

กำลังเครื่องยนต์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เนื่องจากโมเมนต์บิดและความเร็วรอบมีค่าเพิ่มขึ้น กำลังของเครื่องยนต์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แม้ว่าโมเมนต์บิดจะลดลงในความเร็วรอบสูงๆก็ตาม เป็นผลมาจากที่ความเร็วรอบสูงๆการเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบส่งผลต่อกำลังของเครื่องยนต์มากกว่าการลดลงของโมเมนต์บิด ตามรูป eq. 1 การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ มีผลทำให้กำลังของเครื่องยนต์มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของโมเมนต์บิด ดังผลการทดลองใน Figure 7 ซึ่งแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของโมเมนต์บิดและกำลังสอดคล้องกับการศึกษาของศักรินทร์และคณะ (2560) และที่ความเร็วรอบสูงสุด 4,000 min⁻¹ การลดอุณหภูมิอากาศด้วยน้ำ 24°C ไม่แตกต่างกับการใช้อากาศอุ่นป้อนเข้าเครื่องยนต์

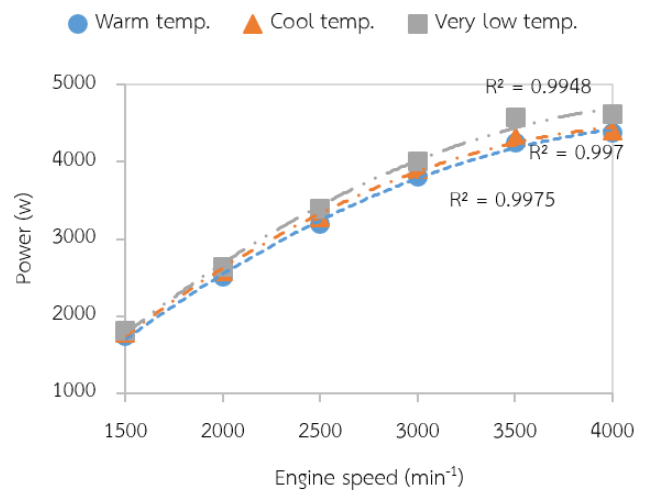


Figure 7. Relationship between power and engine speed.

จากผลการทดลองใน Figure 8 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อลดอุณหภูมิอากาศป้อนเข้าเครื่องยนต์ อัตราไหลเชิงมวลของอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิงมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากเครื่องยนต์ออกแบบประสงค์ให้ทดสอบใช้คาร์บูเรเตอร์เป็นอุปกรณ์ผสมไอดี ซึ่งอิทธิพลของความเร็วอากาศในคอขวดของคาร์บูเรเตอร์มีผลต่อการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยท่อแคพิลลารี (ท่อนมหนู) ในคาร์บูเรเตอร์มากกว่าความหนาแน่นอากาศที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการลดอุณหภูมิอากาศป้อนเข้า

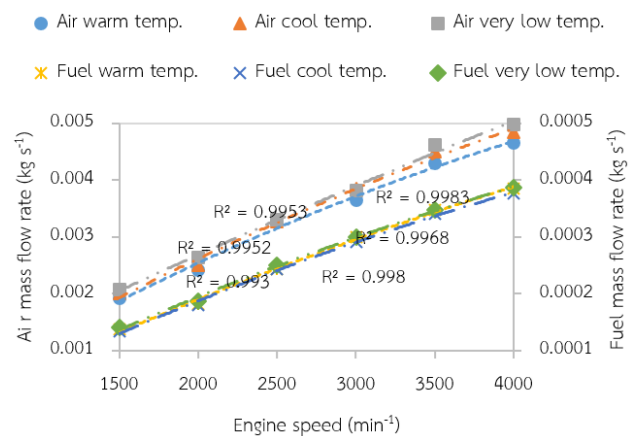


Figure 8. Relationship between air (left-axis) and fuel (right-axis) consumption during engine speed.

การเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงจำเพาะจะมีค่าลดลง เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นในช่วงความเร็วรอบเท่ากับ 1,500-2,500 min⁻¹ และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นสูงกว่า 2,500 min⁻¹ การเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงจำเพาะจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังผลการทดลองใน Figure 9 การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงจำเพาะมีค่าลดลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของกำลังเครื่องยนต์มีส่วนมากกว่าการเพิ่มของอัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นน้อยมาก (Figure 7) โดยการเปลี่ยนแปลง

เชื้อเพลิงจำเพาะลดลงสูงสุด 5.54% ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 1,500 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 24°C) และลดลงสูงสุด 7.04% ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 3,500 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 1°C) เมื่อเทียบกับการป้อนอากาศอุ่นเข้าสู่เครื่องยนต์

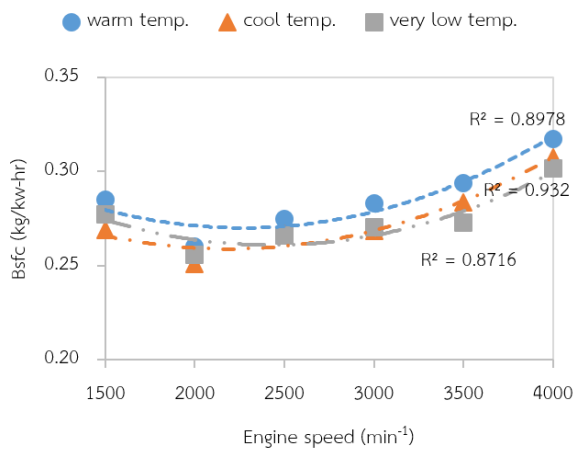


Figure 9. Relationship between bsfc and engine speed.

จากผลการทดลองใน Figure 10 เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น อุณหภูมิไอเสียของเครื่องยนต์จะมีค่าเพิ่มขึ้น ด้วยการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ส่งผลให้อุณหภูมิ

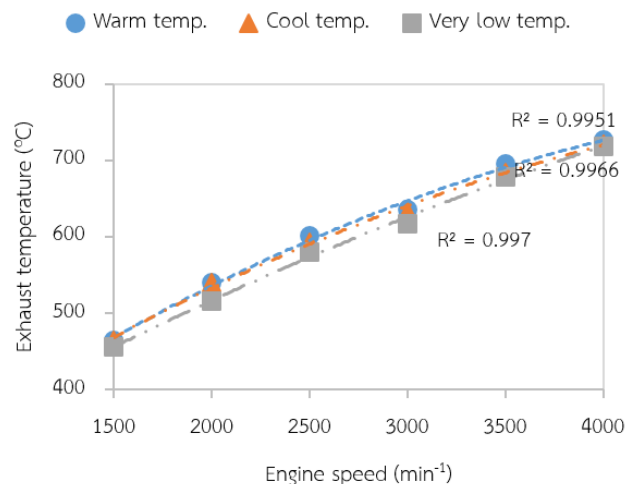


Figure 10. Relationship between exhaust temperature and engine speed.

ไอเสียของเครื่องยนต์มีค่าลดลง เนื่องจากการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ทำให้มวลอากาศเข้าสู่กระบอกสูบมากขึ้นช่วยให้เกิดการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ประกอบกับการถ่ายเทความร้อนจากผนังห้องเผาไหม้สู่อากาศในจังหวะดูดและอัดได้ดีขึ้น เนื่องจากผลต่างอุณหภูมิของผนังเครื่องยนต์กับอากาศมีค่าสูง จึงเป็นผลให้อุณหภูมิของเครื่องยนต์และไอเสียมีค่าต่ำลงตามทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนในเครื่องยนต์ (Pulkrabek, 2004)

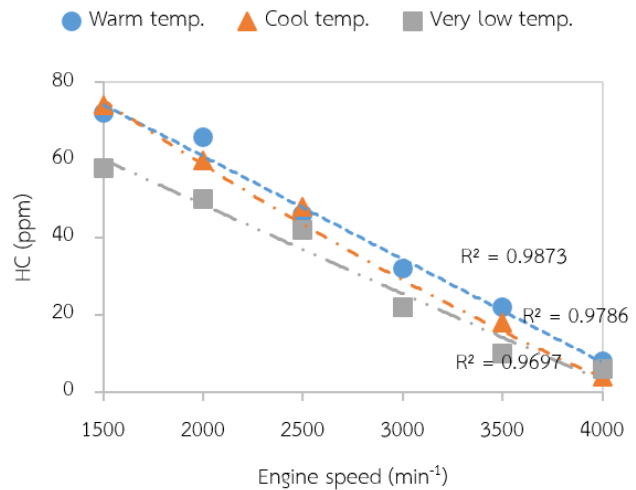


Figure 11. Relationship between HC-emission and engine speed.

เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ปริมาณ HC ในไอเสียของเครื่องยนต์จะมีค่าลดลง ดังผลการทดลองใน Figure 11 เนื่องจากเกิดการไหลปั่นป่วนสูงที่ความเร็วรอบสูง ทำให้อากาศและฟอยน้ำมันเชื้อเพลิงคลุกเคล้าผสมกันได้ดียิ่งขึ้น เป็นผลให้ได้ไอติดคุณภาพสูง ที่สามารถเผาไหม้ได้ดี เกิดปริมาณ HC จากการเผาไหม้ต่ำ การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ จะทำให้ปริมาณ HC มีค่าลดลง เนื่องจากมวลของอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์สามารถลดปริมาณ HC ได้สูงสุด 31.25% ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 3,000 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 24°C) และลดลงสูงสุด 54.55% ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 3,500 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 1°C) เมื่อเทียบกับการป้อนอากาศอุ่นเข้าสู่เครื่องยนต์

4 สรุป

การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ด้วยวิธีการระเหยน้ำ มีผลทำให้ความหนาแน่น ความดันและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องยนต์ที่ต่ำลง มีผลทำให้โมเมนต์บิดและกำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นสูงสุด 3.21% ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 2,000 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 24°C) และเพิ่มขึ้นสูงสุด 7.76% ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 3,500 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 1°C) การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะลดลงสูงสุด 5.54% ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 1,500 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 24°C) และลดลงสูงสุด 7.04% ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 3,500 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 1°C) อุณหภูมิไอเสียลดลงและปริมาณ HC ในไอเสียลดลงสูงสุด 31.25% ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 3,000 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 24°C) และลดลงสูงสุด 54.55% ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 3,500 min⁻¹ (กรณีใช้น้ำ 1°C) เมื่อเทียบกับกรณีไม่ใช้น้ำจ่ายเข้าสู่ ECP (อากาศอุ่น)

อย่างไรก็ตามค่าสมรรถนะที่รายงานในงานวิจัยนี้ได้จากการทดสอบแบบภาระสูงสุดขณะลั่นผีเสื้อเปิดกว้างสุดเท่านั้น โดยยัง

ไม่ใช่ค่าสมรรถนะที่ครอบคลุมสภาพการทำงานทั้งหมดของเครื่องยนต์ และเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่สมบูรณ์เกี่ยวกับผลของการลดอุณหภูมิอากาศที่มีต่อสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ จึงยังจำเป็นต้องทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ในสภาพการทำงานอื่นตามมาตรฐานการทดสอบที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลต่อไป

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่สนับสนุนงานวิจัยนี้

6 เอกสารอ้างอิง

ศักรินทร์ ปาปะเก, วันเฉลิม เหนือเกาะหวาย, กิตติพงษ์ บุญเงิน, รวีวรรณ สิริวัชรชัยกุล, กระวี ตรีอำนาจ, เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. 2560. การวิเคราะห์เชิงตัวเลขค่าสมรรถนะทางอุณหพลศาสตร์ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน. รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 2. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์. 31 พฤษภาคม-1 มิถุนายน 2560, ชุมพร.

บ.มาสเตอร์คูล. 2559. พัดลมไอเย็น. แหล่งข้อมูล: <http://masterkool.com/พัดลมไอเย็น>. เข้าถึงเมื่อ 27 สิงหาคม 2559.

Carrier United Technologies. 2018. Psychrometric charts. Available at: <https://www.carrier.com/carrieruniversity/en/us/courses-materials/materials/psychrometric-charts/>. Accessed on 20 April 2018.

Cengel, Y.A. 2004. Thermodynamics: An Engineer Approach. New York City: McGraw-Hill Science.

Cesur, I., Parlak, A., Ayhan, V., Boru, B., Gonca, G. 2013. The effects of electronic controlled steam injection on spark ignition engine. Journal of Applied Thermal Engineering 55, 61-68.

Heywood, J.B. 1998. Internal combustion engine fundamentals. Singapore: McGraw-Hill.

Martínez, P., Ruiz, J., Cutillas, C.G., Martínez, P.J., Kaiser, A.S., Lucas, M. 2015. Experimental study on energy performance of a split air-conditioner by using variable thickness evaporative cooling pads coupled to the condenser. Journal of Applied Thermal Engineering 105, 1041-1050.

Pulkrabek, W.W. 2004. Engineering fundamentals of the internal combustion engine (2nd ed.). Prentice hall upper saddle river. New Jersey, USA: Pearson Education.

Sahin, Z., Tuti, M., Durgun, O. 2014. Experimental Investigation of the effects of water adding to the intake air on the engine performance and exhaust

emission in a DI automotive diesel engine. Journal of Fuel 115, 884-895.

Sajovaara, T., Larmi, M., Vuorinen, V. 2015. Effect of charge air temperature on E85 dual-fuel diesel combustion. Journal of Fuel 153, 6-12.

Van Wylen, G.J., Sonntag, R.E. (1973). Fundamentals of Classical Thermodynamics (2nd ed.) (p.448). New York, USA: Wiley.