

การศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาสมรรถนะและกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ฟลูอิดไนน์

Experimental Investigation of The Performance and Peak Power Output of A Fluidyne Engine

ลิขิต เหมยบัว¹, บัญชา คังตระกูล², ณภาค ศรีคช³

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี/สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล,มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, napakom@northcm.ac.th

²คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี/สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล,มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, Bancha_kong@yahoo.com

³คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี/สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล,มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, napakom4711@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องยนต์ฟลูอิดไนน์ รวมถึงการทดลองหาลำดับสูงสุดของเครื่องยนต์และหาระดับน้ำที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ โดยใช้ น้ำเป็นลูกสูบของเหลวในกระบอกสูบเคลื่อนย้าย และใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งให้ความร้อนกับเครื่องยนต์

การทดลองขั้นต้นเป็นการทดลองหาลำดับของเครื่องยนต์ที่ระดับน้ำอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางฮีตเตอร์ โดยจะทดลองหาลำดับของเครื่องยนต์ที่ปริมาณความร้อนของฮีตเตอร์ที่แตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่ 100 วัตต์ ถึง 700 วัตต์ ต่อมาทำการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในท่อปรับโดยจะทำการเพิ่มและลดระดับน้ำจากตำแหน่งกึ่งกลางฮีตเตอร์เพิ่มขึ้นและลดลงทีละ 3 เซนติเมตร ในการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำได้ทำการเปลี่ยนแปลงไปทั้งหมด 9 ระดับ พบว่าที่ระดับน้ำ 29.5 เซนติเมตร เป็นระดับน้ำที่เหมาะสม กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ได้คือ 0.1894 วัตต์, ที่ปริมาณความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้า 568 วัตต์, ระยะการกระพือของลำน้ำในท่อปรับ 510 มิลลิเมตร, ความถี่ของลำน้ำในท่อปรับ 1.133 เฮิรตซ์ สมรรถนะของเครื่องยนต์คิดเป็นร้อยละ 0.033

คำสำคัญ: เครื่องยนต์สเตอร์ลิง เครื่องยนต์ลูกสูบของเหลว เครื่องยนต์ฟลูอิดไนน์ สมรรถนะเครื่องยนต์

Abstract

The purpose of this study was to study the operation of Fluidyne engine, including experiments to find the maximum power of the engine and the appropriate water level of the engine, using water as a liquid piston in the displacer cylinder and using an electric heater as a heat source for the engine.

The initial experiment is an experiment to find the power of the engine at the water level which is the center of the electric heater. The experiment will find the power of the engine at different heat input, starting from 100 Watts to 700 Watts. The next experiment will change the water level in the tuning column by increasing and decreasing the water level from the middle

of the heater by 3 centimeters at a time. In changing the water level, a total of 9 levels were changed. It was found that the water level at 29.5 centimeters was the appropriate water level. The maximum power obtained from the engine is 0.1894 W at a heat quantity from the heat input 568 W, the water level fluctuation of the water stream in the tuning column is 510 mm, the frequency of the water stream in the tuning column is 1.133 Hz, the engine efficiency is 0.033%.

Keywords: Stirling engine Liquid piston engine Fluidyne engine Engine performance

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องยนต์สเตอร์ลิงลูกสูบของเหลว (Liquid piston Stirling engine) หรือเครื่องยนต์ฟลูอิดไนน์ (Fluidyne engine) ถูกคิดค้นขึ้นโดย C. D. West [4] เป็นพัฒนาการอย่างหนึ่งของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง ซึ่งเริ่มต้นจากการพัฒนาจาก Atomic Energy Research Laboratory ที่ Harwell สหราชอาณาจักร และมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับตระกูลเครื่องยนต์ที่ใช้วัฏจักรสเตอร์ลิงอื่นๆ เครื่องยนต์สเตอร์ลิงของเหลวจะทำงานโดยไม่มีชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนไหวเป็นโลหะ โดยจะใช้ของเหลวทำหน้าที่เป็นลูกสูบเคลื่อนย้าย (Displacer piston) และลูกสูบกำลัง (Power piston) ไม่มีเพลาค้อเหวี่ยง (Crankshaft) และไม่มีล้อตุ่นกำลัง (Flywheel) พัฒนาการในช่วงแรกเป็นการนำเครื่องยนต์นี้ไปใช้ในการสูบน้ำ นิยมเรียกว่าเครื่องสูบน้ำฟลูอิดไนน์ (Fluidyne pump) ซึ่งเมื่อให้ความร้อนเข้าที่ปลายข้างหนึ่งและปลายอีกข้างหนึ่งถูกรักษาไว้ให้เย็นเครื่องสูบน้ำนี้จะสามารถใช้ในการสูบน้ำได้ในลักษณะที่มีการไหลเป็นจังหวะอย่างต่อเนื่อง

ปัญหาที่พบในการศึกษาเครื่องยนต์ฟลูอิดไนน์ประการหนึ่งก็คือไม่ทราบวาระดับน้ำจุดใดที่ทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ดีที่สุด ในการทดลองจึงต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ เพื่อหากำลังของเครื่องยนต์ในแต่ละระดับน้ำ ดังนั้นระดับน้ำที่เหมาะสมจึงเป็นระดับน้ำที่ให้กำลังของเครื่องยนต์ออกมาสูงสุด การหากำลังของเครื่องยนต์สามารถหาได้โดยใช้วิธีคำนวณ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ฟลูอิดไนน์อยู่ที่การดูดซับและถ่ายเทพลังงานความร้อน จากแหล่งความร้อน โดยน้ำที่มีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนได้ดีและสามารถขยายตัว-หดตัวได้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล หากเลือกของเหลวที่สามารถดูดซับพลังงานความร้อนได้ดี (เช่น น้ำ หรือสารที่มีจุดเดือดสูง) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทพลังงานได้มากขึ้น และสามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้กลายเป็นพลังงานกลได้มากขึ้น

วัตถุประสงค์

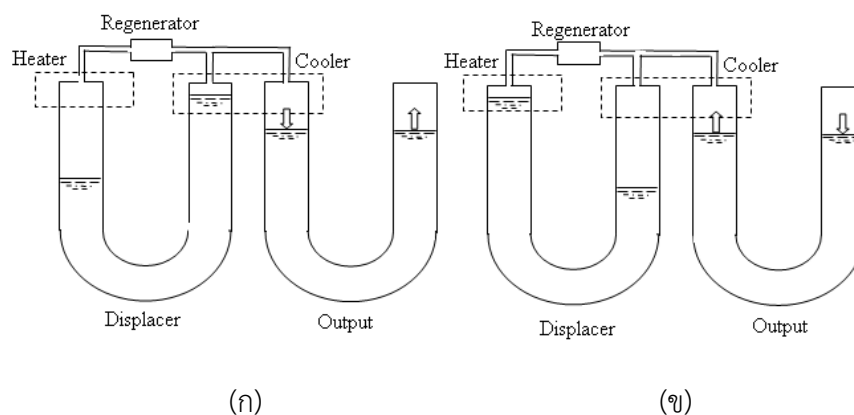
1. เพื่อทดลองหากำลังและสมรรถนะของเครื่องยนต์ฟลูอิดไนน์
2. เพื่อทดลองหาระดับน้ำที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ฟลูอิดไนน์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้กำลังสูงสุดและสมรรถนะของเครื่องยนต์ฟลูอิดไน์
2. ได้ระดับน้ำที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ฟลูอิดไน์
3. สามารถนำข้อมูลที่ทดลองไปใช้ทดลองเพื่อพัฒนาเครื่องยนต์ในครั้งต่อไป

กรอบแนวคิด

สำหรับการศึกษาเครื่องยนต์ฟลูอิดไน์นอกจากการศึกษาโดยการวิเคราะห์ทางอุณหพลศาสตร์แล้วรวมถึงการทำนายความถี่ของวัฏจักรหรือความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ตัวแปรที่สำคัญในการคำนวณ คือ ความถี่ของลำน้ำในกระบอกสูบเคลื่อนย้าย (Displacer cylinder) และความยาวของลำน้ำในท่อปรับ (Tuning column) หากตัวแปรทั้งสองนี้ไม่สัมพันธ์กัน เครื่องยนต์จะไม่สามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพ 1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ฟลูอิดไน์

หมายเหตุ : จาก ผศ. ดร. บัญชา คังตระกูล/การศึกษาความถี่ของลำน้ำในกระบอกสูบเคลื่อนย้ายและความยาวของลำน้ำในท่อปรับของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงลูกสูบของเหลวด้วยการทดลอง (2551 : 10) [1]

หลักการทำงานของเครื่องยนต์ฟลูอิดไน์ ในภาพ 1 (ก) สมมติว่าน้ำในกระบอกสูบเคลื่อนย้าย (ซึ่งทำหน้าที่เป็นลูกสูบเคลื่อนย้าย) สามารถแกว่งจากขาข้างหนึ่งของกระบอกสูบมีรูปร่างเป็นท่อรูปตัวยู(U-tube)ไปสู่ขาอีกข้างหนึ่งของท่อรูปตัวยูและแกว่งกลับได้ ตำแหน่งศูนย์ตายบน (TDC) ในปลายด้านเย็นของลูกสูบเคลื่อนย้ายจะตรงศูนย์ตายล่าง (BDC) ในปลายด้านร้อนของลูกสูบเคลื่อนย้ายดังแสดงไว้ในภาพ 1 (ก) ซึ่งในตำแหน่งนี้อากาศซึ่งถูกกักอยู่เหนือผิวน้ำในกระบอกสูบเคลื่อนย้ายส่วนใหญ่จะอยู่ในขาด้านร้อนของกระบอกสูบเคลื่อนย้าย ดังนั้นอากาศส่วนใหญ่จะร้อนทำให้ความดันเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มที่จะดันน้ำ (ซึ่งทำหน้าที่เป็นลูกสูบกำลัง) ในกระบอกสูบกำลัง (Output tube) ซึ่งมีรูปร่างเป็นท่อรูปตัวยูเช่นกัน เคลื่อนที่จากขาซ้ายไปยังขาขวา ดังมีลูกศรชี้ไว้ นี่คือการครั้งแรกในการทำงานของเครื่องยนต์ฟลูอิดไน์ [2]

ในวัฏจักรครั้งหลัง น้ำในกระบอกสูบเคลื่อนย้ายจะแกว่งกลับไปยังข้างอีกข้างหนึ่ง ทำให้ปลายข้างเย็นของลูกสูบเคลื่อนย้ายอยู่ในตำแหน่งศูนย์ตายล่าง ซึ่งแสดงไว้ดังภาพ 1 (ข) อากาศส่วนใหญ่ตอนนี้จะอยู่ทางด้านเย็นของกระบอกสูบเคลื่อนย้าย ทำให้ความดันลดลง น้ำในกระบอกสูบกำลังจะเคลื่อนที่จากขวาไปซ้าย [2]

การคำนวณกำลังของเครื่องยนต์และสมรรถนะของเครื่องยนต์

การคำนวณกำลังและสมรรถนะของเครื่องยนต์ฟลูอิด์ ในการทดลองเราจะสามารถทราบค่าปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับฮีตเตอร์ ดูได้จากอุปกรณ์ Power Meter ดังภาพ 6 และสามารถปรับค่าปริมาณความร้อนที่จะป้อนให้กับฮีตเตอร์ได้โดยการใช้อุปกรณ์ Electronic Dimmer ดังภาพ 5 ส่วนกำลังและสมรรถนะของเครื่องยนต์สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$P = \gamma \Delta h V f \quad (1)$$

เมื่อ

- γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (=9.81 KN/m³)
- Δh = ระยะการกระเพื่อมของลำน้ำในท่อปรับ, m
- f = ความถี่ในการกระเพื่อมของลำน้ำในท่อปรับ, cps , Hz
- V = ปริมาตรของลำน้ำที่กระเพื่อมในท่อปรับ, m³
- d_t = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อปรับ, m

สมรรถนะของเครื่องยนต์ สามารถหาได้โดยสมการหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ฟลูอิด์ดังนี้

$$E = \frac{P}{q_f} \quad (2)$$

เมื่อ

- P = กำลังของเครื่องยนต์ มีหน่วยเป็น W
- q_f = ปริมาณความร้อนจากฮีตเตอร์ที่ป้อนให้กับเครื่องยนต์ มีหน่วยเป็น W
- E = สมรรถนะของเครื่องยนต์ มีหน่วยเป็น เปอร์เซนต์ %

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของเครื่องยนต์ฟลูอิด์สามารถอธิบายได้ดังนี้ กำลังของเครื่องยนต์ (P) คำนวณจากผลคูณของน้ำหนักจำเพาะของน้ำ (γ) ระยะการกระเพื่อมของลำน้ำ (Δh) ปริมาตรของน้ำที่เคลื่อนที่ในท่อปรับ (V) และความถี่ในการกระเพื่อม (f) ตามสมการที่ 1 ซึ่งเป็นการแสดงถึงพลังงานกลที่ได้จากการเคลื่อนที่ของลำน้ำภายในท่อปรับตามหลักฟิสิกส์พื้นฐาน ในขณะที่สมรรถนะของเครื่องยนต์ (E) สามารถหาจากอัตราส่วนระหว่างกำลังกลที่ได้ (P) กับปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ (q_f) ตามสมการที่ 2 ซึ่งเป็น

นิยามทั่วไปของประสิทธิภาพทางเทอร์โมไดนามิกส์ สมการทั้งสองถือเป็นพื้นฐานการวิเคราะห์การทำงานของ
เครื่องยนต์ฟลูอิด

เครื่องยนต์และอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง



ภาพ 2 เครื่องยนต์ฟลูอิดที่ใช้ในการทดลอง
ใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งให้ความร้อน



ภาพ 4 เครื่องมือวัดการกระเพื่อมของน้ำ
ใช้ไม้บรรทัดฟุตเหล็ก ความยาว 1 เมตร



ภาพ 6 อุปกรณ์ Power Meter
รองรับกระแสสลับ AC 20A (110-250V AC), 4400W



ภาพ 3 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ TM-902C
วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -50 – 1,300 องศาเซลเซียส



ภาพ 5 เครื่องมือปรับกำลังไฟฟ้า
ปรับกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 700 วัตต์



ภาพ 7 Thermocouple
Type K ใช้จับวัดอุณหภูมิของฮีตเตอร์



ภาพ 8 นาฬิกาจับเวลา

ยี่ห้อ FBD รุ่น JS-322 ความละเอียด 0.01 วินาที



ภาพ 9 Temp Controller

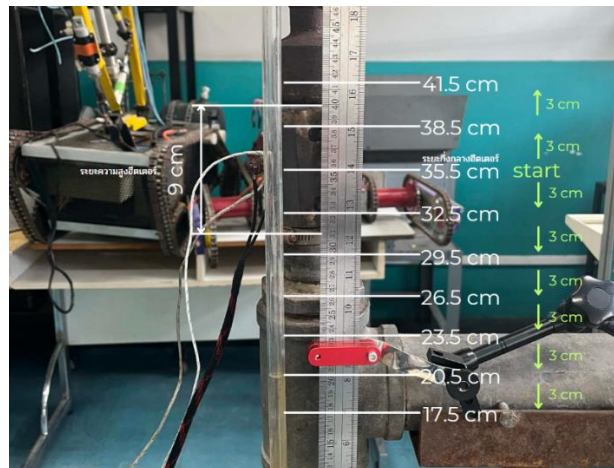
ควบคุมอุณหภูมิตั้งแต่ 0 – 1000 องศาเซลเซียส

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองเครื่องยนต์แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง

1. การทดลองหาค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ ในการทดลองช่วงแรกเนื่องจากการทดลองนี้ใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งให้ความร้อนกับเครื่องยนต์ โดยมีอุปกรณ์ Electronic Dimmer เป็นตัวปรับเพิ่มและลดกำลังไฟฟ้าที่จะป้อนให้กับฮีตเตอร์ไฟฟ้า อุปกรณ์ Electronic Dimmer สามารถป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ไฟฟ้าได้สูงสุดอยู่ที่ประมาณ 700 วัตต์ จึงต้องทดลองหาค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ในแต่ละช่วงไปทีละ 100 วัตต์ โดยมีอุปกรณ์ Temp controller เข้ามาช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ไฟฟ้าและหยุดการทำงานของอุปกรณ์ Electronic Dimmer ทำให้สะดวกในการหาค่ากำลังของเครื่องยนต์ในแต่ละช่วง กำลังของเครื่องยนต์สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1 โดยมีตัวแปรที่สำคัญอยู่ 2 ตัวแปรคือ ระยะเวลาการกระเพื่อมของลำน้ำในท่อปรับ และความถี่ของลำน้ำในท่อปรับ นำ 2 ตัวแปรนี้ไปคำนวณก็จะได้กำลังของเครื่องยนต์ออกมา

2. การทดลองหาระดับน้ำที่เหมาะสมจากกำลังของเครื่องยนต์ จากการทดลองในช่วงแรกเป็นการทดลองเริ่มต้นที่ระดับน้ำอยู่กึ่งกลางฮีตเตอร์ ดูภาพอ้างอิงระยะฮีตเตอร์ดังภาพ 10 เมื่อได้กำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ในแต่ละช่วง ทำการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ โดยเพิ่มและลดระดับน้ำไปทีละ 3 เซนติเมตร จากนั้นทำการทดลองเก็บข้อมูลหาระยะการกระเพื่อมของลำน้ำในท่อปรับและความถี่ของลำน้ำในท่อปรับ เพื่อนำสองตัวแปรนี้ไปคำนวณหาค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ในแต่ละช่วงซ้ำ จากนั้นนำกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ที่ระดับน้ำแต่ละระดับมาเปรียบเทียบหาระดับน้ำที่เหมาะสม



ภาพ 10 ระดับน้ำที่ทำการทดลอง

รวมเป็นการทดลองทั้งหมด 630 ครั้ง ในช่วงแรกเป็นการทดลองหาค่ากำลังของเครื่องยนต์โดยควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ในแต่ละช่วงด้วยอุปกรณ์ Temp Controller ตั้งแต่ 20 องศาเซลเซียส ถึง 200 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณความร้อน 100 วัตต์ ถึง 700 วัตต์ เท่ากับทดลองไป 70 ครั้ง ต่อมาได้ทำการเพิ่มและลดระดับน้ำไปทั้งหมด 9 ระดับ แล้วทำการทดลองซ้ำ รายละเอียดข้อมูลการทดลองสามารถดูได้จาก ภาคผนวก ก [3]

ผลการวิจัย

ผลลัพธ์การทดลองหาค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์และระดับน้ำที่เหมาะสม

ผลลัพธ์การทดลองเพื่อหาค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ได้แสดงไว้ดังตารางประกอบที่ 1 เป็นข้อมูลผลลัพธ์การทดลองหาค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ในระดับน้ำที่แตกต่างกันทั้งหมด 9 ระดับ จากตารางผลลัพธ์ในการทดลองที่ระดับน้ำ 20.5 เซนติเมตร ถึง 29.5 เซนติเมตร เป็นระดับน้ำที่เครื่องยนต์สามารถทำงานอย่างต่อเนื่อง เมื่อเปรียบเทียบดูแล้ว พบว่าที่ระดับน้ำ 29.5 เซนติเมตร เป็นระดับน้ำที่ให้กำลังของเครื่องยนต์มากที่สุด ที่ระดับน้ำ 29.5 เซนติเมตรจึงเป็นระดับน้ำที่เหมาะสม

ตาราง 1 แสดงข้อมูลผลลัพธ์การทดลองหาค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์ในแต่ละระดับน้ำ

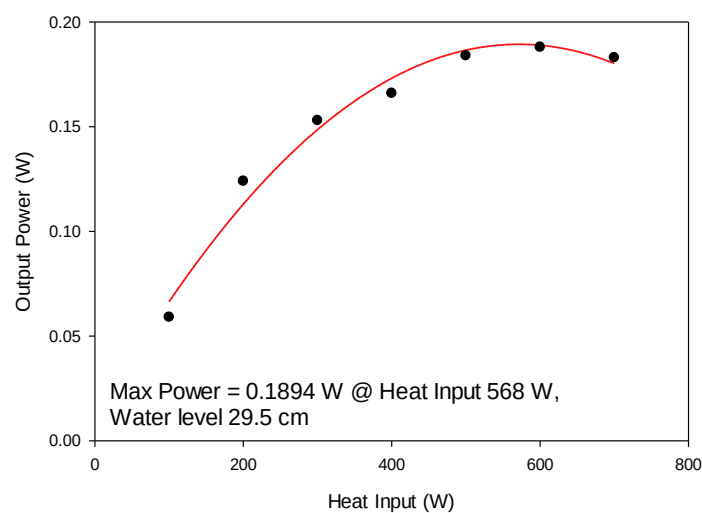
Water level	Power of Engine (W)							Results
	100 W	200 W	300 W	400 W	500 W	600 W	700 W	
17.5 cm	0	0	0	0	0	0	0	Doesn't Work
20.5 cm	0.052	0.031	0.024	0.009	0.031	0.027	0.029	Work
23.5 cm	0.066	0.088	0.088	0.012	0.019	0.022	0.024	Work
26.5 cm	0.066	0.077	0.066	0.082	0.054	0.057	0.053	Work
29.5 cm	0.059	0.124	0.153	0.166	0.184	0.188	0.183	Work

32.5 cm	0.082	0.173	0	0	0	0	0	Doesn't Work
35.5 cm	0.089	0.203	0.169	0	0	0	0	Doesn't Work
38.5 cm	0.090	0.210	0	0	0	0	0	Doesn't Work
41.5 cm	0.111	0.227	0	0	0	0	0	Doesn't Work

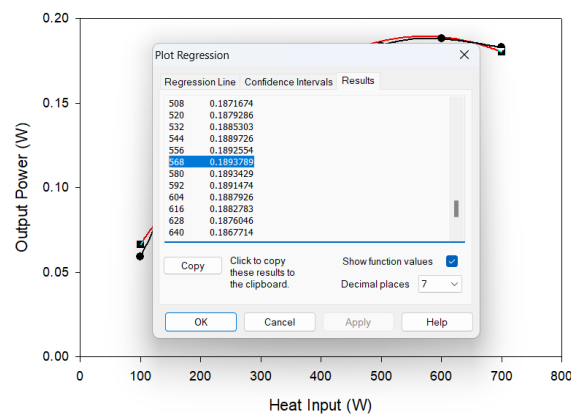
ตาราง 2 แสดงผลลัพธ์กำลังของเครื่องยนต์ที่ระดับน้ำ 29.5 เซนติเมตร

Water level	Power of Engine (W)						
	100 W	200 W	300 W	400 W	500 W	600 W	700 W
29.5 cm	0.059	0.124	0.153	0.166	0.184	0.188	0.183

จากกราฟดังแสดงที่ภาพ 16 เป็นการนำข้อมูลจากตาราง 2 มาสร้างกราฟในโปรแกรม Sigma Plot จากนั้นสร้างเส้น Regression line ขึ้นมา เพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลกำลังของเครื่องยนต์ที่ได้ในแต่ละช่วง พบว่าเครื่องยนต์มีกำลังสูงสุดอยู่ที่ $P_{\max} = 0.1894$ วัตต์, ที่ปริมาณความร้อนจากฮีตเตอร์ประมาณ $q_f = 568$ วัตต์ ที่มาของผลลัพธ์แสดงไว้ดังภาพ 12



ภาพ 11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้ากับกำลังของเครื่องยนต์



ภาพ 12 ผลลัพธ์ของค่ากำลังสูงสุดที่ Regression line

จากภาพ 12 เป็นตัวอย่างผลลัพธ์ของค่ากำลังสูงสุดที่ได้จากการหาแนวโน้มของข้อมูลโดยใช้คำสั่ง Plot Regression เส้น Regression จะช่วยบอกแนวโน้มค่ากำลังสูงสุดของเครื่องยนต์จากข้อมูลที่น่ามาสร้างกราฟ ซึ่งช่วยให้ทราบถึงจุดที่ดีที่สุดที่ทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สมรรถนะของเครื่องยนต์

สมรรถนะของเครื่องยนต์สามารถคำนวณหาจากสมการที่ 2 จากข้อมูลในหัวข้อผลการวิจัย ที่ระดับน้ำ 29.5 เซนติเมตร เครื่องยนต์มีกำลังสูงสุดอยู่ที่ $P_{\max} = 0.1894$ วัตต์ ที่ปริมาณความร้อนจากฮีตเตอร์ $q_f = 568$ วัตต์ ดังนั้นสมรรถนะของเครื่องยนต์คิดเป็นร้อยละ 0.033

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่า ระดับน้ำที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำงานของเครื่องยนต์คือ 29.5 เซนติเมตร ซึ่งสามารถให้กำลังสูงสุดที่ 0.1894 วัตต์ ปริมาณความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้า 568 วัตต์ ระยะการกระเพื่อมของลำน้ำในท่อปรับ 510 มิลลิเมตร ความถี่ของลำน้ำในท่อปรับ 1.133 เฮิรตซ์ สมรรถนะของเครื่องยนต์คิดเป็นร้อยละ 0.033 โดยที่ระดับน้ำต่ำหรือสูงกว่านี้ เครื่องยนต์ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผล

จากความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับกำลังของเครื่องยนต์ พบว่าเมื่อระดับน้ำที่ทำการทดลองอยู่ระหว่าง 20.5-29.5 เซนติเมตร เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ แต่ที่ระดับน้ำที่ต่ำกว่า 20.5 เซนติเมตร และสูงกว่า 32.5 เซนติเมตร เครื่องยนต์ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่ระดับน้ำ 29.5 เซนติเมตร ให้กำลังสูงสุด อาจเป็นเพราะที่ระดับน้ำ 29.5 เซนติเมตร เป็นจุดที่เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสูญเสียพลังงานอาจมาจากการถ่ายเทความร้อนที่ไม่สมบูรณ์หรือข้อจำกัดของระบบเครื่องยนต์

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองครั้งต่อไปควรทดลองเพิ่มปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับฮีตเตอร์ไฟฟ้า เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มพลังงานความร้อนต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำกับการทำงานของเครื่องยนต์ การทดลองนี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาสามารถนำไปพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

บัญชา คังตระกูล. (2551). การศึกษาความถี่ของลำน้ำในกระบอกสูบเคลื่อนย้ายและความยาวของลำน้ำในท่อปรับของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงลูกสูบของเหลวด้วยการทดลอง (รายงานวิจัยสัญญาเลขที่ 310/2551). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์.

บัญชา คังตระกูล, และไพศาล นามล. (2544). การศึกษาเชิงการทดลองเกี่ยวกับเครื่องสูบน้ำฟลูอิดไนน์. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 15, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ, หน้า TF-91 – TF-94.

ลิขิต เหมยบัว, (2567). การศึกษาเครื่องยนต์ฟลูอิดไนน์ด้วยวิธีการทดลอง, [โครงการวิจัยที่ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, หน้า 26 – 123.

West, C. D. (1983). *Liquid piston Stirling engines*. Van Nostrand Reinhold.