



การออกแบบและสร้างเครื่องยนต์สเตอร์ลิงชนิดแอลฟาขนาดเล็กสำหรับผลิตไฟฟ้า

Design and Construction of a Small Alpha Stirling Engine to Generate Electricity

อดิษฐ์ เจ๊ะชู วท.ม. (Adinan Jehsu, M.Sc.)¹

ฮาซัน ยาเติง วศ.บ. (Hasan Yadeng, B.Eng.)²

มะซอกี เติ้งมะระ (Masoki Dengmara)³

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องยนต์สเตอร์ลิงชนิดแอลฟาขนาดเล็กสำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้กับอุปกรณ์ในชีวิตประจำวัน โดยทดสอบค่าอัตราเร็วเฉลี่ยของการหมุน ค่าความต่างศักย์ และค่ากระแสไฟฟ้าตามผลต่างของอุณหภูมิ โดยจากผลการทดลองพบว่า เมื่อผลต่างของอุณหภูมิระหว่างกระบอกสูบด้านร้อนและกระบอกสูบด้านเย็นสูงขึ้น จะทำให้อัตราเร็วเฉลี่ยของจานหมุนเพิ่มขึ้น การที่จานหมุนมีอัตราเร็วมาก ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้หลอดไฟ LED สว่างมากขึ้น โดยค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์สูงสุดที่วัดได้จากเครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่สร้างขึ้นนี้ มีค่าเท่ากับ 1.7 แอมแปร์ และ 2.89 โวลต์ ตามลำดับ ที่ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างกระบอกสูบด้านร้อนและกระบอกสูบด้านเย็นเท่ากับ 277 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: เครื่องยนต์สเตอร์ลิง ออกแบบและสร้าง ไฟฟ้า

Abstract

This research aimed to design and construct a small alpha stirling engine to generate electrical production for electronic devices. The average rotate velocity, voltage and electricity billing were examined basing on the difference of temperature. The study revealed that when the difference of the temperature of both hot side and cold side of cylinders was higher, it caused disk velocity to increase. Because of the increase in disk velocity, the generator can generate more high electricity which lightened LED. The maximum electricity and voltage measured from the engine was at 1.7 A and 2.89 V, respectively. In relation to this measurement, the temperature difference was at 277 °C.

Keywords: Stirling Engine, Design and Construction, Electricity

¹ อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

² ผู้ช่วยวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

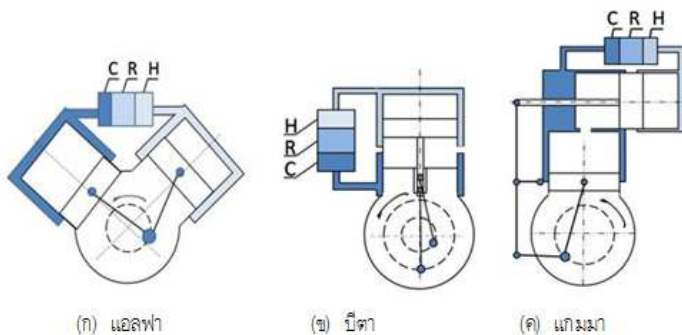
³ นักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการพลังงานของโลกสูงขึ้นซึ่งสวนทางกับปริมาณของพลังงานที่ค่อยๆ ลดลง เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป เช่น ถ่านหิน น้ำมัน เป็นต้น และจากปัญหาดังกล่าวนี้ทำให้เกิดการคิดค้นพลังงานทางเลือก และเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อมาใช้ทดแทน โดยหนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมสูงก็คือเครื่องยนต์สเตอร์ลิง หรือ Stirling engine ซึ่งมีการคิดค้นตั้งแต่ ค.ศ. 1816 โดยโรเบิร์ต สเตอร์ลิง (Robert Stirling) โดยมีจุดเด่นอยู่ในการทำงานที่เงียบ มีความสะอาด และปลอดภัยสูง เพราะเป็นเครื่องยนต์ที่มีการสันดาปภายนอก โดยใช้อากาศรอบเป็นสารทำงาน จึงสามารถใช้แหล่งพลังงานความร้อนได้หลากหลาย เช่น เชื้อเพลิงไฮโดรเจน แก๊สไอเสียจากโรงงาน เศษกิ่งไม้ หรือเทียนแท่งเล็กๆ ก็สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงได้ (มุทิตา ศิริรัชชานนท์, มาลูน วงศ์สวัสดิ์, ยาวานิษฐ์ เครือเทศน์, วัชรเดโชพลชัย และวิทยา ยงเจริญ, 2556)

จากการศึกษาหลักการทำงานเครื่องยนต์สเตอร์ลิง พบว่าเมื่อมีแหล่งพลังงานความร้อนกระทำกับกระบอกสูบด้านร้อนจะทำให้อากาศภายในกระบอกสูบเกิดการขยายตัวดันลูกสูบให้เกิดการเคลื่อนที่ โดยลูกสูบดังกล่าวจะต่อกับข้อเหวี่ยงซึ่งเชื่อมต่อไปยังจานหมุน ทำให้จานหมุนเกิดการหมุนและจานหมุนดังกล่าวต่อกับแขนเหวี่ยงอีกด้านไปยังลูกสูบอีกอันหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เพิ่มความเย็นให้กับกระบอกสูบด้านเย็น มีผลทำให้อากาศหดตัวลงโดยเกิดวัฏจักรการทำงานแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าแหล่งความร้อนจะหมดไป ซึ่งสามารถนำพลังงานกลที่ได้จากการหมุนของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (สมพจน์ คำแก้ว และบัญชา คงตระกูล, 2558)

ลักษณะของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่มีใช้ในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ แอลฟา (Alpha) บีตา (Beta) และแกมมา (Gamma) ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยตัวอักษร C คือ กระบอกสูบด้านเย็น H คือ กระบอกสูบด้านร้อน และ R คือ รีเจนเนอเรเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมเพื่อถ่ายโอนความร้อนระหว่าง C และ H



ภาพที่ 1 เครื่องยนต์สเตอร์ลิงทั้ง 3 ชนิด (ทงศักดิ์ วัฒนา, 2553)

ซึ่งแต่ละชนิดจะมีหลักการการทำงานเหมือนกันทั้งหมดแต่จะแตกต่างกันตรงส่วนประกอบที่แตกต่างกันออกไปเครื่องยนต์ชนิดบีตาจะมีหนึ่งกระบอกสูบ โดยมีลูกสูบด้านร้อนและลูกสูบด้านเย็นเคลื่อนที่ขึ้นลงภายในกระบอกสูบอันเดียวกัน เครื่องยนต์ชนิดนี้จึงมีข้อดีคือ มีอากาศรั่วน้อย แต่มีข้อเสียคือยากต่อการสร้างเพราะต้องสร้างลูกสูบ 2 อันในกระบอกสูบเดียวกัน เครื่องยนต์สเตอร์ลิงชนิดแกมมาคล้ายกับชนิดแอลฟาที่มีลูกสูบด้านร้อนและลูกสูบด้านเย็นอยู่ในกระบอกสูบที่แยกออกจากกัน โดยการแยกส่วนของลูกสูบด้านร้อนและลูกสูบด้านเย็นนี้ช่วยลดการสูญเสียทางความร้อนแต่ทำให้อัตราส่วนกำลังอัด (Compression ratio) ของเครื่องยนต์น้อยลง (มุทิตา ศิริรัชชานนท์ และคณะ, 2556) โดยเครื่องยนต์สเตอร์ลิงชนิดแอลฟามีการจัดวางลูกสูบที่สะดวกในการออกแบบและสร้างได้ง่ายกว่าเครื่องยนต์สเตอร์ลิงชนิดแกมมา ซึ่งการจัดวางลูกสูบที่ไม่ตรงกันของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงชนิดแกมมาทำให้การออกแบบระบบมีความยุ่งยากและซับซ้อน (อิทธิพล ญาณวารี และอังคิร ศรีภคการ, 2553) แสดงดังภาพที่ 1



ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างเครื่องย่นตส์เตอร์ลิ่งชนิดแอลฟาขนาดเล็กสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้กับอุปกรณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การชาร์จโทรศัพท์มือถือ ซึ่งจำเป็นอย่างมากในยุคปัจจุบัน เพราะการสื่อสารเป็นสิ่งจำเป็น แม้ว่าปัจจุบันจะมีอุปกรณ์เสริมสำหรับชาร์จโทรศัพท์มือถือแบบพกพา (Portable charger) แต่อุปกรณ์ดังกล่าวไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าในการเก็บพลังงานได้ด้วยตนเอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องย่นตส์เตอร์ลิ่งชนิดแอลฟาขนาดเล็กสำหรับผลิตไฟฟ้า
2. เพื่อทดสอบอัตราเร็วของการหมุนและวัดกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องย่นตส์เตอร์ลิ่งชนิดแอลฟาขนาดเล็กที่สร้างขึ้น

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลและออกแบบเครื่องย่นตส์เตอร์ลิ่งชนิดแอลฟา

1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

โครงสร้างหลักของเครื่องย่นตส์เตอร์ลิ่งประกอบด้วย กระบอกสูบด้านเย็นและกระบอกสูบด้านร้อน ลูกสูบตัวแรกเปลี่ยนความร้อน กลไกดัดและจานหมุน ดังแสดงในภาพที่ 2

การออกแบบลูกสูบ โดยลูกสูบทำหน้าที่เพิ่มความดันให้กับแก๊สในระบบ ดังนั้นลูกสูบต้องสามารถรับแรงดันจากการอัดตัวและขยายตัวของแก๊สได้ ในการสร้างต้องคำนึงถึงความยากง่ายของการผลิตขึ้นส่วน จึงได้เลือกใช้อะลูมิเนียมเป็นวัสดุสำหรับลูกสูบ เนื่องจากมีความแข็งแรง นำความร้อนได้ดี และน้ำหนักเบา อีกทั้งยังต้องมีการป้องกันการรั่วไหลของแก๊ส ซึ่งจะมีผลต่อสมรรถนะ ด้วยการเลือกใช้แหวนลูกสูบที่ทำจากเทปลอนที่มีสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์ต่ำในการป้องกันการรั่วที่ลูกสูบ (อิทธิพล ญาณวารี และอังคีร์ ศรีภาคาร, 2553)

กระบอกสูบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ กระบอกสูบด้านเย็นมีหน้าที่ในการระบายความร้อนออกจากระบบ และกระบอกสูบด้านร้อนมีหน้าที่ในการดูดความร้อนเข้าสู่ระบบ กระบอกสูบทั้งสองมีโครงสร้างแบบรองครีบ โดยกระบอกสูบด้านร้อนทำจากวัสดุอะลูมิเนียมซึ่งเป็นวัสดุที่นำความร้อนได้ดี ส่วนกระบอกสูบด้านเย็นทำจากสเตนเลส เนื่องจากนำความร้อนได้ช้า โดยกระบอกสูบทั้งสองเชื่อมต่อกันด้วยรีเจนเนอเรเตอร์ (Regenerator) ซึ่งทำจากอะลูมิเนียม ทำหน้าที่ถ่ายโอนความร้อนระหว่างกระบอกสูบด้านร้อนกับกระบอกสูบด้านเย็น

ก้านสูบจะใช้เหล็กแผ่น โดยการเคลื่อนที่ของก้านสูบมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงจึงต้องมีการประคองให้ก้านสูบเคลื่อนที่ได้โดยมีแรงเสียดทานน้อย

เพื่อให้เครื่องย่นตส์มีประสิทธิภาพและการถ่ายโอนความร้อนได้ดีมากขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงคำนึงถึงค่าสภาพนำความร้อนดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาพนำความร้อนของวัสดุ

วัสดุ(ที่อุณหภูมิห้อง)	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/m-K)
เหล็ก (Iron)	80
อะลูมิเนียม (Aluminum)	247
ทองแดง (Copper)	398
เงิน (Silver)	428
ทอง (Gold)	315
ทองเหลือง (Brass, 70Cu-30Zn)	120
สแตนเลส (Stainless steels 304)	16.2

ที่มา: William (2001)

กระแสไฟฟ้าสามารถเกิดขึ้นได้จากการเหนี่ยวนำขดลวดโดยการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก เรียกว่า กฎของฟาราเดย์ (Serway & Jewett, 2008) ดังสมการที่ (1)

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

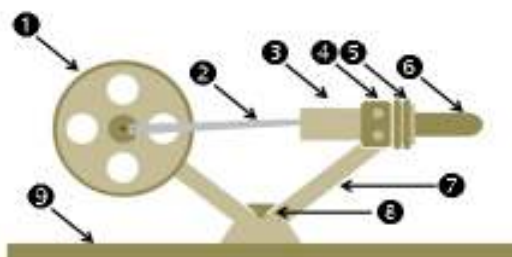
โดยที่ $\mathcal{E}$ = แรงเคลื่อนไฟฟ้า มีหน่วยเป็น V
 N = จำนวนรอบของขดลวด มีหน่วยเป็น rev
 ϕ = ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น Wb
 t = เวลา มีหน่วยเป็น s

การเหนี่ยวนำขดลวด คือ ขดลวดเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก ซึ่งเกิดจากการหมุนของจานหมุนที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้น (Serway & Jewett, 2008) ดังสมการที่ (2)

$$\mathcal{E} = -Blv \quad (2)$$

โดยที่ $\mathcal{E}$ = แรงเคลื่อนไฟฟ้า มีหน่วยเป็น V
 B = ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น Wb/m²
 l = ความยาวของขดลวดที่ผ่านสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น m
 v = อัตราเร็วของขดลวดที่ผ่านสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น m/s

1.2 การออกแบบเครื่องย่นตส์เตอร์ลิงชนิดแอลฟา



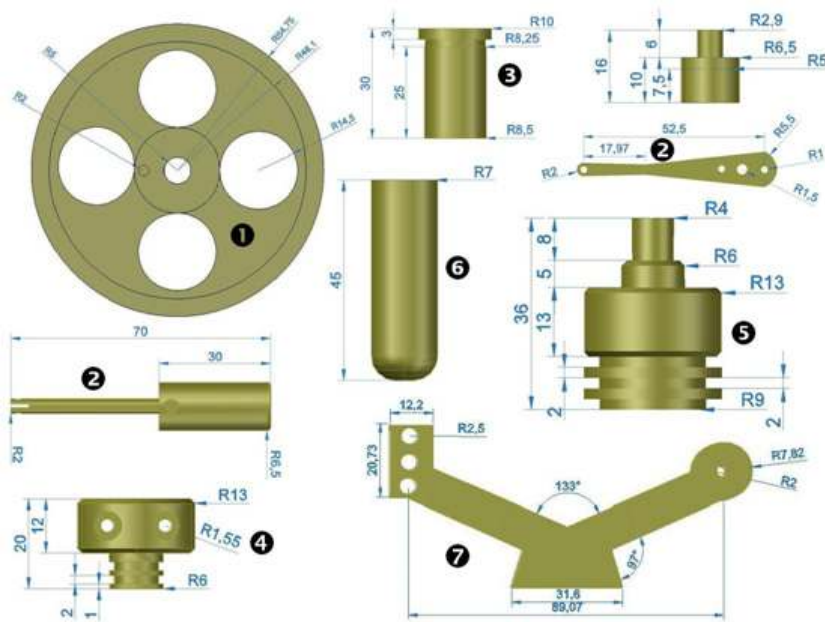
ภาพที่ 2 การออกแบบเครื่องย่นตส์เตอร์ลิงชนิดแอลฟา



ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

- | | | |
|-------------------|-------------------|---------------------|
| ❶ จานหมุน | ❷ ก้านสูบ | ❸ กระบอกสูบด้านเย็น |
| ❹ เลือสูบด้านเย็น | ❺ เลือสูบด้านร้อน | ❻ กระบอกสูบด้านร้อน |
| ❼ โครง | ❽ สกรู | ❾ ฐานเครื่องยนต์ |

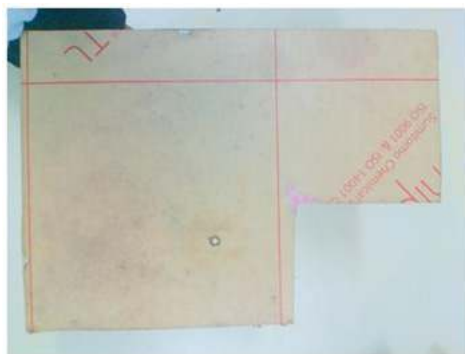
โดยแต่ละชิ้นส่วนมีขนาด ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขนาดชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

2. การสร้างส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงชนิดแอลฟา ได้แก่

2.1 ฐานของเครื่องยนต์ โดยทำการตัดแผ่นอะคริลิกให้ได้ขนาด 15x20 cm แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ฐานเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

2.2 โครงเครื่องยนต์ ขนาด 5x10 cm มีลักษณะคล้ายตัว V มีหน้าที่สำหรับสวมตลับลูกปืน (Bearing) ของจานหมุนและเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างกระบอกสูบสองอัน แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โครงเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

2.3 กระจกอบสูบด้านร้อนและกระจกอบสูบด้านเย็น ซึ่งกระจกอบสูบด้านร้อนเป็นตัวรับความร้อนจากภายนอก โดยมีขนาด 14 x 45 mm และกระจกอบสูบด้านเย็นมีขนาด 20 x 30 mm แสดงดังภาพที่ 6



(ก) กระจกอบสูบด้านร้อน

(ข) กระจกอบสูบด้านเย็น

ภาพที่ 6 กระจกอบสูบด้านร้อนและกระจกอบสูบด้านเย็น

2.4 เลือสูบด้านร้อนและเลือสูบด้านเย็น โดยเลือสูบด้านร้อนมีขนาด 13 x 36 mm จะเป็นตัวยึดของกระจกอบสูบด้านร้อน ทำการเจาะรู 3 รู และเลือสูบด้านเย็นมีขนาด 13 x 20 mm ซึ่งรูตรงกลางจะเป็นช่องอากาศ แสดงดังภาพที่ 7



(ก) เลือสูบด้านร้อน

(ข) เลือสูบด้านเย็น

ภาพที่ 7 เลือสูบด้านร้อนและด้านเย็นสำหรับยึดกระจกอบสูบด้านร้อนและกระจกอบสูบด้านเย็น

2.5 ลูกสูบด้านร้อนและลูกสูบด้านเย็น โดยลูกสูบด้านร้อนมีขนาด 6.5 x 70 mm จะต้องมีน้ำหนักเบา จึงเลือกวัสดุที่ใช้ทำลูกสูบด้านร้อน คือ อะลูมิเนียม ส่วนลูกสูบด้านเย็นทำจากเหล็ก มีขนาด 6.5 x 16 mm และทำการเจาะรูขนาด 2 mm เพื่อยึดกับก้านสูบ แสดงดังภาพที่ 8



(ก) ลูกสูบด้านร้อน

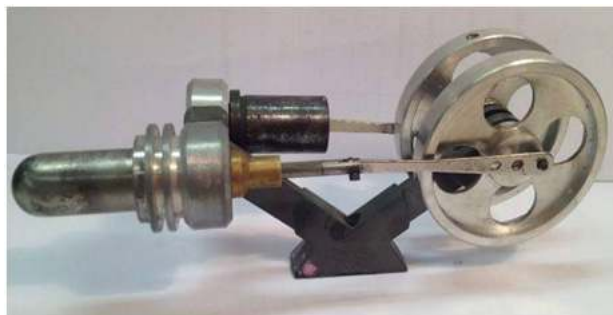
(ข) ลูกสูบด้านเย็น

ภาพที่ 8 ลูกสูบเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

2.6 จานหมุน มีรัศมีภายนอก 54.75 mm แสดงดังภาพที่ 9

**ภาพที่ 9** จานหมุนเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

2.7 ประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง แสดงดังภาพที่ 10

**ภาพที่ 10** เครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่ประกอบเสร็จสิ้น

3. ทดสอบเครื่องยนต์สเตอร์ลิง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 กรณีไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. ให้ความร้อนเข้าโดยใช้เอทานอล 95% เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน
2. วัดอุณหภูมิที่ปลายกระบอกสูบด้านร้อนและอุณหภูมิที่ปลายกระบอกสูบด้านเย็น
3. วัดอัตราเร็วของจานหมุนด้วยเครื่องวัดอัตราเร็วรอบที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ตอนที่ 2 กรณีติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. ให้ความร้อนเข้าโดยใช้เอทานอล 95% เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน
2. วัดอุณหภูมิที่ปลายกระบอกสูบด้านร้อนและอุณหภูมิที่ปลายกระบอกสูบด้านเย็น
3. วัดอัตราเร็วของงานหมุนด้วยเครื่องวัดอัตราเร็วรอบที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
4. ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับงานหมุนของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง
5. วัดกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
6. บันทึกผลความสว่างของหลอดไฟ LED



ภาพที่ 11 การทดสอบเครื่องยนต์สเตอร์ลิงและวัดกระแสไฟฟ้า

ผลการวิจัย

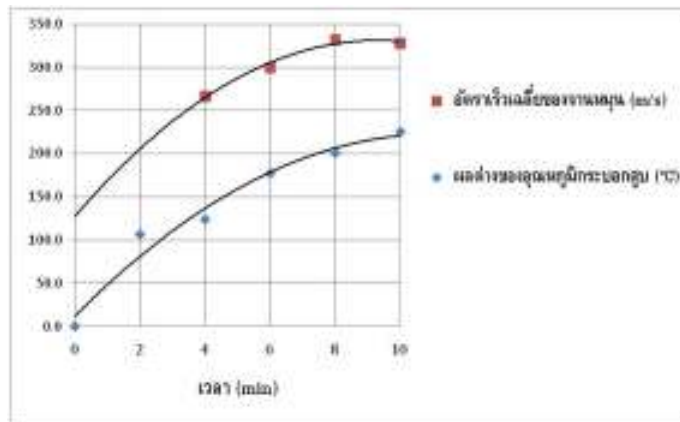
แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กรณี ได้แก่

1. กรณีไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ให้ความร้อนเข้าที่กระบอกสูบด้านร้อน เริ่มจับเวลา และวัดอุณหภูมิที่กระบอกสูบด้านร้อนและด้านเย็น รวมถึงผลของอัตราเร็วเฉลี่ยของงานหมุน ดังตารางที่ 2 และแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิกระบอกสูบและอัตราเร็วเฉลี่ยของงานหมุน ดังภาพที่ 12

ตารางที่ 2 ผลการทดลองผลต่างของอุณหภูมิกระบอกสูบด้านร้อนและกระบอกสูบด้านเย็นกับอัตราเร็วเฉลี่ยของงานหมุนของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เวลา (min)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)		ผลต่างของอุณหภูมิกระบอกสูบด้านร้อน และกระบอกสูบด้านเย็น (°C)	อัตราเร็วเฉลี่ยของงานหมุน (m/s)
	กระบอกสูบด้านร้อน	กระบอกสูบด้านเย็น		
0	33.7	33.7	0.0	ไม่หมุน
2	143.3	37.0	106.3	ไม่หมุน
4	171.0	47.3	123.7	266.0
6	220.0	43.0	177.0	299.3
8	246.3	46.0	200.3	331.7
10	279.3	54.3	225.0	327.7



ภาพที่ 12 กราฟแสดงผลต่างของอุณหภูมิกระบอกสูบด้านร้อนและกระบอกสูบด้านเย็นกับอัตราเร็วเฉลี่ยของจานหมุน ณ เวลาเดียวกัน

จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อให้ความร้อนกับกระบอกสูบ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่กระบอกสูบด้านร้อนและด้านเย็น ซึ่งผลต่างของอุณหภูมินี้จะทำให้เกิดการหมุนของจานหมุน โดยที่เมื่อผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่กระบอกสูบด้านร้อนและด้านเย็นเพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้อัตราเร็วเฉลี่ยของจานหมุนมีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย

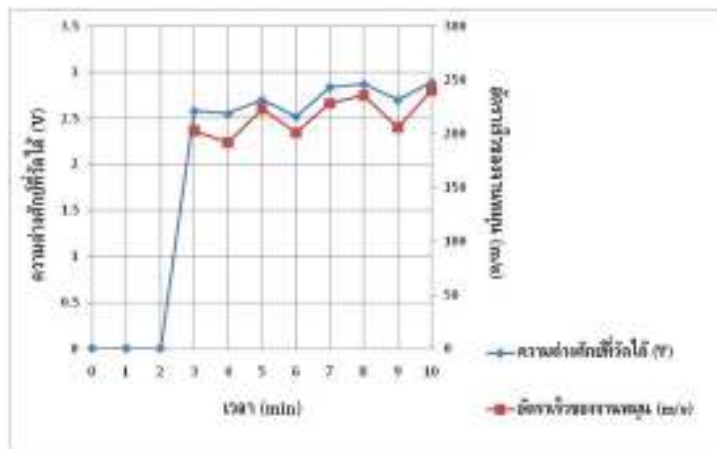
2. กรณีติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ดัดแปลงจากพัดลมคอมพิวเตอร์ที่เสียแล้ว) เข้ากับเครื่องย่นตลึง โดยบริเวณเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ต่อหลอดไฟ LED (ขนาด 3 mm 20 mA 2.5-3 V) เพิ่มเข้าไปเพื่อให้สะดวกในการสังเกตว่ามีกระแสเกิดขึ้น และทำการวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลต่างของอุณหภูมิกระบอกสูบด้านร้อนและกระบอกสูบด้านเย็น อัตราเร็วของจานหมุน กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์และความสว่างของหลอดไฟ LED

เวลา (min)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)		ผลต่างของอุณหภูมิกระบอก สูบด้านร้อนและกระบอกสูบ ด้านเย็น (°C)	อัตราเร็วของ จานหมุน (m/s)	กระแส ไฟฟ้า (mA)	ความต่าง ศักย์ที่วัดได้ (V)	ความสว่าง ของหลอด ไฟ LED
	กระบอกสูบ ด้านร้อน	กระบอกสูบ ด้านเย็น					
0	33	33	0	ไม่หมุน	0	0	ไม่สว่าง
1	126	33	93	ไม่หมุน	0	0	ไม่สว่าง
2	168	37	131	ไม่หมุน	0	0	ไม่สว่าง
3	264	68	196	203	0.6	2.58	2
4	285	73	212	192	0.3	2.55	2
5	286	79	207	223	1.2	2.7	3
6	316	86	230	201	0.6	2.52	1
7	333	92	241	228	1.4	2.84	4
8	334	100	234	235	1.7	2.87	5
9	374	103	271	206	0.8	2.7	3
10	381	104	277	240	1.7	2.89	5

จากตารางที่ 3 พบว่าเมื่อผลต่างของอุณหภูมิระหว่างกระบอกสูบด้านร้อนและกระบอกสูบด้านเย็นเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราเร็วของงานหมุนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้นตามไปด้วย สามารถสังเกตได้จากความสว่างของหลอดไฟ LED ที่มีความสว่างมากขึ้น และแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของงานหมุนกับความต่างศักย์ที่วัดได้ ดังภาพที่ 13 ซึ่งค่าทั้งสองมีความสอดคล้องกัน นั่นคือ เมื่ออัตราเร็วของงานหมุนมากขึ้น ทำให้ความต่างศักย์ที่วัดได้มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของงานหมุนและความต่างศักย์ที่วัดได้

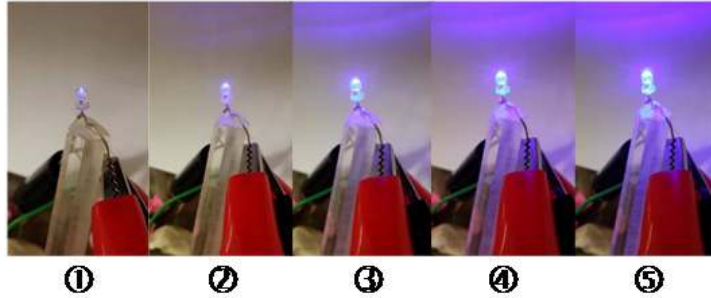
อภิปรายผล

จากผลการทดลองในกรณีที่ไม่มีติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พบว่า ในช่วงแรกของการให้ความร้อนงานหมุนจะไม่หมุนเนื่องจากผลต่างของอุณหภูมิระหว่างกระบอกสูบด้านร้อนและด้านเย็นต่างกันไม่มากพอที่จะทำให้เกิดวัฏจักรการหมุนอย่างต่อเนื่องได้ จนกระทั่งนาฬิกาที่ 4 ซึ่งมีผลของอุณหภูมิอยู่ที่ 123.7°C ทำให้ได้ค่าอัตราเร็วเฉลี่ยของการหมุนอยู่ที่ 226 m/s ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไป ค่าอุณหภูมิที่กระบอกสูบด้านร้อนและด้านเย็นค่อยๆ เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ผลต่างของสองอุณหภูมินี้มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราเร็วเฉลี่ยของการหมุนมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยจากการทดลองค่าอัตราเร็วสูงสุดของงานหมุนจะมีค่าเท่ากับ 327.7 m/s ที่ผลต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 225°C

สำหรับผลการทดลองในกรณีที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น พบว่าผลต่างของอุณหภูมิที่ส่งผลให้งานหมุนเริ่มหมุนนั้นอยู่ที่ 196°C โดยให้อัตราเร็วเท่ากับ 203 m/s ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีที่ไม่มีติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเห็นว่า ค่าอัตราเร็วของงานหมุนมีค่าน้อยลง และต้องให้ความร้อนที่มากขึ้น ถึงจะทำให้เกิดการหมุนได้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความผิดและแรงเสียดทานที่มีมากขึ้นเมื่อมีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น โดยค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่วัดได้ที่ผลต่างอุณหภูมิ 196°C โดยให้อัตราเร็วเท่ากับ 203 m/s คือ 0.6 A และ 2.58 V ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ความสว่างของหลอด LED อยู่ในระดับ 2 และจากการทดลองพบว่า เมื่อผลต่างของอุณหภูมิระหว่างลูกสูบด้านร้อนและด้านเย็นมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของงานหมุนก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีค่าความต่างศักย์ และค่ากระแสไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย จะตรงตามกฎของฟาราเดย์ในสมการที่ (2) และสามารถสังเกตได้จากความสว่างของหลอด LED แสดงดังภาพที่ 14



เครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่สร้างขึ้นนี้ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ระหว่าง 0.3-1.7 A ซึ่งถือว่าได้กระแสไฟฟ้าในระดับต่ำ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะระยะห่างของกระบอกลูกสูบด้านร้อนและด้านเย็นที่วางอยู่ใกล้กัน ทำให้ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างทั้งสองด้านมีน้อย ทำให้งานหมุนมีอัตราเร็วในการหมุนน้อยตามไปด้วย ซึ่งทำให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในระดับต่ำ อีกทั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ เป็นการดัดแปลงจากพัดลมคอมพิวเตอร์ที่เสียแล้ว ซึ่งให้ค่ากระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์น้อย



ภาพที่ 14 ลำดับความสว่างของหลอดไฟ LED ที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยงานหมุนของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

สรุป

เมื่อให้ความร้อนกับกระบอกลูกสูบจะทำให้เกิดการหมุนของงานหมุน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล และจากพลังงานกลก็สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยที่ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของกระบอกลูกสูบจะมีผลต่อความเร็วของงานหมุน ซึ่งความเร็วของงานหมุนยิ่งมีมากขึ้นก็ยิ่งทำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้นด้วย ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้อยู่ระหว่าง 0.3-1.7 A

ข้อเสนอแนะ

1. การสร้างเครื่องยนต์สเตอร์ลิงชนิดแอลฟาควรวางแบบกระบอกลูกสูบด้านร้อนกับกระบอกลูกสูบด้านเย็นให้ห่างกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้มากขึ้น หรือต้องเปลี่ยนวัสดุที่ทำหน้าที่ในการถ่ายโอนความร้อนที่ดีขึ้น
2. การผลิตกระแสไฟฟ้ายังไม่เพียงพอในการใช้งาน งานวิจัยครั้งต่อไปจะพัฒนาแหล่งกำเนิดไฟฟ้าให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากโครงการสนับสนุนทุนวิจัยสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีและนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงของมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ประจำปีการศึกษา 2558 โดยการสนับสนุนจากศูนย์อำนวยการบริหารจังหวัดชายแดนภาคใต้ (ศอ.บต.)

รายการอ้างอิง

- ทงศักดิ์ วัฒนา. (2553). เครื่องยนต์ต้นกำลังประดิษฐ์กรรมไม้อ่อนน้ำมัน. วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี, 37(210), 61-63.
- มุทิตา ศิริวิชทานนท์, มาลูน วงศ์สวัสดิ์, เยาวินส์ เครือเทศน์, วรช เดโชพลชัย และวิทยา ยงเจริญ. (2556). การออกแบบทดลองและพัฒนาระบบเครื่องยนต์สเตอร์ลิง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 4(2), 17-33.



สมพงษ์ ดำแก้ว และบัญชา คงตระกูล.(2558). การทบทวนแบบเครื่องย่นตส์เตอร์ลิงชนิดแอลฟาจากเครื่องอัดอากาศ. **วารสารวิจัย, 8**(1), 58-65.

อิทธิพล ญาณวารีและอังคีร์ศรีรักษากร. (2553). การศึกษาการนำระบบทำความเย็นสเตอร์ลิงมาใช้ในการปรับอากาศ.

วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 2(3), 25-38.

Serway, R. A. & Jewett, J. W. (2008). **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**. (7th ed.). U.S.A.: Thomson Higher Education.

William, D. C. (2001). **Fundamentals of Materials Science and Engineering: An interactive etext**. (5th ed.) New York: John Wiley & Sons, Inc.