บทที่ 1

บทนำ

เครื่องยนต์สเตอลิงเป็นเครื่องยนต์ความร้อนแบบวงจรปิดชนิดหนึ่ง ซึ่งถูกประดิษฐ์ขึ้นโดย Robert Stirling ชาวสกอตแลนด์ เมื่อปี ค.ศ.1816 เครื่องยนต์สเตอลิงสามารถใช้แหล่งความร้อนจากภายนอก ทำให้สามารถใช้แหล่งความร้อนได้หลากหลาย เช่น จากการสันดาปภายนอก หรือพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นต้น จึงจัดเป็นตัวเลือกหนึ่งในการลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลลงได้ เครื่องยนต์สเตอลิงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งเป็นเครื่องต้นกำลัง หรือทำงานแบบย้อนกลับเป็นปั๊มความร้อนใช้เป็นเครื่องปรับอากาศได้ ที่ผ่านมาการนำมาประยุกต์ใช้งานค่อนข้างจำกัดเนื่องจากขาดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีความสนใจศึกษาเครื่องยนต์สเตอลิงเพื่อใช้กับแหล่งพลังงานทางเลือกต่าง ๆ มากขึ้น

1.1 ที่มา ความสำคัญของปัญหาและแนวคิดของวิทยานิพนธ์

ในสภาวะปัจจุบันพลังงานที่ใช้เป็นหลักได้จากแหล่งเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล ได้แก่ น้ำมันปิโตรเลียม,ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงประเภทที่ใช้แล้วหมดไป กำลังลดลงเรื่อย ๆ ขณะที่ราคาเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง พลังงานทางเลือกจึงเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญสำหรับทั่วโลกในช่วงระยะ เวลาหลายปีมานี้ โดยมีการค้นคว้าวิจัยกันอย่างแพร่หลาย

เครื่องยนต์สเตอลิงเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำความจากพลังงานทางเลือกมาใช้ประโยชน์ในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล ซึ่งหากทำการศึกษาและพัฒนาจนถึงขั้นที่สามารถใช้งานได้จริงจะสามารถเป็นตัวเลือกหนึ่งของการใช้กับพลังงานทดแทนพลังงานได้

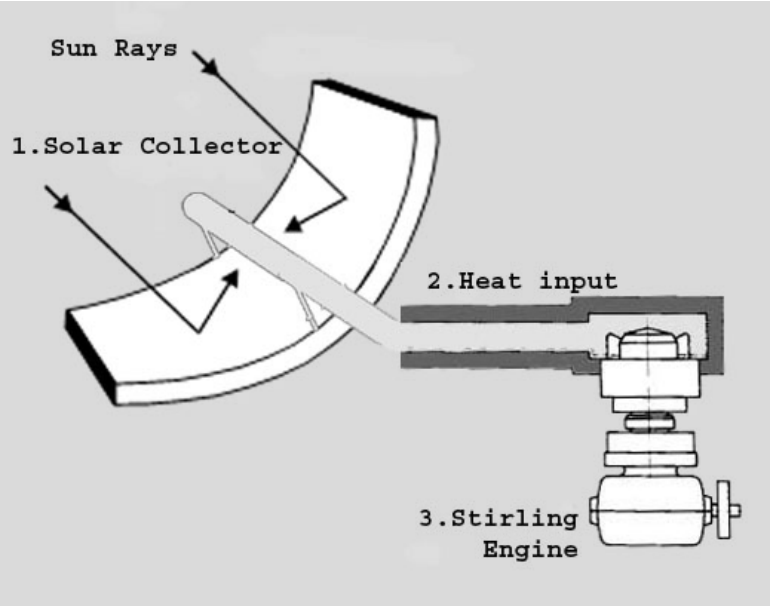
ระบบของเครื่องยนต์สเตอลิง ในการเป็นเครื่องต้นกำลังประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. แหล่งพลังงานความร้อน ซึ่งอาจใช้ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง หรือพลังงานความร้อนอื่น ๆ เช่น แสงอาทิตย์

2. ระบบสำหรับส่งผ่านพลังงานความร้อนมายังส่วนให้ความร้อนของเครื่องยนต์ ซึ่งอาจ ใช้ ฮีทไปป์ หรือ ระบบเก็บสะสมความร้อนอื่น ๆ

3. ส่วนเครื่องยนต์สเตอลิง

ส่วนประกอบของระบบเครื่องยนต์สเตอลิง แสดงในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1
ส่วนประกอบของระบบเครื่องยนต์สเตอลิง

ในวิทยานิพนธ์นี้ จะศึกษาเฉพาะในส่วนที่ 3 เนื่องจากขั้นตอนการคำนวณหากำลังที่จะได้จากเครื่องยนต์และความร้อนที่จะต้องให้แก่เครื่องยนต์ ซึ่งผลการคำนวณจะนำมาปรับแก้ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ เพื่อการออกแบบในรายละเอียดเครื่องยนต์ได้ต่อไป ในส่วนการออกแบบเครื่องยนต์ตามที่ได้ศึกษาเอกสารอ้างอิง [1] และ [2] พบว่าผลจากการคำนวณยังต่างจากผลการทดสอบเครื่องยนต์จริง ในงานวิจัยนี้จึงจะศึกษาการคำนวณและออกแบบเครื่องยนต์สเตอลิง โดยการกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 500 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงของอุณหภูมิที่ได้รับจากระบบรับแสงอาทิตย์

การศึกษาโปรแกรมการคำนวณจะปรับปรุงจากโปรแกรมของ Ureili [1],[3] และเปรียบเทียบผลกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์จริง คือ เครื่องยนต์ GPU-3 ของบริษัทเจเนอรัลมอเตอร์ โดยสถาบันวิจัยลูอิส ตามเอกสาร[4] เนื่องจากโปรแกรมของ Ureili เป็นโปรแกรมสำหรับการคำนวณกำลังบ่งชี้ และมีข้อมูลรายละเอียดลำดับขั้นการคำนวณ และ source code ที่มีการเผยแพร่ สามารถนำมาศึกษาและปรับปรุงต่อได้ ในส่วนการนำข้อมูลทดสอบของเครื่องยนต์ GPU-3 มาคำนวณและเปรียบเทียบผลของโปรแกรม เนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่มีข้อมูลจำเพาะสำหรับเป็นข้อมูลในการคำนวณและมีรายละเอียดผลการทดสอบเครื่องยนต์ ซึ่งนำมาใช้ศึกษาและอ้างอิงในการปรับปรุงโปรแกรมได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรมคำนวณหากำลังของเครื่องยนต์สเตอลิงแบบเบต้า กระบอกสูบเดียว โดยใช้ข้อมูลจำเพาะและข้อมูลการทดสอบของเครื่องยนต์ GPU-3

2. ศึกษาการออกแบบจากข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์ที่มีการสร้างและทดสอบจริง คือ เครื่องยนต์ GPU-3 ของบริษัท General Motor

3. หาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของกลไกขับเคลื่อนแบบรอมบิก (rhombic drive) ซึ่งมีผลต่อปริมาตรของเครื่องยนต์สเตอลิง และนำมาใช้กับเครื่องยนต์ GPU-3

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

- ศึกษาและปรับปรุงโปรแกรมการคำนวณกำลังบ่งชี้ของเครื่องยนต์สเตอลิงกระบอกสูบเดียวแบบเบต้า โดยเปรียบเทียบผลกับข้อมูลที่ได้จากการวัดเครื่องยนต์ GPU-3 ที่ใช้ฮีเลียมเป็นสารทำงาน ความดัน 5.52 เมกะปาสคาล อุณหภูมิด้านร้อน 650 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น 13 องศาเซลเซียส
- คำนวณระยะกลไกที่เหมาะสมของกลไกขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ เมื่อกำหนดสภาวะการทำงาน อุณหภูมิด้านร้อนที่ 500 องศาเซลเซียส ความดัน 5.52 เมกะปาสคาล อุณหภูมิด้านเย็น 30 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที

1.4 แนวทางการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องยนต์สเตอลิง ข้อมูลจำเพาะ ข้อมูลการทดสอบ ของเครื่องยนต์ GPU-3 ของบริษัท General Motor

2. ศึกษาการคำนวณและปรับปรุงโปรแกรมการคำนวณโดยใช้การวิเคราะห์ระดับที่สองของ Ureili

3. สอบทวนความแม่นยำของผลจากโปรแกรมการคำนวณของ Ureili ในการคำนวณหากำลังบ่งชี้และความร้อนที่ให้กับเครื่องยนต์

4. ปรับปรุงโปรแกรมการคำนวณของ Ureili โดยการคำนวณค่าอุณหภูมิของคูลเลอร์และปรับปรุงการคำนวณความดันลดในรีเจนเนอเรเตอร์

5. สอบทวนความแม่นยำของโปรแกรมการวิเคราะห์ระดับที่สองของ Ureili ที่ได้ปรับปรุงแล้ว ในการคำนวณหากำลังบ่งชี้และความร้อนที่ให้กับเครื่องยนต์ โดยเปรียบเทียบกับผลของเครื่องยนต์ GPU-3 ของบริษัท General Motor และเครื่องยนต์ Allison PD46 ซึ่งเป็นเครื่องยนต์รูปแบบเดียวกัน

6. ทำการคำนวณด้วยโปรแกรมที่ปรับปรุงแล้วเพื่อหาระยะที่เหมาะสมที่สุดของกลไกขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ ที่ทำให้ได้ปริมาตรส่วนอัดและขยายที่ให้กำลังบ่งชี้สูงสุดภายใต้เงื่อนไขในการออกแบบ

7. นำค่าระยะกลไกขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ที่เหมาะสมที่สุดมาใช้ในการกำหนดระยะของกลไก โดยชิ้นส่วนหลักอื่น ๆ ยังคงใช้ตามแบบของเครื่องยนต์ GPU-3

1.5 เกณฑ์การยอมรับผลของโปรแกรม

เกณฑ์ที่กำหนดเพื่อยอมรับผลของโปรแกรม คือ

1. ผลการคำนวณกำลังบ่งชี้ที่ได้จากเครื่องยนต์ GPU3 ในแต่ละความเร็วรอบจนถึงความเร็วรอบที่ให้กำลังสูงสุด มีค่าผิดพลาดจากผลการทดสอบเครื่องยนต์ที่ใช้อ้างอิง โดยเฉลี่ยไม่เกิน 25%

2. ผลการคำนวณความร้อนที่ต้องให้กับเครื่องยนต์GPU3 ในแต่ละช่วงความเร็วรอบจนถึงความเร็วรอบที่ให้กำลังสูงที่สุด มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยไม่เกิน 25%

3. ตรวจสอบการคำนวณกับเครื่องยนต์แบบ Allison PD46 และได้ผลในเกณฑ์ข้อ 1 และ 2

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้โปรแกรมที่ทำการปรับปรุงแล้ว ซึ่งผลการคำนวณมีความถูกต้องตามเกณฑ์ที่ได้กำหนด สามารถนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อการออกแบบเครื่องยนต์สเตอลิงแบบเบต้ากระบอกสูบเดียวได้

- ได้ขนาดที่เหมาะสมของกลไกรอมบิกของเครื่องยนต์สเตอลิงแบบเบต้า ซึ่งทำงานภายใต้สภาวะที่กำหนด