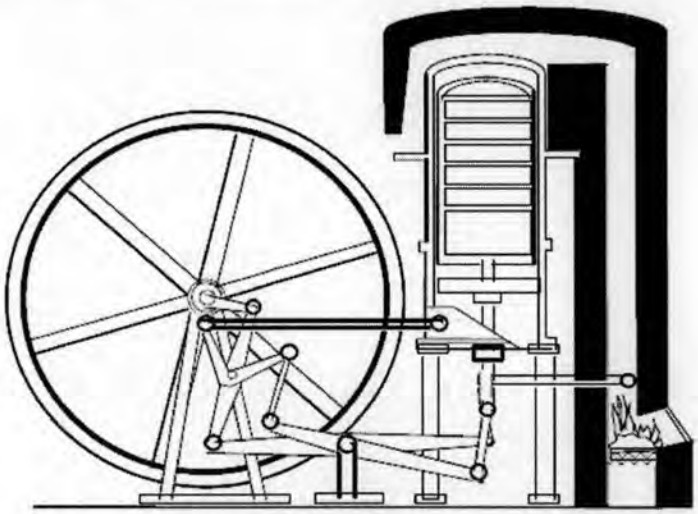
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมาและที่มาของวิทยานิพนธ์

เครื่องยนต์สเตอร์ลิงประดิษฐ์โดย โรเบิร์ท สเตอร์ลิง ชาวสกอตแลนด์เมื่อปี คศ.1816 เป็นเครื่องยนต์ระบบปิดที่มีการเผาไหม้ภายนอก ในยุคนั้นใช้อากาศร้อนเป็นสารทำงาน จึงเรียกกันว่าเครื่องยนต์อากาศร้อน(Hot air engine) มีจุดเด่นตรงที่ทำงานได้เงียบและมีความปลอดภัยกว่าเครื่องจักรไอน้ำ ซึ่งมักจะเกิดระเบิดขึ้นบ่อยครั้ง ในขณะนั้นนิยมนำเครื่องยนต์สเตอร์ลิงมาใช้ขับเครื่องสูบน้ำ



รูปที่ 1-1 เครื่องยนต์ที่ โรเบิร์ท สเตอร์ลิง ประดิษฐ์ขึ้นเมื่อปี 1816 [9]

เครื่องยนต์สเตอร์ลิงมีข้อเสียตรงที่ให้กำลังงานต่ำ เมื่อเทียบกับขนาดของเครื่องยนต์ และหากให้ความร้อนสูงเกินไปจะทำชุดของฮีทเตอร์เสียหายเนื่องจากข้อจำกัดเรื่องวัสดุในขณะนั้น

เมื่อเทคโนโลยีด้านต่างๆได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ผู้คนส่วนใหญ่จึงหันมานิยมใช้เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในและมอเตอร์ไฟฟ้ากันมากขึ้น เพราะมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่าทำให้การใช้งานเครื่องยนต์สเตอร์ลิงเสื่อมความนิยม

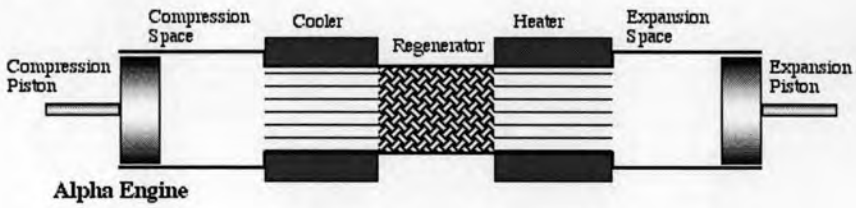
เมื่อเกิดภาวะราคาน้ำมันแพง ทำให้มีผู้สนใจนำเครื่องยนต์สเตอร์ลิงมาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ราวๆปี คศ.1940 เมื่อบริษัทฟิลลิปส์ ได้พัฒนาเครื่องยนต์สเตอร์ลิงออกจำหน่ายเพื่อใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก จากนั้นเครื่องยนต์สเตอร์ลิงจึงเริ่มเป็นที่สนใจอีกครั้งทั้งในยุโรปและอเมริกา

เครื่องยนต์สเตอร์ลิงในปัจจุบัน มีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น และมีการเผาไหม้ที่สะอาด เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้เกิดขึ้นภายนอกกระบอกสูบ ทำให้ควบคุมคุณภาพอากาศเสียได้ง่ายกว่า และสามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด รวมทั้งมีชิ้นส่วนในการทำงานไม่มาก จึงทำให้การบำรุงรักษาทำได้ง่าย

ตามทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์ วัฏจักรสเตอร์ลิงเป็นวัฏจักรที่ย้อนกลับได้ ดังนั้นเครื่องยนต์สเตอร์ลิงสามารถนำมาปรับใช้ เพื่อทำงานในลักษณะเป็นปั๊มความร้อน (heat pump) ได้

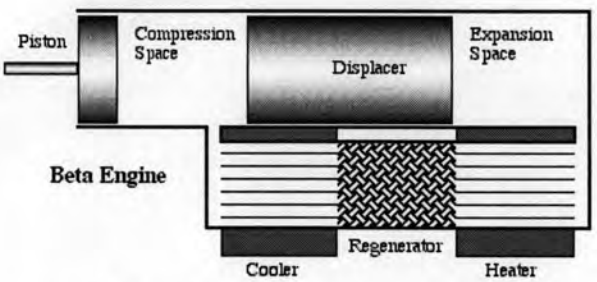
เครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่พบบ่อยๆ เมื่อแบ่งตามลักษณะการจัดวางลูกสูบ อาจแบ่งได้เป็น 3 แบบคือแบบอัลฟา,เบตา, และ แกมมา

เครื่องยนต์แบบอัลฟา (Two-piston engine) มีกระบอกสูบแยกออกจากกันโดยมี ลูกสูบ, ฮีทเตอร์, รีเจนเนอเรเตอร์และคูลเลอร์ ต่อกันแบบอนุกรม ลูกสูบทั้งสองด้านจะดันให้ก๊าซไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน การจัดวางแบบนี้ทำได้ง่ายที่สุด แต่สิ้นเปลืองเนื้อที่



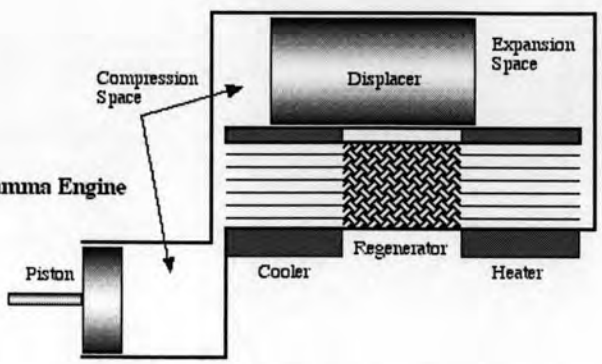
รูปที่ 1-2 เครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบอัลฟา[4]

แบบเบตา (Piston – Displacer engine) จะวางลูกสูบทั้งสองไว้ในกระบอกสูบตัวเดียวกัน ซึ่งเครื่องยนต์ของโรเบิร์ท สเตอร์ลิง ที่แสดงไว้ในรูปที่ 1-1 จัดอยู่ในประเภทนี้ ในกระบอกสูบจะมีลูกสูบอยู่ 2 ลูก ลูกสูบใหญ่เรียกว่า Displacer จะสวมไว้ในกระบอกสูบแบบหลวมๆ มีหน้าที่บังคับให้ก๊าซวิ่งผ่านไปมาระหว่างด้านร้อนและด้านเย็น เครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบนี้มีข้อดีตรงที่มีขนาดกะทัดรัดกว่า เพราะใช้กระบอกสูบร่วมกัน แต่มีกลไกขับเคลื่อนที่ซับซ้อนกว่า



รูปที่ 1-3 เครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบเบตา[4]

แบบสุดท้ายคือแกมมา (Piston – Displacer engine) มีลักษณะคล้ายกับแบบเบตา ตรงที่ใช้ Displacer เป็นตัวบังคับการไหลของก๊าซ แต่ว่าแยกชุดของลูกสูบกับ Displacer ออกจากกัน ทำให้ชุดขับเคลื่อนทำได้ง่ายกว่าแบบเบตา



รูปที่ 1-4 ของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบแกมมา[4]

แม้ว่าเครื่องยนต์สเตอร์ลิงจะมีข้อดีอยู่หลายประการ แต่ในประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกันอยู่น้อยมาก และไม่มีสายการผลิตเป็นหลัก จึงเป็นแนวทางให้เกิดวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ โดยในปี พ.ศ. 2539 ธราจันทร์ จันทนา ได้สร้างเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบแกมา ขนาด 1 กิโลวัตต์ โดยใช้ ฮีทเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อน แต่ไม่สามารถทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้ เนื่องจากแรงดันก๊าซ ไม่สามารถเอาชนะแรงเสียดทานรวมทั้งแรงเฉื่อยจากชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ โดยสรุปสาเหตุว่า

- มีการรั่วซึมของสารทำงาน ทำให้การขยายตัวของอากาศในลูกสูบไม่มีประสิทธิภาพ
- ความร้อนที่ให้กับระบบมีค่าต่ำเกินไป เนื่องจากข้อจำกัดของวัสดุที่ใช้ทำชิ้นส่วน
- ทางเดินของสารทำงานในระบบมีปริมาตรมากเกินไปเนื่องจากข้อจำกัดในการออกแบบ

จากข้อสรุปดังกล่าว เพื่อสร้างเครื่องยนต์ต้นแบบเพื่อการศึกษาได้ในราคาถูก จึงได้แนวทางการทำวิทยานิพนธ์ดังนี้ กล่าวคือ ในงานวิจัยนี้ จะใช้ชิ้นส่วนเท่าที่สามารถหาได้ในท้องตลาด ให้ได้มากที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาจาก ข้อผิดพลาดของการผลิต และข้อจำกัดของวัสดุ ดังเช่นตัวอย่างที่เกิดขึ้นในงานวิจัยชิ้นก่อน กล่าวคือ ผู้ทำวิจัย พบปัญหาเรื่องการกลึงผิวก้านสูบที่ไม่ราบเรียบ และปัญหาเรื่องความร้อนที่ให้กับระบบ โดยสามารถให้ความร้อนแก่เครื่องยนต์ได้เพียง 200° C เนื่องจากเกรงว่าชิ้นส่วนบางอย่างอาจจะบิดเบี้ยว หากเพิ่มอุณหภูมิสูงกว่านั้น นอกจากนั้นแล้ว ยังจะต้องให้ความสำคัญต่อปัญหาจากการรั่วซึมของสารทำงาน เกิดจากการซีลที่ไม่ดีพอ โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการสร้างเครื่องยนต์ที่มีกำลังสูง ซึ่งจำเป็นต้องเพิ่มความดันให้กับสารทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบอัลฟาจากเครื่องอัดอากาศแบบสองลูกสูบรูปตัววี
2. กำหนดการออกแบบส่วนประกอบต่างๆด้วยการวิเคราะห์เบื้องต้นทางเทอร์โมไดนามิกส์
3. สร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเป็นช่องทางเชื่อมต่อ สำหรับสารทำงานระหว่างลูกสูบ พร้อมส่วนประกอบเพิ่มเติมอื่นๆที่จำเป็นเพื่อการทำงานได้ของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง
4. วัดสมรรถนะเบื้องต้นของเครื่องยนต์ที่สร้าง

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

- ศึกษาแนวทางการออกแบบเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบอัลฟา
- ศึกษาแนวทางความเป็นไปได้ในการสร้างเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบอัลฟาจากเครื่องอัดอากาศ
- ออกแบบและสร้างส่วนประกอบเพิ่มเติมที่จำเป็นเพื่อการทำงานได้ของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง
- ทำการวัดสมรรถนะเบื้องต้นของเครื่องยนต์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- ศึกษาแนวทางการออกแบบผ่านสมการเชิงประจักษ์ (empirical formula) ของ Beale, West และ Iwamoto เกี่ยวกับขอบเขตการใช้งาน รวมทั้งผลการประเมินกำลังขาออก และความเร็วรอบ

- ศึกษาแนวทางการออกแบบด้วยวิธี Schmidt analysis และวิธี Adiabatic analysis เพื่อประเมินกำลังบ่งชี้ของเครื่องยนต์

- ออกแบบและสร้างอุปกรณ์เพิ่มเติม รวมทั้งดัดแปลงรายละเอียดบางอย่างของเครื่องอัดอากาศ เพื่อการทำงานได้ของเครื่องยนต์

- ทำการทดลองเพื่อศึกษาการทำงาน ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงาน และหาจุดบกพร่องของเครื่องยนต์

- วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้แนวทางการออกแบบเครื่องยนต์สเตอร์ลิงทางอุณหพลศาสตร์

- ทราบถึงข้อดีและปัญหา(รวมทั้งแนวทางการแก้ไข) จากการนำเครื่องอัดอากาศ มาดัดแปลงให้เป็นเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

- ทราบถึงข้อมูลต่างๆ ซึ่งเป็นตัวแปร ที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์

- ได้เครื่องยนต์ต้นแบบที่มีขนาดเหมาะสมกับงานวิจัย เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป