

บทที่ 1

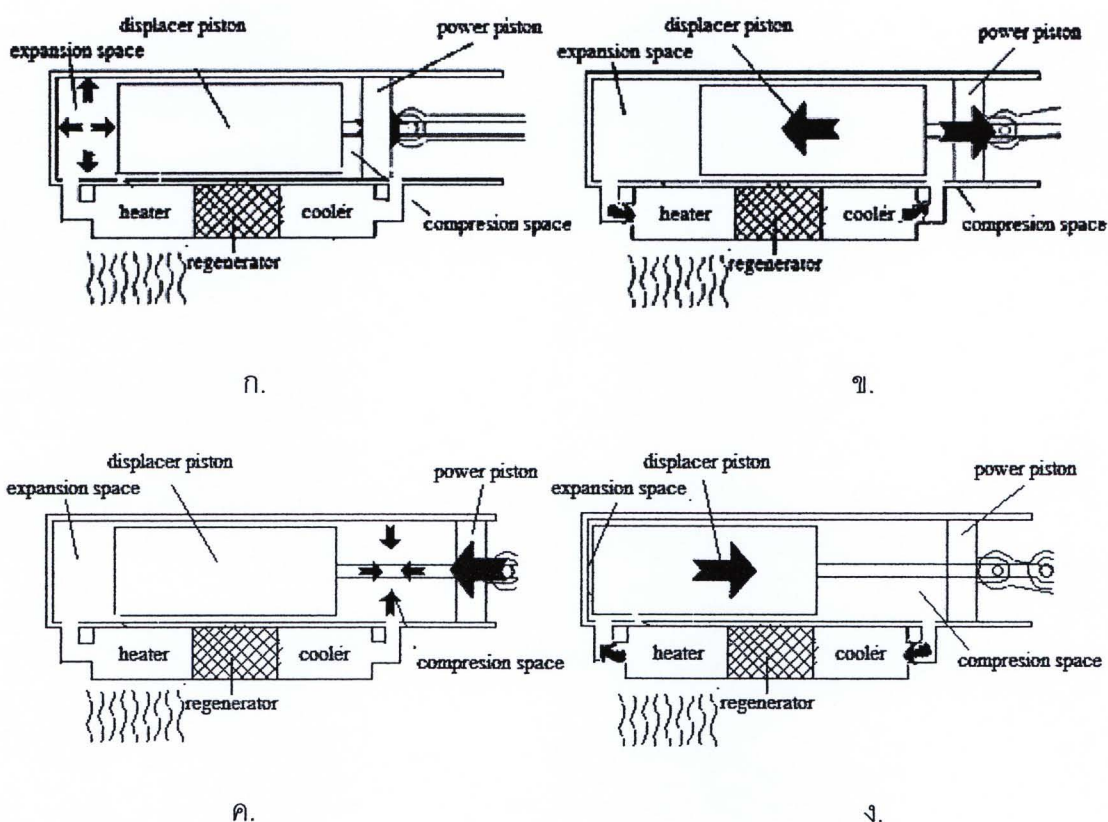
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมได้รับความสนใจมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากแหล่งพลังงานที่ใช้ในปัจจุบันมีแนวโน้มจะขาดแคลนในอนาคต และ เครื่องต้นกำลังที่ใช้อยู่ในปัจจุบันผลิตมลพิษค่อนข้างสูง จากปัญหาดังกล่าว ทำให้ความต้องการเครื่องต้นกำลังที่มีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงและมลพิษต่ำมีมากขึ้น เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเป็นเครื่องต้นกำลังชนิดหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจวิจัยและพัฒนา เนื่องจากเครื่องยนต์สเตอร์ลิงสามารถใช้แหล่งพลังงานความร้อนได้หลากหลาย เช่น เชื้อเพลิงปิโตรเลียม, เชื้อเพลิงไฮโดรเจนหรือก๊าซไอเสียจากโรงงาน นอกจากนี้เครื่องยนต์สเตอร์ลิงยังมีปริมาณมลภาวะต่ำ, มีเสียงเงียบและการสั่นสะเทือนต่ำ ในขณะทำงาน ทำให้มีความสนใจในการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำเครื่องยนต์สเตอร์ลิงมาใช้ร่วมกับแหล่งพลังงานทางเลือกต่างๆ เช่น ก๊าซไอเสีย [1], การสันดาปภายในของไฮโดรเจน [2] และ พลังงานแสงอาทิตย์ [3]

จากที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่า เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังที่สามารถตอบโจทย์ความต้องการทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมได้ แต่เครื่องยนต์สเตอร์ลิงมีข้อจำกัดคือ เครื่องยนต์สเตอร์ลิงต้องการเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่สามารถทนต่อระดับความดันภายในเครื่องยนต์, ทนทานต่อการกัดกร่อนและมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงในขณะเดียวกัน ดังนั้นวัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องยนต์จึงต้องใช้วัสดุที่มีราคาแพงในการผลิต เช่น Stainless steel แบบพิเศษหรือ high temperature alloy [4] จากสาเหตุข้างต้นทำให้เครื่องยนต์สเตอร์ลิงมีต้นทุนในการผลิตสูง เพราะค่าใช้จ่ายผลิตอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้เครื่องยนต์สเตอร์ลิงยังมีปัญหาการรั่วของสารทำงานผ่านรอยต่อต่างๆ ของเครื่องยนต์ เนื่องจากสารทำงานอยู่ในระดับความดันสูง เพื่อให้ได้กำลังขาออกมากขึ้น สารทำงานที่ทำให้เกิดปัญหาการรั่วมากที่สุด คือ ไฮโดรเจน เนื่องจากไฮโดรเจนเป็นสารทำงานที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและมีความสามารถในการแพร่กระจายสูงทำให้สามารถรั่วออกจากเครื่องยนต์ได้ง่าย ดังนั้นการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานจึงเป็นสิ่งสำคัญ จากข้อจำกัดในการออกแบบและสร้างเครื่องยนต์สเตอร์ลิงข้างต้น ทำให้ต้องคำนึงถึงการสูญเสียของเครื่องยนต์เป็นอย่างมาก เพื่อให้ได้เครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงที่สุดในราคาดัชนีที่มีจำกัด

โครงสร้างของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ แอลฟา, เบตา และแกมมา ซึ่งแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของลูกสูบ นอกจากนี้เครื่องยนต์สเตอร์ลิงในแต่ละรูปแบบข้างต้นสามารถแบ่งได้ตามระดับผลต่างอุณหภูมิใช้งานของฝั่งร้อนและฝั่งเย็น(ΔT) คือ ผลต่างอุณหภูมิต่ำ ($\Delta T < 300\text{ }^{\circ}\text{C}$), ผลต่างอุณหภูมิปานกลาง (ΔT อยู่ในช่วง $300\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$) และผลต่างอุณหภูมิสูง ($\Delta T > 500\text{ }^{\circ}\text{C}$) เครื่องยนต์สเตอร์ลิงประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ heat exchanger (ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ heater, cooler และ regenerator) , expansion space, compression space และ กลไกการขับเคลื่อน ส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานทางกล



รูปที่ 1-1 ส่วนประกอบหลักและหลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง [5]

เครื่องยนต์สเตอร์ลิงมีวัฏจักรการทำงานแสดงดังรูปที่ 1-1 วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงจะเริ่มจาก สารทำงานเคลื่อนที่ผ่านด้าน heater เพื่อไปรับความร้อนจากแหล่งจ่ายพลังงานความร้อนภายนอก และเคลื่อนที่ไปยัง expansion space แสดงดังรูปที่ 1-1 ก จากนั้นสารทำงานจะถูกลูกสูบ displacer ดันกลับไปยัง compression space เพื่อให้สารทำงานขยายตัวดันลูกสูบกำลังให้กำลังออกมาเรียกว่า expansion power แสดงดังรูปที่ 1-1 ข กำลัง

บางส่วนที่ได้จากการขยายตัวจะถูกใช้ในการอัดสารทำงานใน compression space กลับไปยัง expansion space เรียกว่า compression power แสดงดังรูปที่ 1-1 ค. กระบวนการอัดตัวนี้ความร้อนบางส่วนจะถูกถ่ายเทออกจากสารทำงานผ่านทาง cooler เพื่อลดอุณหภูมิของสารทำงานลง จากนั้นก๊าซทำงานจะถูกอัดกลับไปยัง expansion space เพื่อไปรับความร้อนจากแหล่งจ่ายพลังงานความร้อนที่ heater และเกิดการขยายตัวขึ้นอีกครั้ง แสดงดังรูปที่ 1-1 ง. กำลังสุทธิที่ได้จากวัฏจักรการทำงานดังกล่าวเรียกว่า ค่ากำลังบ่งชี้ กำลังในส่วนนี้จะส่งผ่านไปยังกลไกขับเคลื่อนเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานทางกลต่อไป

วัฏจักรสเตอร์ลิงในทางทฤษฎีเป็นวัฏจักรที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับวัฏจักร Carnot ซึ่งมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับวัฏจักรอื่นๆ แต่ในความเป็นจริง เครื่องยนต์จะมีการสูญเสียเกิดขึ้นภายในวัฏจักรการทำงาน ซึ่งเป็นผลเนื่องจากการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานการไหล, การสูญเสียทางความร้อน และการสูญเสียความดัน นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียทางกลซึ่งเกิดขึ้นภายในกลไกการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์อีกด้วย สาเหตุการเกิดขึ้นของการสูญเสียข้างต้นสามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานการไหลเป็นการสูญเสียเนื่องจาก ความหนืดของสารทำงาน และ ความขรุขระของผิวสัมผัส ส่วนใหญ่เกิดขึ้นภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในส่วนของ regenerator [6] สำหรับการสูญเสียทางความร้อนเป็นการสูญเสียเนื่องจาก การสูญเสียความร้อนของเครื่องยนต์ให้แก่สิ่งแวดล้อมหรือการสูญเสียความร้อนของเครื่องยนต์เพียงอย่างเดียว ซึ่งเกิดขึ้นได้หลายตำแหน่งในเครื่องยนต์ด้วยกันเช่น การสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนผ่านโครงสร้างเครื่องยนต์ และการสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนที่ระบายออกไปกับน้ำหล่อเย็น สำหรับการสูญเสียความดันเป็นการสูญเสียเนื่องมาจากการรั่วของสารทำงานและแรงดันของสารทำงานซึ่งด้านการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ซึ่งการสูญเสียความดันส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ compression space และ ปริมาตรห้องเครื่อง สำหรับการสูญเสียทางกลเป็นการสูญเสียที่เกิดจากแรงเสียดทานของกลไกต่างๆ ของเครื่องยนต์เช่น การเสียดสีกันของตลับลูกปืนกับเพลาลูกสูบ, การเสียดสีกันของผนังกระบอกสูบกับลูกสูบ

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์สเตอร์ลิงมีกลไกการสูญเสียอยู่หลากหลาย การสูญเสียเหล่านี้เป็นสาเหตุของประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ที่ลดลง ทำให้มีนักวิจัยหลายคนศึกษาและเปรียบเทียบกลไกการสูญเสียที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่มีระดับผลต่างอุณหภูมิที่ต่างๆ กัน เพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาเครื่องยนต์ ดังนี้ คือ การศึกษากลไกการสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิสูง(High temperature Differential Stirling Engine, HDSE) Hirata, K. (1997) [1] ศึกษาการสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงขนาด 100 W โดยใช้

วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขหาค่าการสูญเสียและนำค่าการสูญเสียที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบ ซึ่ง Hirata, K. ศึกษาการสูญเสียของเครื่องยนต์ 3 ชนิดด้วยกัน คือ การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานการไหล, การสูญเสียปริมาตรห้องเครื่องและการสูญเสียทางกล สำหรับการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานการไหลจะใช้แบบจำลอง ซึ่งพิจารณาผลกระทบของพื้นที่ทางเข้าและทางออกที่มีต่อรูปร่างความเร็วภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สำหรับการสูญเสียเนื่องจากความดันภายในปริมาตรห้องเครื่อง วิเคราะห์โดยวิธีการวิเคราะห์ 3 แบบ คือ การวิเคราะห์แบบ Isothermal, การวิเคราะห์แบบ adiabatic และ การวิเคราะห์แบบ heat transfer สำหรับการสูญเสียทางกลใช้วิธีการเชิงตัวเลขในการคำนวณค่าการสูญเสียดังกล่าว แต่ Hirata, K. ไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดของวิธีการดังกล่าวไว้ ผลการศึกษาพบว่า ค่าการสูญเสียที่ได้จากวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขมีค่าใกล้เคียงกับค่าการสูญเสียที่ได้จากการทดสอบ โดยที่การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานการไหลมีค่า 20 W, การสูญเสียภายในปริมาตรห้องเครื่อง มีค่า 25 W และ การสูญเสียทางกลมีค่า 40 W ผลการทดสอบข้างต้นเห็นได้ว่าการเสียทางกลมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการสูญเสียอื่นๆ ทำให้ Hirata, K. ใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงเครื่องยนต์ในปี 2001 [7] โดยเปลี่ยนโครงสร้างเครื่องยนต์ให้เป็นแบบ hermetic structure เพื่อให้สามารถใส่ generator ไว้ใน pressurize crank case โดยไม่ต้องผ่านระบบกันรั่วต่างๆ นอกจากนี้ Hirata, K. ยังใช้ Molybdenum-disulfide เคลือบผิวผนังกระบอกสูบ, ผิวของก้านสูบลูกสูบ displacer และ ชิ้นส่วนกลไกต่างๆ เพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น ผลการทดสอบพบว่า วิธีการดังกล่าวสามารถลดการสูญเสียทางกลได้ถึง 20 W Kagawa, N. [8] ศึกษาการสูญเสียภายใน regenerator ของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงขนาด 3kW โดยการเสนอแบบจำลองสำหรับใช้คำนวณการสูญเสียภายใน regenerator ด้วยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข ผลศึกษาพบว่า แบบจำลองที่เสนอขึ้นเพื่อใช้คำนวณการสูญเสียภายใน regenerator ยังไม่สามารถประเมินได้ถูกต้องนัก เนื่องจากการสูญเสียภายใน regenerator มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับอุณหภูมิภายใน cooler ถึงแม้ว่าจะรักษาประสิทธิภาพของ regenerator ให้อยู่ที่ 94% แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่เสนอขึ้นไม่ได้คำนึงถึงผลของการถ่ายเทความร้อนในส่วนอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น Kagawa, N. จึงเสนอความสัมพันธ์ขึ้นใหม่โดยคิดผลของการนำความร้อนภายในกระบอกสูบฝั่ง compression space และ การถ่ายเทความร้อนจาก cooler ไปสู่อากาศร่วมด้วย เพื่อประเมินความถูกต้องของความสัมพันธ์ดังกล่าว Noburu Kagawa นำผลที่ได้จากความสัมพันธ์ที่เสนอไว้ไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง ชื่อ SETMA จากผลการประเมินพบว่า การสูญเสียภายใน regenerator ที่ได้จากความสัมพันธ์ที่เสนอขึ้นมีค่าใกล้เคียงกับการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ที่เสนอขึ้นถูกต้องค่อนข้างสูง Takahashi, S. [2] ศึกษาการสูญเสียจากแรงเสียดทานการไหล, การสูญเสีย

ทางกลและการสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง ผลการทดสอบพบว่า การสูญเสียจากแรงเสียดทานการไหล และการสูญเสียทางกลจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น แต่ไม่ขึ้นกับความดันภายในระบบ ในส่วนของการสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนจะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มมากขึ้น นอกจากการศึกษากลไกการสูญเสียของเครื่องยนต์ ผลต่างอุณหภูมิสูง (HDSE) แล้ว ยังมีนักวิจัยหลายคนสนใจศึกษากลไกการสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Differential Stirling Engine, LDSE) Otaka, T. [9] สร้างเครื่องทำความเย็นสเตอร์ลิงขนาด 100 W และเปลี่ยนวัฏจักรการทำงานจากเครื่องทำความเย็นให้เป็นเครื่องยนต์โดยใช้ไนโตรเจนเหลวเป็นสารทำความเย็นและใช้ความร้อนภายในห้องเป็นแหล่งพลังงาน ผลการทดสอบพบว่า เครื่องทำความเย็นสเตอร์ลิงสามารถเปลี่ยนวัฏจักรการทำงานเป็นเครื่องยนต์ได้ ให้กำลังไฟฟ้าออกมา 4.7 W ทางด้านการสูญเสียของเครื่องยนต์ Otaka, T. ทดสอบการสูญเสียด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ การสูญเสียทางกลและการสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อน ผลการทดสอบพบว่า การสูญเสียทางกลจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบและความดันที่เพิ่มขึ้น การสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามผลต่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรง

การศึกษากลไกการสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่มีผลต่างอุณหภูมิต่างกัน ทำให้เกิดคำถามว่า กลไกการสูญเสียต่างๆ ใน HDSE และ LDSE มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร Iwamoto, S. [10] จึงได้ทำการเปรียบเทียบการสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่มีผลต่างอุณหภูมิต่างกัน โดยใช้ตัวแปรไร้มิติในวิเคราะห์การสูญเสียของ HDSE และ LDSE ผลการศึกษาพบว่า การสูญเสียทางกลแบบไร้มิติของ HDSE จะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรงเมื่อความเร็วรอบแบบไร้มิติเพิ่มขึ้น ในขณะที่การสูญเสียทางกลของ LDSE คงที่เมื่อความเร็วรอบแบบไร้มิติเพิ่มขึ้น ดังนั้นการสูญเสียทางกลภายใน HDSE เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ลดลงมากกว่าการสูญเสียทางกลภายใน LDSE สำหรับการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานการไหลของ HDSE และ LDSE จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบไปในทิศทางเดียวกัน สำหรับผลรวมของการสูญเสียจากการนำความร้อนและการสูญเสียภายใน regenerator แบบไร้มิติของ LDSE จะมีค่าน้อยกว่า HDSE ถึง ~10 เท่า และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบแบบไร้มิติไปในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าความร้อนที่ระบายออกจากเครื่องยนต์แบบไร้มิติของ HDSE จะมีค่าลดลงเมื่อความเร็วรอบแบบไร้มิติเพิ่มขึ้น และความร้อนที่ระบายออกจากเครื่องยนต์แบบไร้มิติของ LDSE จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบแบบไร้มิติเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพบ่งชี้ของ HDSE จะมีค่ามากขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ในขณะที่ประสิทธิภาพบ่งชี้ของ LDSE จะมีค่าต่ำลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า นักวิจัยหลายคนศึกษาการสูญเสียภายใน HDSE และ LDSE แล้ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสูญเสียของ HDSE และ LDSE มีข้อแตกต่างกัน ดังเช่น Takahashi, S. [2] กล่าวว่า การสูญเสียทางกลจะขึ้นกับความเร็วยกกำลังสองแต่ไม่ขึ้นกับความดัน แต่ Otaka, T. [9] กล่าวว่า การสูญเสียทางกลจะขึ้นกับความเร็วยกกำลังสองและความดัน นอกจากนี้ ผลการศึกษาของ Iwamoto, S. [10] แสดงให้เห็นว่า การสูญเสียทางกลของ HDSE จะเพิ่มขึ้นแบบ quadratic เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ในขณะที่ LDSE จะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของการสูญเสียทางกลจะขึ้นกับความเร็วยกกำลังสอง แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงของการสูญเสียทางกลเทียบกับความเร็วรอบของ HDSE และ LDSE จะแตกต่างกัน สำหรับผลของความดันที่มีต่อการสูญเสียทางกลของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำยังมีข้อสงสัยว่าการสูญเสียทางกลจะขึ้นกับความดันหรือไม่ นอกจากการสูญเสียทางกลแล้วยังมีการสูญเสียอื่นๆอีกมากมายที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ เช่น การสูญเสียทางความร้อน, การสูญเสียทางความดัน จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นทำให้เกิดคำถามขึ้นว่าการสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิปานกลางที่มีอยู่มีค่ามากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ Iwamoto, S. ยังไม่ได้นำค่าการสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงผลต่างอุณหภูมิปานกลางมาเปรียบเทียบกับค่าการสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงผลต่างอุณหภูมิสูงและต่ำว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการสูญเสียต่างๆของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิปานกลางและทำการวิเคราะห์การสูญเสียเบื้องต้นเพื่อประเมินการสูญเสียหลักที่เกิดขึ้นของเครื่องยนต์ ผลการศึกษาการสูญเสียที่ได้นี้ไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงเครื่องยนต์ และเปรียบเทียบการสูญเสียของเครื่องยนต์ที่มีผลต่างอุณหภูมิแตกต่างกันต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- ศึกษาการสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง
- ประเมินการสูญเสียหลักของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิปานกลางเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงเครื่องยนต์ต่อไป
- เปรียบเทียบการสูญเสียต่างๆของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิปานกลางกับเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำว่ามีความเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

- ประเมินการสูญเสียหลักที่เกิดขึ้นของเครื่องยนต์ เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงเครื่องยนต์และทดสอบสมรรถนะหลังการปรับปรุง
- ศึกษากลไกการสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิปานกลาง จากนั้น ประเมินการสูญเสียต่างๆที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับ การสูญเสียของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิสูงและผลต่างอุณหภูมิต่ำ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- ศึกษากลไกการสูญเสียต่างๆของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง
- ศึกษาความเหมือนกันหรือแตกต่างกันของการสูญเสียต่างๆของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิสูงและผลต่างอุณหภูมิต่ำ
- ศึกษาวิธีการจัดชุดทดสอบ และการวัด
- ศึกษาโปรแกรม Lab view เพื่อใช้ในการประมวลผลที่วัดได้
- ทำการทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิปานกลาง
- ทำการประเมินการสูญเสียต่างๆของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิปานกลาง
- ทำการประเมินการสูญเสียหลักของเครื่องยนต์ผลต่างอุณหภูมิปานกลาง
- ปรับปรุงเครื่องยนต์ตามแนวทางที่ได้จากการประเมินการสูญเสียหลัก
- ทดสอบเครื่องยนต์เพื่อวัดสมรรถนะที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากปรับปรุงเครื่องยนต์
- ทำการเปรียบเทียบการสูญเสียต่างๆของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิปานกลางกับเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบผลต่างอุณหภูมิสูงและผลต่างอุณหภูมิต่ำ
- วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการทดสอบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เข้าใจ และสามารถอธิบายการสูญเสียที่เกิดขึ้นในส่วนต่างๆของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงได้
- ได้แนวทางการปรับปรุงเครื่องยนต์สเตอร์ลิงให้มีสมรรถนะเครื่องยนต์สูงขึ้น