รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาระบบผลิตกำลังไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์สเตอริ่ง

The Development for Electric Power Generating System by Using Stirling Engine

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จักรกฤษณ์ จันทรศิริ
วรพันธุ์ สมบัติธีระ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ 2560)

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาระบบผลิตกำลังไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์สเตอริ่ง

The Development for Electric Power Generating System by Using Stirling Engine

จักรกฤษณ์ จันทรศิริ

วรพันธุ์ สมบัติธีระ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ 2560)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องด้วยความร่วมมือของหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า รวมถึงคณาจารย์ นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้การช่วยเหลือหลายๆด้านในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมถึงสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย สำหรับการทำงานวิจัยครั้งนี้นี้ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณทุกส่วนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย
2561

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หัวข้อวิจัย การพัฒนาระบบผลิตกำลังไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์สเตอริ่ง
ผู้ดำเนินการวิจัย จักรกฤษณ์ จันทรศิริ
วรพันธุ์ สมบัติธีระ
หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์สเตอร์ลิงขนาดเล็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบแกมมาที่ทำงานร่วมกัน 4 ตัว เป็นแบบแนวนอน และออกแบบให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีกำลังอัดของแต่ละเครื่องจะอยู่ที่ 23.9 ซีซี ส่วนฮีตเตอร์ทำมาจากเหล็กสตีมที่สามารถทนความร้อนได้สูงและคูลเลอร์เลือกใช้รูปแบบร่องครีบเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อน โดยใช้ทำจากอลูมิเนียมและมีระยะช่วงชัก 28 มิลลิเมตร การทดสอบแบ่งออกเป็นสองกรณี คือ กรณีที่ไม่มีการต่อโหลดและกรณีที่มีการต่อโหลดซึ่งการทดลองซึ่งการทดลองใช้แก๊สกระป๋องเป็นแหล่งพลังงานให้ความร้อน เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 วินาที ให้เริ่มหมุนล้อช่วยแรงเพื่อเป็นการสตาร์ทเครื่องยนต์ หลังจากเครื่องยนต์หมุนเริ่มทำการบันทึกค่า ความเร็วรอบ แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ และกระแสไฟฟ้า ทุกๆ 20 วินาที

ผลการทดสอบพบว่าที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส เครื่องสเตอร์ลิงก็จะสามารถเริ่มทำงานอยู่ที่ ความเร็วรอบกรณีที่ไม่มีการต่อโหลดเฉลี่ย 450-500 รอบต่อนาที และความเร็วรอบกรณีที่มีการต่อโหลดเฉลี่ย 350-370 รอบต่อนาที แรงดันไฟฟ้าขณะที่ไม่มีการต่อโหลดประมาณ 31.3 โวลต์และแรงดันไฟฟ้าขณะที่มีการต่อโหลดประมาณ 12 โวลต์ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ 2.3 แอมแปร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Research Title The Development for Electric Power Generating System by Using Stirling Engine
Researcher Jakkit Junsiri
Warrapan Sombattheera
Organization Faculty of Engineering
Rajabhat Maha Sarakham University
Year 2018

ABSTRACT

Research on the production of electricity using small Stirling engine. Aims to study the principles of the Stirling engine, which combined gamma 4 is horizontal. And designed to generate electricity. The strength of each machine is a 23.9 cc of steam heater made of steel that can withstand high heat and coolers use a secondary form of fins to increase the heat transfer. Use is made of aluminum and has a stroke of 28 mm, the test is divided into two cases: the absence of a load, and the case of the load of the experiment, which was a gas canister into a power source about 20 seconds to start spinning flywheel to start the engine. After the engine rotation speed to record the electrical current, voltage, temperature every 20 seconds

An experiment have found that temperature of about 200 degrees Celsius, and Sterling was able to start working on. Speed absence of the average load 450-500 rpm and speed, with an average load of 350-370 rpm voltage while no load about 31.3 volts and voltage. with a load of about 12 volts and 2.3 amperes

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เครื่องยนต์ความร้อน	4
2.2 เครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง	4
2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	8
2.4 พลังงาน	14
2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย	16
2.6 การทบทวนวรรณกรรมและสารสนเทศ ที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.1 **วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย**	18
3.2 **ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ**	19
บทที่ 4 ผลการวิจัย	27
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	36
บรรณานุกรมภาษาไทย	36
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	36

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก 37

ภาคผนวก ก การคำนวณหาความจุกระบอกสูบ 39

ภาคผนวก ข ส่วนประกอบเครื่องยนต์สเตอร์ลิง 41

ภาคผนวก ค การใช้งานเครื่องยนต์สเตอร์ลิงขนาดเล็กเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 46

ประวัติผู้วิจัย 48

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลการทดสอบความเร็วรวบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลด	27
4.2	ผลการทดสอบแรงดันไฟฟ้าของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลด	28
4.3	ผลการทดสอบอุณหภูมิของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลด	29
4.4	ผลการทดสอบการความเร็วรอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีมีการต่อโหลด	30
4.5	ผลการทดสอบแรงดันไฟฟ้าของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีมีการต่อโหลด	31
4.6	ผลการทดสอบกระแสไฟฟ้าของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีมีการต่อโหลด	32
4.7	ผลการทดสอบอุณหภูมิของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีมีการต่อโหลด	33
4.8	เปรียบเทียบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลดและมีการต่อโหลด	34

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง	5
2.2	หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง ขั้นที่ 1	6
2.3	หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง ขั้นที่ 2	6
2.4	หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง ขั้นที่ 3	7
2.5	หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง ขั้นที่ 4	7
2.6	จานฟาราเดย์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องแรก	8
2.7	หลักการขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก	9
2.8	หลักการสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด	10
2.9	หลักการสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด	10
2.10	วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก	11
2.11	วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	11
2.12	ความสัมพันธ์ E_A กับ I_f	12
2.13	วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	12
2.14	วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสม	12
2.15	เครื่องกลซิงโครนัส	13
2.15	เครื่องกลซิงโครนัส	16
3.1	วิธีดำเนินการวิจัย	19
3.2	แบบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง	20
3.3	ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง	20
3.4	หาตำแหน่งศูนย์กลางของล้อช่วยแรง	21
3.5	สร้างคันชัก	21
3.6	สร้างแผ่นยึดกระบอกสูบร้อนและกระบอกสูบเย็น	22
3.7	สร้างฐานรองตุ๊กตา	22
3.8	ทำการประกอบตุ๊กตาเข้ากับฐานเครื่องยนต์สเตอร์ลิง	22
3.9	ประกอบล้อช่วยแรงเข้ากับแกนเพลา	23
3.10	ประกอบชุดข้อเหวี่ยงและคันชักเข้ากับแกนเพลา	23
3.11	ประกอบชุดลูกสูบเย็น	23
3.12	ประกอบชุดลูกสูบร้อน	24
3.13	ต่อท่ออากาศระหว่างกระบอกสูบร้อนกับกระบอกสูบเย็นเชื่อมถึงกัน	24
3.14	ติดตั้งเจนเนอร์เรเตอร์	24
3.15	เครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่เสร็จสมบูรณ์	25
4.1	ความเร็วรอบกับเวลากรณีที่ไม่มีการต่อโหลด	28
4.2	แรงดันไฟฟ้ากับเวลากรณีที่ไม่มีการต่อโหลด	29
4.3	อุณหภูมิกับเวลากรณีที่ไม่มีการต่อโหลด	30

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่		หน้า
4.4	ความเร็วรอบกับเวลากรณีมีการต่อโหลด	31
4.5	แรงดันไฟฟ้ากับเวลากรณีมีการต่อโหลด	32
4.6	กระแสไฟฟ้ากับเวลากรณีมีการต่อโหลด	33
4.7	อุณหภูมิกับเวลากรณีมีการต่อโหลด	34

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

นับตั้งแต่เมื่ออดีตจนถึงปัจจุบัน มนุษย์พยายามคิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวก และทุ่นแรง เพื่อผ่อนแรงหรือทำงานแทนมนุษย์โดยเครื่องยนต์เป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้ในชีวิตประจำวันจนถึงในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มนุษย์จึงได้มีการประดิษฐ์เครื่องยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง ใช้พลังงานไอน้ำ ถึงปัจจุบันเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล หรือน้ำมัน พลังงานเหล่านี้ยังมีราคาสูงและเมื่อนำไปใช้งานกับเครื่องยนต์แล้วยังปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสู่โลก ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ประเทศต่างๆ จึงมีการรณรงค์ให้มีการประหยัดพลังงานและส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทน เพื่อลดปัญหาด้านพลังงานที่เกิดขึ้น นอกจากเครื่องยนต์จากเชื้อเพลิงฟอสซิลแล้วมนุษย์ยังพยายามหาแหล่งพลังงานทดแทนอย่างอื่นเพื่อมาทดแทนน้ำมัน ซึ่งมีเหลือใช้ไม่มาก และกระแสโลกร้อนยังเป็นแรงกระตุ้นอย่างรุนแรง เพื่อลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล เครื่องยนต์พลังงานทดแทน จึงเป็นต้นกำลังพลังงานทางเลือกที่มีความสำคัญของมนุษย์ในอนาคต

โรเบิร์ต สเตอร์ริ่ง ชาวสก็อตแลนด์ ได้คิดค้นเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งขึ้นมาเมื่อปี ค.ศ. 1816 เครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง เป็นเครื่องยนต์สันดาปภายนอก และใช้แก๊สเป็นสารในการทำงาน เช่น อากาศ เมื่อปี ค.ศ. 1900 ได้มีการพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในมาแทนเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงกว่าเครื่องยนต์สันดาปภายนอก แต่เนื่องจากน้ำมันกำลังจะหมดไปในอนาคต และกระแสโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้น จึงมีความพยายามในการพัฒนาเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง เพื่อมาใช้งานเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนสิ่งต่างๆ ทดแทน

สำหรับประเทศไทยยังประสบปัญหาวิกฤตด้านพลังงานที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และปริมาณ พลังงานเชื้อเพลิงยังต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศในราคาที่สูง ส่งผลให้เศรษฐกิจในภาคอุตสาหกรรมมีต้นทุนในการผลิตสูง ทำให้สินค้าราคาแพง มีการคิดค้นพลังงานทางเลือกรูปแบบต่างๆมาทดแทนเพื่อลดต้นทุนในการผลิต ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีเศษชีวะมวลที่เหลือจากการทำการเกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็น ฟางข้าว ซังอ้อย แกลบ และซังข้าวโพด ชีวะมวลเหล่านี้เหมาะในการที่จะนำเอาไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิง เพื่อการขับเคลื่อนเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง จึงเป็นอีกทิศทางหนึ่งที่สามารถสร้างประโยชน์ให้กับประชากรในท้องถิ่นจากการนำเศษชีวะมวลจากการทำการเกษตรกรรมมาใช้ เป็นการเพิ่มศักยภาพในการทำการเกษตร อันจะส่งผลรวมไปถึงการลดการนำเข้าของพลังงานฟอสซิลจากต่างประเทศ และยังสามารถช่วยลดการขยายโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่จะสร้างปัญหาความขัดแย้งให้กับแหล่งชุมชนได้ในอีกระดับหนึ่ง เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งเหมาะสำหรับการนำไปเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้าตามพื้นที่ห่างไกล ที่ยากต่อการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้า สามารถพัฒนาให้เป็นต้นกำลังอีกทางเลือกในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา โดยการศึกษาและพัฒนาถึงความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งเป็นต้นกำลัง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ขนาดของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งมีความกว้าง 50 เซนติเมตรและยาว 100 เซนติเมตร

2. เครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง จำนวน 4 ชุด ทำงานแกนร่วมในแนวนอนโดยแต่ละชุดมีกำลังอัดขนาดไม่น้อยกว่า 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. มีกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 10 วัตต์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ด้านวิชาการ ด้านนโยบาย ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ ด้านสังคมและชุมชน รวมถึงการเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

2.ได้เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งต้นแบบทำงานแกนร่วมในแนวนอน 4 ชุด แต่ละชุดมีกำลังอัดขนาดไม่น้อยกว่า 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 10 วัตต์

3.หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
3) กระทรวงพลังงาน
4) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
5) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
6) สถาบันการศึกษาต่างๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตกำลังไฟฟ้ามีต้นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนแกนเพลาของเจนเนอร์เรเตอร์ที่หลากหลาย เช่น โดยแรงดันน้ำ โดยแรงดันของไอน้ำ โดยการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์สเตอริ่งใช้หลักการขยายตัวและหดตัวของความร้อนเพื่อการขับเคลื่อนแกนเพลา

ปัจจุบันได้อาศัยยานพาหนะเครื่องจักร เครื่องทุ่นแรงต่างๆ มาอำนวยความสะดวกแก่มนุษย์ล้วนเกิดจากแนวคิดจินตนาการความสามารถของมนุษย์ที่มีวิวัฒนาการความคิดในการประดิษฐ์สิ่งที่เป็นนามธรรม ให้กลายเป็นรูปธรรม โดยอาศัยแนวคิด ทฤษฎีต่างๆ บุคคลเหล่านั้นคือนักวิทยาศาสตร์เครื่องจักร เครื่องยนต์ต่างๆ ซึ่งกว่าจะมาเป็นรถยนต์ จักรยานยนต์และเครื่องจักรมีวิวัฒนาการประวัติความเป็นมา ดังนี้

ค.ศ. 1794 โรเบริ์ต สตรีท ชาวอังกฤษสร้างเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในเครื่องแรก

ค.ศ. 1824 ซาดี คาร์โน ค้นคว้าเพิ่มเติมของสตรีทให้ดียิ่งขึ้น

ค.ศ. 1862 โปเดอร์ โรชา ชาวฝรั่งเศส ได้พิมพ์เอกสารหลักการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะเป็นครั้งแรก

ค.ศ. 1872 เบรย์ตัน ชาวเยอรมันนี ได้ทำการพัฒนาเครื่องยนต์สามารถใช้พาราฟิน และน้ำมันปิโตเลียมหนักเป็นเชื้อเพลิง

ค.ศ. 1876 ดร.ออตโตชาวเยอรมันนีสร้างเครื่องยนต์ 4 จังหวะตามหลักการของโรชาและปรับปรุงให้มีประสิทธภาพสูงขึ้น ได้มีการประดิษฐ์ยานพาหนะทางบกที่ขับเคลื่อนด้วยกำลังของตัวเองมาเป็นเวลานาน แต่ผลสำเร็จของการประดิษฐ์ เกิดขึ้นในปี 1876

ค.ศ. 1880 มีความเจริญก้าวหน้าอย่างมากเกิดขึ้นในเยอรมันเมื่อ เดทเลอร์และเบนซ์ ทำงานร่วมกับมาย บัค ได้ประดิษฐ์ เครื่องยนต์เครื่องแรก

ค.ศ. 1883 โดยเครื่องยนต์ที่เขาประดิษฐ์ขึ้นนี้มีความเร็วรอบมากกว่าของออตโต ถึง 4 เท่า คือความเร็วเท่ากับ 900 รอบต่อนาที

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ค.ศ. 1883 ผลิตเครื่องยนต์ที่เขาประดิษฐ์ขึ้นนี้มีความเร็วรอบมากกว่าของออตโต ถึง 4 เท่า คือความเร็วเท่ากับ 900 รอบต่อนาที

ค.ศ. 1884 เดมเลอร์ติดตั้งเครื่องยนต์แรงม้าบนรถจักรยานยนต์

ค.ศ. 1881 เซอร์ดูกาล์ดเคลิก ชาวอังกฤษได้ประดิษฐ์เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2 จังหวะ

ค.ศ. 1892 ดร. รูดอร์ฟ ดีเซลชาวเยอรมันนีได้สร้างเครื่องยนต์ดีเซลโดยมีการนำเอาอัดอากาศร้อนแล้วฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปเผาไหม้แล้วเกิดความร้อนและความดัน ดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ระบบจุดระเบิดด้วยแมกนีโต และหัวเทียนมาใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ค.ศ. 1892 ใช้ระบบจุดระเบิดด้วยแมกนีโตและหัวเทียนมาใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ค.ศ. 1893 มายบัค ประดิษฐ์คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้ระบบนมหนู

ค.ศ. 1894 เบนซ์ประดิษฐ์เครื่องยนต์ 2 แรงม้า

ค.ศ. 1895 พันนาร์ด ได้สร้างรถแบบปิดขึ้นมา และพี่น้องมิชลินได้ผลิตยางแบบเติมลมสำเร็จ

ค.ศ. 1897 มอร์ ชาวฝรั่งเศสได้ผลิตเครื่องยนต์ 8 สูบ แกรฟ และสตีฟ แห่งออสเตรียได้ผลิตรถยนต์แก๊สโซลีนขับเคลื่อนล้อหน้า

ค.ศ. 1901 เดมเลอร์ ผลิตได้รถเบนซ์ขึ้นมา จัดได้ว่าเป็นเครื่องยนต์สมัยใหม่เครื่องแรก

ค.ศ. 1903 แอดเลอร์ชาวเยอรมันนีได้จดทะเบียนเพลาท้ายอิสระซึ่งออกแบบโดย ดร.อี รัม

เพลอร์ และบอร์ ขายรถที่ติดตั้งช็คอัพเมาสเลย์ แห่งอังกฤษ ผลิตเครื่องยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ โอ เอช ซี และแอดเลอร์ แห่งฝรั่งเศส ผลิตเครื่องยนต์ วี 8

ค.ศ. 1907 อัศวิด แห่งอเมริกา ผลิตเครื่องยนต์ที่ใช้ซูเปอร์ชาร์ด

ค.ศ. 1908 ฟอร์ด ผลิตรถยนต์แบบโมเดล-ที และได้ผลิตระบบขุดระเบิดที่ใช้คอยล์ และจานจ่าย ส่วนเอร์เบอร์ต ฟรูด ชาวอังกฤษ ใช้ใยหินทำผ่าเบรก และผ้าคลัทช์

ค.ศ. 1909 คลิสตี้ ชาวอเมริกันติดตั้งเครื่องยนต์ 4 สูบ และเกียร์กับรถยนต์ขับล้อหน้า

ค.ศ. 1911 คาลิแลค ได้แนะนำการสตาร์ด้วยไฟฟ้า และระบบไฟแสงสว่างกับไดนาโม

ค.ศ. 1912 เปอร์โย แนะนำเครื่องยนต์ที่ใช้เพลาลูกเบี้ยวคู่

ค.ศ. 1913 อังกฤษ ใช้คาร์บูเรเตอร์ แบบสุญญากาศคงที่

ค.ศ. 1919 อิสปาโน ซุบซา แห่งสเปนใช้เบรกแบบช่วยเพิ่มพลัง

หลังจากนั้นก็ได้มีนักประดิษฐ์อื่นๆ ที่คิดประดิษฐ์ส่วนประกอบต่างๆ ของรถยนต์อีกมากมายจนทำให้เป็นรถยนต์ที่สมบูรณ์แบบในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามความเจริญก้าวหน้าของรถยนต์ ยังมีผู้ประดิษฐ์และพัฒนาสิ่งใหม่ๆ กับรถยนต์ ต่อไป

2.1 เครื่องยนต์ความร้อน

เครื่องยนต์อากาศร้อนขนาดเล็กยังคงผลิตใช้จนกระทั่งต้นทศวรรษที่ 1900 จึงถูกแทนที่ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในและความก้าวหน้าทางด้านไฟฟ้า ในปัจจุบันไม่มีการผลิตเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งขนาดใช้งาน แต่ยังคงมีการวิจัยและพัฒนาเนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่มีศักยภาพทางด้านประสิทธิภาพสูง และเป็นเครื่องยนต์ทำงานเงียบและสะอาด เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งรุ่นที่ทดลองใน ปัจจุบันมีความสำเร็จทางด้านสมรรถนะในระดับที่น่าพอใจ จากการใช้โลหะอัลลอยด์ทนความร้อนสูง กลไกขับแบบใหม่ มีการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและบรรจุด้วยฮีเลียมหรือไฮโดรเจนที่ความดันสูงเป็นสารทางานเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งรุ่นใหม่สามารถนำหน้าเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กได้ทางด้านประสิทธิภาพ และอัตราส่วนกำลังต่อน้ำหนัก ในอนาคตเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งสามารถที่จะใช้เป็นเครื่องยนต์สะอาด เครื่องตัดหญ้าที่เงียบ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากพลังงานแสงอาทิตย์เครื่องยนต์ความร้อนคืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แปลงผันพลังงานความร้อน เป็นพลังงานกลหรืองานอย่างต่อเนื่อง ความร้อนจะถูกป้อนให้กับเครื่องยนต์ทางด้านใดด้านหนึ่งแล้วผลิต งานออกมา เครื่องยนต์ความร้อนจะผลิตพลังงานกลออกมาตราบเท่าที่ยังคงมีความร้อนป้อนอยู่

2.2 เครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง

เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งเป็นเครื่องยนต์ความร้อนระบบปิด 2 จังหวะใช้ความร้อนจากภายนอก และใช้ก๊าซเป็นสารทำงาน ประดิษฐ์ขึ้นเป็นเครื่องแรกในปี 1816 โดย โรเบิร์ต สเตอร์ริ่ง ติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งรุ่นต่อมามีขนาดเล็กลงปลอดภัยและเงียบเป็นที่แพร่หลายในอุตสาหกรรมขนาดเบาและตามบ้านเรือน เช่น พัดลม จักรเย็บผ้า และเครื่องสูบน้ำ เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งรุ่นแรกๆ ใช้อากาศเป็นสารทำงานและเป็นที่รู้จักกันในชื่อ เครื่องยนต์อากาศร้อน อากาศจะบรรจุอยู่ในกระบอกสูบรูปทรงกระบอกเพื่อรับความร้อน การขยายตัว การระบายความร้อน และการอัด โดยการเคลื่อนที่ของส่วนต่างๆ ในเครื่องยนต์

เครื่องยนต์อากาศร้อนขนาดเล็กยังคงผลิตใช้จนกระทั่งต้นทศวรรษที่ 1900 จึงถูกแทนที่ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในและความก้าวหน้าทางด้านไฟฟ้า ในปัจจุบันไม่มีการผลิตเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งขนาดใช้

งานแต่ยังคงมีการวิจัยและพัฒนา เนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่มีศักยภาพทางด้าน ประสิทธิภาพสูงและเป็นเครื่องยนต์ทำงานเงียบและสะอาด เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งรุ่นที่ทดลองในปัจจุบันมีความสำเร็จทางด้านสมรรถนะในระดับที่น่าพอใจ จากการใช้โลหะอัลลอยด์ทนความร้อนสูง กลไกขับแบบใหม่ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และบรรจุด้วยฮีเลี่ยมหรือไฮโดรเจนที่ความดันสูงเป็นสารทำงาน เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งรุ่นใหม่จึงสามารถนำหน้าเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กได้ทางด้านประสิทธิภาพ และอัตราส่วนกำลังต่อ น้ำหนัก ในเรื่องของความเงียบและมลภาวะระดับต่ำยังไม่มีเครื่องยนต์แบบไหนเป็นคู่แข่งที่น่ากลัว ในอนาคตเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งสามารถที่จะใช้เป็นเครื่องยนต์สะอาด เช่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

1) ประเภทของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง

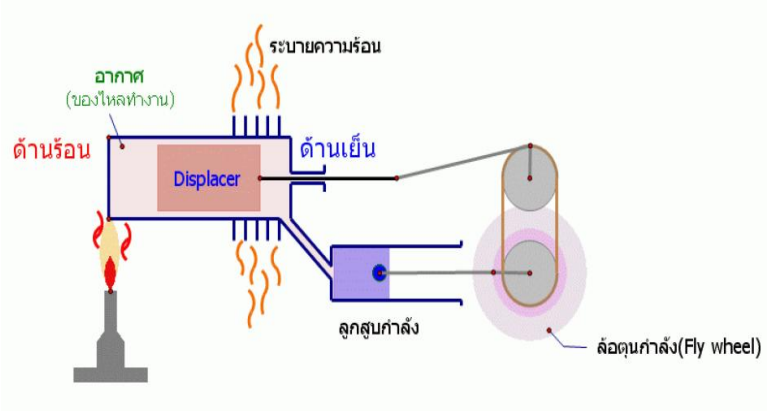
1.1) เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งแบบแอลฟาประกอบไปด้วยลูกสูบไล่ซึ่งจะเคลื่อนที่อยู่ในกระบอกสูบร้อน เรียกว่า ส่วนร้อน ความร้อนจะถ่ายเทเข้าสู่ของไหลทำงานผ่านกระบอกสูบร้อน ขยายตัวดันลูกสูบได้งานออกมา ลูกสูบอัดซึ่งจะเคลื่อนที่อยู่ในกระบอกสูบเย็น เรียกว่า ส่วนเย็น ความร้อนจะถ่ายเทออกจากของไหลทำงานผ่านกระบอกสูบเย็น พร้อมกับการอัดตัวเป็นการให้งานกับระบบ ส่วนระหว่างร้อนและเย็นเรียกว่า รีเจนเนอร์เรเตอร์

1.2) เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งแบบเบตา ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งแบบเบตา จะประกอบไปด้วยลูกสูบไล่หรือลูกสูบขยาย และลูกสูบกำลังหรือลูกสูบอัดอยู่ภายในกระบอกสูบเดียวกัน

1.3) เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งแบบแกมมาประกอบไปด้วยกระบอกสูบ 2 กระบอกสูบประกอบไปด้วยกระบอกสูบเย็นและกระบอกสูบร้อน ซึ่งจะเชื่อมต่อหากันโดยต่อท่ออากาศ มุมระหว่างลูกสูบเย็นและลูกสูบร้อนจะมีเฟสต่างกัน 90 องศา

2) ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง

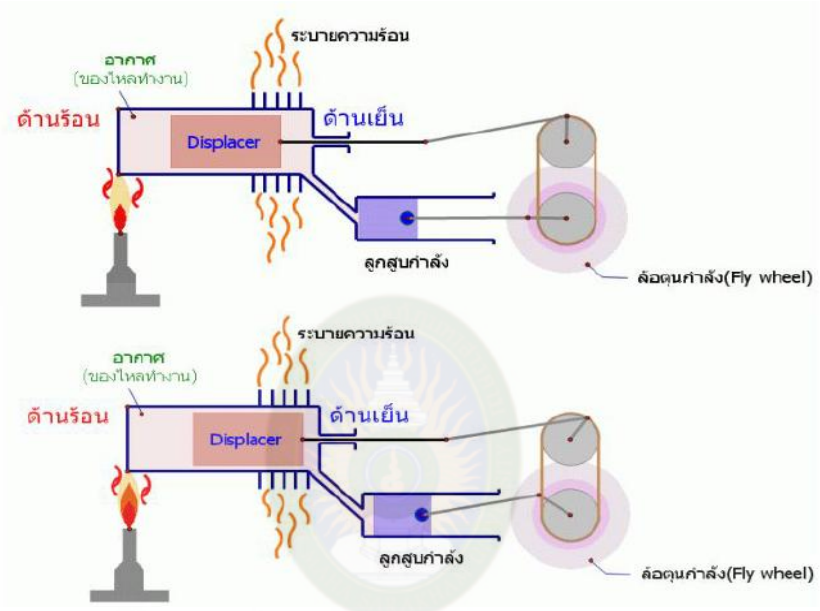
เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งมีลูกสูบ 2 อัน มีเฟสต่างกัน 90 องศา และมีบริเวณที่อุณหภูมิต่างกัน 2 แห่ง ก๊าซหรืออากาศซึ่งเป็นสารทำงานจะถูกปิดไม่ให้มีการรั่วไหลออกมาภายนอก ลูกสูบที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นลูกสูบกำลัง กำลังที่ออกจากเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งทั้งหมดได้จากลูกสูบกาลัง ลูกสูบที่มีขนาดใหญ่กว่าเรียกว่าลูกสูบไล่หรือดิสเพลสเซอร์ลูกสูบไล่จะมีขนาดเล็กกว่าตัวกระบอกสูบเล็กน้อยอากาศภายในกระบอกสูบสามารถเคลื่อนที่ผ่านด้านข้างของลูกสูบไล่ไปได้ หน้าที่ของลูกสูบไล่ก็คือไล่อากาศในกระบอกสูบให้เคลื่อนที่อยู่ระหว่างด้านร้อนกับด้านเย็น ลูกสูบไล่ไม่ได้สร้างกำลังให้กับเครื่องยนต์



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง
ที่มา (เทวินทร์ ชูจันทร์, 2555, หน้า 6)

3) หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง

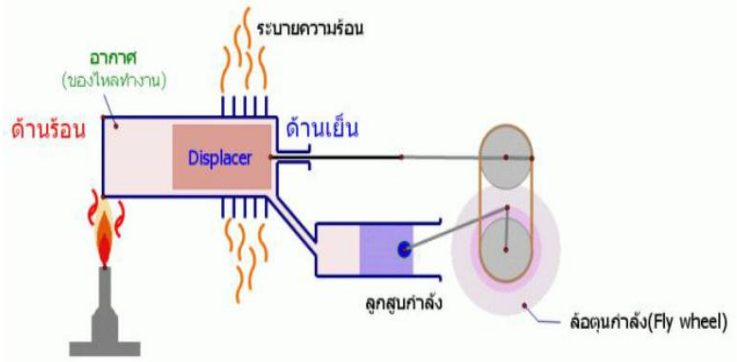
หลักการพื้นฐานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งคือจะต้องมี 2 กระบอกสูบ ปลายด้านหนึ่งของกระบอกสูบมีการให้ความร้อนตลอดเวลาเรียกว่ากระบอกสูบร้อนและอีกด้านหนึ่งไม่มีการให้ความร้อนเรียกว่ากระบอกสูบเย็น เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งทำงานเมื่อได้รับความร้อนที่ปลายกระบอกสูบร้อน จากนั้นอากาศที่อยู่ภายในกระบอกสูบร้อนจะมีการขยายตัว ทำให้ลูกสูบร้อนที่อยู่ในกระบอกสูบเกิดการเคลื่อนที่และในขณะเดียวกัน ก็จะมีการส่งกำลังผ่านคันชักเพื่อไปขับลูกสูบเย็นซึ่งก้านสูบของลูกสูบเย็นทำมุมตั้งฉากกันกับก้านสูบร้อน ทำให้ลูกสูบเย็นดันอากาศเย็นผ่านท่ออากาศเข้าไปยังกระบอกสูบร้อนและเริ่มทำงานแบบนี้ไปเรื่อยๆ ซึ่งอาศัยหลักการหดตัวและขยายตัวของอากาศ จะมีลำดับการทำงานอยู่ 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง ขั้นที่ 1
ที่มา (เทวินทร์ ชูจันทร์, 2555, หน้า 7)

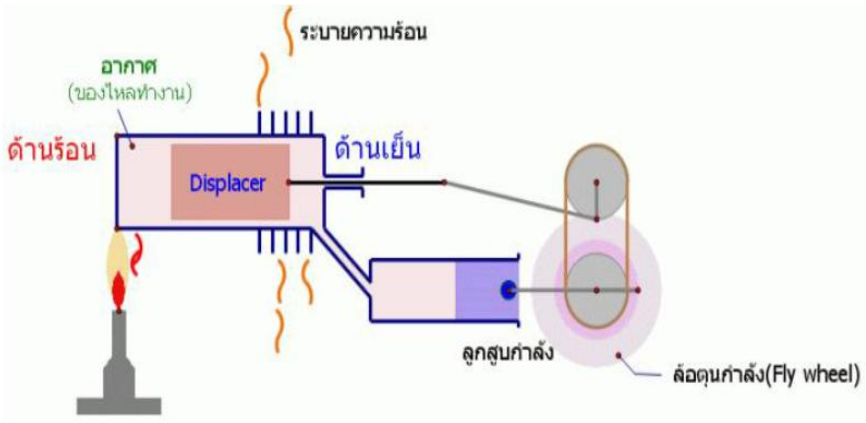
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ลูกสูบกำลังอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ตายบน เป็นการให้ความร้อนกับอากาศเข้าไปภายในกระบอกสูบ โดยการเคลื่อนที่ของลูกสูบไล่เพื่อให้อากาศส่วนใหญ่ไปรวมอยู่ทางด้านร้อนอากาศได้รับความร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นและความดันเพิ่มขึ้น เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่ปริมาตรคงตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.3



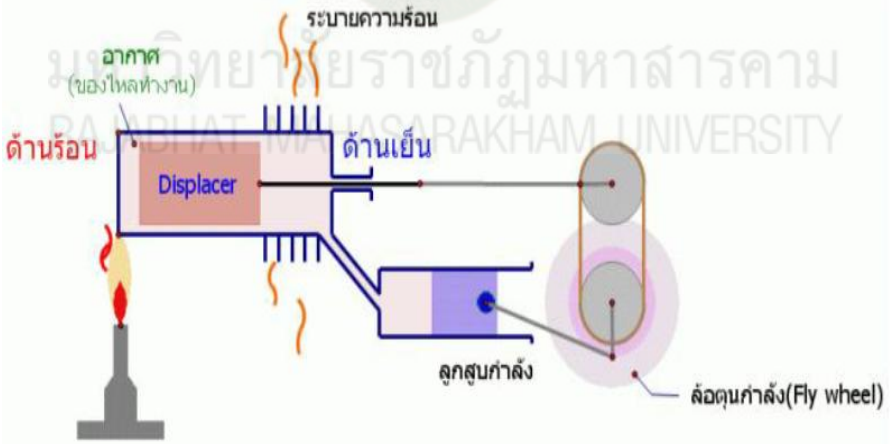
รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง ขั้นที่ 2
ที่มา (เทวินทร์ ชูจันทร์, 2555, หน้า 8)

เมื่ออากาศทางด้านร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ความดันเพิ่มขึ้นและเกิดแรงดันลูกสูบกำลังเคลื่อนที่ไปที่ศูนย์ตายล่างอากาศยังคงได้รับความร้อนขณะที่ปริมาตรของอากาศเพิ่มขึ้นความดันลดลงโดยที่อุณหภูมิคงตัวขั้นที่ 2 เป็นกระบวนการขยายตัวที่อุณหภูมิคงตัว



รูปที่ 2.4 หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง ขั้นที่ 3
ที่มา (เทวินทร์ ชูจันทร์, 2555, หน้า 9)

ผลของความต่างเฟส 90 องศา ระหว่างลูกสูบร้อนและลูกสูบเย็นทำให้ลูกสูบไล่เคลื่อนที่และไล่อากาศจากด้านร้อนไปทางด้านเย็นเพื่อทิ้งความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง ความดันลดลง ลูกสูบกำลังอยู่ที่ศูนย์ตายล่าง ขั้นที่ 3 เป็นกระบวนการระบายความร้อนที่ปริมาตรคงตัว

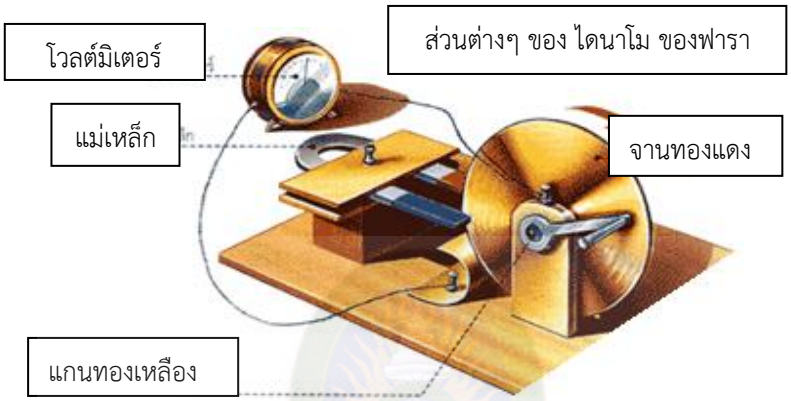


รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง ขั้นที่ 4
ที่มา (เทวินทร์ ชูจันทร์, 2555, หน้า 11)

ลูกสูบกำลังเลื่อนไปที่ศูนย์ตายบนอากาศถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลง และระบายความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมด้วยอุณหภูมิคงตัว ผลของความต่างเฟส 90 องศา ทำให้ลูกสูบไล่เคลื่อนที่ไล่อากาศจากด้านเย็นกลับไปทางด้านร้อน แล้วเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งก็กลับไปสู่จุดตั้งต้นขั้นที่ 1 ขั้นที่ 4 เป็นกระบวนการอัดที่อุณหภูมิคงตัว

2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ใน ปี 1827 อันยอร์ส เจดิกซ์ ชาวฮังการีเริ่มทดลองกับอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าหมุน เรียกว่าแม่เหล็กไฟฟ้าใบพัดหมุนเองตอนนี้เรียกว่าไดนาโมของ เจดิกซ์ ในเครื่องต้นแบบของตัวสตาร์ตเตอร์เสาไฟฟ้าเดียว (เสร็จระหว่างปี 1852 ถึงปี 1854) ทั้งชิ้นส่วนอยู่กับที่และชิ้นส่วนหมุนเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า เจดิกซ์จึงได้คิดสูตรที่เป็นแนวคิดของไดนาโมไว้ไม่น้อยกว่า 6 ปีก่อน ซีเมนส์และเวสโตรน แต่ไม่ได้จดสิทธิบัตรเพราะเจดิกซ์คิดว่าไม่ได้เป็นคนแรกที่รับรู้ถึงเรื่องนี้ในสาระสำคัญ แนวคิดคือแทนที่จะใช้แม่เหล็กถาวร สองแม่เหล็กไฟฟ้าวางตรงข้ามกันเหนี่ยวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบโรเตอร์ เป็นการค้นพบหลักการของการกระตุ้นตัวเองอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 จานฟาราเดย์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องแรก
ที่มา (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล,2554)

ในปี 1831-1832 ไมเคิล ฟาราเดย์ได้ค้นพบหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากแม่เหล็กไฟฟ้า หลักการที่ต่อมาเรียกว่า กฎของฟาราเดย์ นั่นคือแรงเหนี่ยวนำไฟฟ้าจะถูกสร้างขึ้นในตัวนำไฟฟ้าที่ล้อมรอบสนามแม่เหล็กที่กำลังแปรเปลี่ยนไป นอกจากนี้ฟาราเดย์ยังสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเครื่องแรก เรียกว่าจานฟาราเดย์ ซึ่งเป็นประเภทหนึ่งของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้าแบบมอเตอร์แนวราบ โดยใช้แผ่นจานทองแดงหมุนระหว่างขั้วของแม่เหล็กเกือกม้า มันผลิตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดเล็ก การออกแบบแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีกระแสหักล้างกันเองในพื้นที่ ที่ไม่ได้อยู่ภายใต้อิทธิพลของสนามแม่เหล็ก ซึ่งในขณะที่กระแสถูกชักนำโดยตรงภายใต้แม่เหล็ก กระแสจะไหลเวียนกลับทางในพื้นที่ที่อยู่นอกอิทธิพลของสนามแม่เหล็ก การไหลกลับทางนี้จำกัดการส่งออกของพลังงานไปยังสายไฟที่จ่ายโหลดและเหนี่ยวนำความร้อนสูญเปล่าขึ้นบนแผ่นจานทองแดง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบมอเตอร์แนวราบ ต่อมาจะแก้ปัญหานี้ โดยใช้อาร์เรย์ของแม่เหล็กจัดวางเรียงตัวรอบๆแผ่นจานเพื่อรักษาระดับสนามแม่เหล็กให้คงที่ในทิศทางการไหลของกระแสเพียงทางเดียว ข้อเสียอีกอย่างก็คือ แรงดันที่ออกมาต่ำมาก เนื่องจากมีเส้นทางของกระแสเพียงทางเดียวผ่านสนามแม่เหล็ก ผู้ทำการทดลองพบว่าการใช้ขดลวดหลายๆ รอบจะสามารถผลิตแรงดันได้สูงขึ้น และมีประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากแรงดันออกเป็นสัดส่วนกับจำนวนรอบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถออกแบบได้อย่างง่ายดายในการผลิตแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการโดยการปรับจำนวนรอบ การพันรอบสายไฟจึงกลายเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดที่ตามมาไดนาโมเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องแรกที่มีความสามารถในการส่งมอบพลังงานสำหรับอุตสาหกรรม ใช้การเหนี่ยวนำ

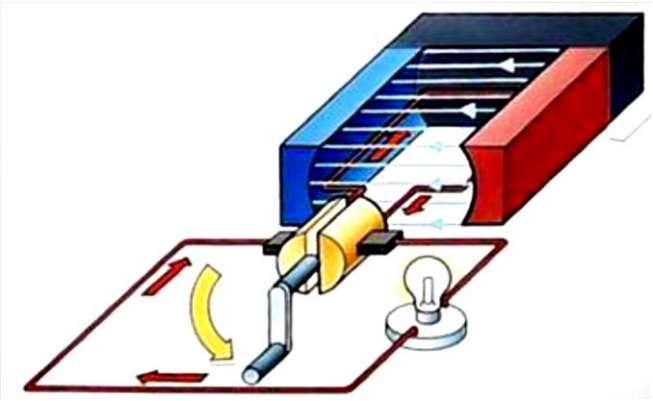
แม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อแปลงการหมุนทางเครื่องกลเป็นกระแสตรง ผ่านการใช้ตัวเปลี่ยนทิศทางกระแส ไดนาโมตัวแรกถูกสร้างขึ้นโดย ฮิปโปเลช พิซ ในปี ค.ศ. 1832

เครื่องไดนาโมประกอบด้วยโครงสร้างติดอยู่กับที่ซึ่งมีสนามแม่เหล็กคงที่และชุดของเส้นลวดหมุนที่หมุนอยู่ในสนามแม่เหล็กนั้น ในไดนาโมขนาดเล็ก สนามแม่เหล็กคงที่อาจจะถูกจัดให้โดย แม่เหล็กถาวรหนึ่งชุดหรือมากกว่า สำหรับไดนาโมขนาดใหญ่มีสนามแม่เหล็กคงที่จัดให้โดย แม่เหล็กไฟฟ้าหนึ่งชุดหรือมากกว่า ซึ่งมักจะถูกเรียกว่าขดลวดสนาม โดยผ่านการค้นพบโดยบังเอิญหลายๆครั้งอย่างต่อเนื่อง ไดนาโมกลายเป็นแหล่งที่มาของสิ่งประดิษฐ์จำนวนมากต่อมา รวมทั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ มอเตอร์เอซีซิงโครนัส และตัวแปลงไฟฟ้าแบบหมุน ระบบการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับเป็นที่รู้จักกันในรูปแบบที่เรียบง่ายจากการค้นพบของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กเนื่องจากกระแสไฟฟ้า เครื่องรุ่นแรกๆ ถูกพัฒนาขึ้นโดยผู้บุกเบิก เช่น ไมเคิล ฟาราเดย์ และฮิปโปเลช พิซ

ฟาราเดย์ได้พัฒนา "สี่เหลี่ยมผืนผ้าหมุน" ซึ่งมีการทำงานเป็น ฮีเตอร์โรโพรา นั่นคือแต่ละตัวนำที่แอคทีฟเคลื่อนผ่านอย่างต่อเนื่องในบริเวณที่สนามแม่เหล็กจะอยู่ในทิศทางตรงข้าม การสาธิตสาธารณะเป็นครั้งแรกของ "ระบบเครื่องผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ" ที่มีความแข็งแกร่งระบบหนึ่งเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1886 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับสองเฟสขนาดใหญ่ถูกสร้างขึ้นโดยช่างชาวอังกฤษ กอร์ดอน ในปี ค.ศ. 1882 ลอร์ดเคลวิน และ เซบาสเตียน เฟอร์แลนด์ติ ยังได้พัฒนาออเตอร์นาเตอร์ รุ่นแรกๆ จะผลิตความถี่ระหว่าง 100 และ 300 เฮิร์ท ใน ปี ค.ศ. 1891 นิโกลา เทสลา ได้สิทธิบัตรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ "ความถี่สูง" ในทางปฏิบัติ (ซึ่งจะสามารถทำงานที่ประมาณ 15 กิโลเฮิร์ท) หลังจากปี 1891 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายเฟสถูกนำไป ใช้จ่ายกระแสของหลายเฟสที่แตกต่างกัน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวต่อมาได้รับการออกแบบให้สามารถจ่ายกระแสสลับที่ความถี่เปลี่ยนแปลงได้ระหว่าง สิบหกถึงประมาณหนึ่งร้อยเฮิร์ท สำหรับใช้กับแสงสว่างแบบอาร์ก ไดนาโมผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่ตอนนี้ไม่ค่อยมีให้เห็น เนื่องจากขณะนี้การใช้งานเกือบเป็นสากลคือใช้กระแสสลับ ก่อนที่จะมีการนำไฟเอซีมาใช้ไดนาโมไฟกระแสตรงที่มีขนาดใหญ่มากเป็นวิธีการเดียวในการผลิตและการจำหน่ายกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าเอซีได้เข้ามาครองตลาดเนื่องจากความสามารถของมันที่จะเปลี่ยนให้ได้แรงดันที่ต่ำลงหรือสูงขึ้นได้อย่างง่ายดาย เพื่อลดการสูญเสียพลังงานตามระยะทางที่ไกล

2.2.1 หลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า

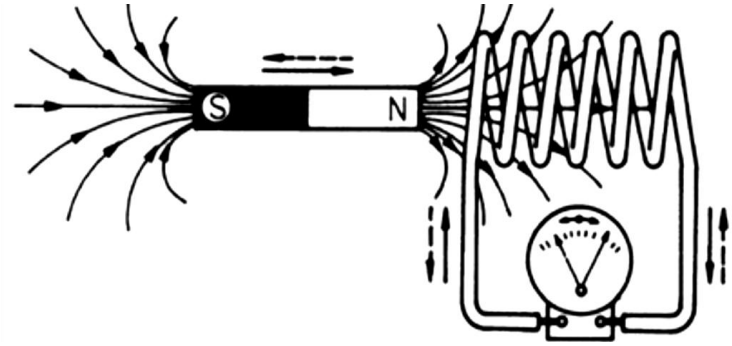
1) หลักการขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.7 หลักการขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก
ที่มา (ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ, 2535, หน้า 128)

หลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวิธีการของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็กมีหลักการดังนี้ให้ขั้วแม่เหล็กอยู่กับที่แล้วนำขดลวดตัวนำมาวางระหว่างขั้วแม่เหล็กแล้วหาพลังงานมาหมุนขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็กทำให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำนี้

2) หลักการสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด

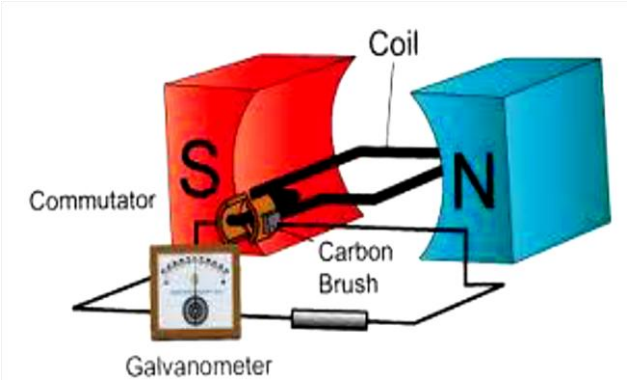


รูปที่ 2.8 หลักการสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด
ที่มา (ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ, 2535, หน้า 129)

หลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวิธีการของสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดหลักการ ดังนี้ให้ขดลวดลวดตัวนำอยู่กับที่แล้วหาพลังงานกล มาขับให้สนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดตัวนำทำให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวเกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำนี้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

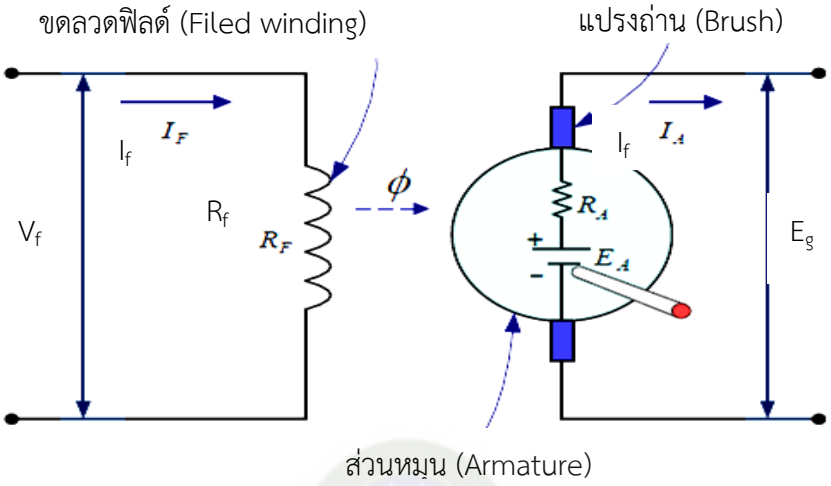
1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นการนำเอาเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงมา ทำเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยนำกำลังกลมาขับเคลื่อนที่เพลาของเครื่องกล สรุปหลักการของเครื่องกำเนิดคือการแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าและในรูปที่ 2.9 แสดงการทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อทำการหมุนเครื่องกลไฟฟ้าจากตำแหน่ง 0 องศา ถึงตาแหน่ง 360 องศา จะได้แรงดันไฟฟ้าในซีกบวก และความแตกต่างระหว่างการกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ที่จุดที่ต่อไฟฟ้าออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้าใช้ สลิปลิง จะได้ไฟฟ้ากระแสสลับ แต่ถ้าใช้แปรงถ่าน จะได้ไฟฟ้ากระแสตรง



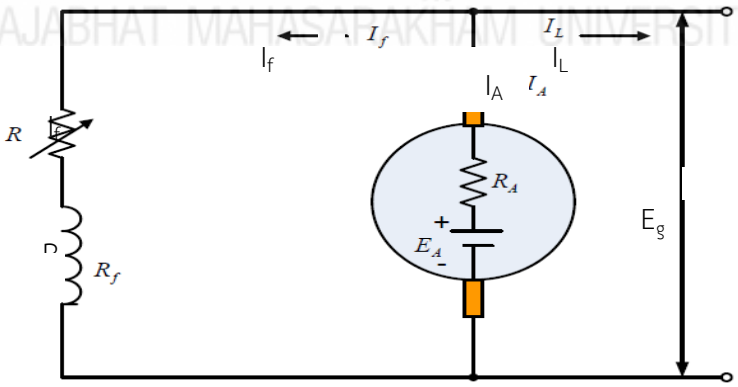
รูปที่ 2.9 หลักการสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด
ที่มา (ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ, 2535, หน้า 135)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงชนิดนี้ขดลวดที่อยู่ในส่วนนิ่งจะทำหน้าที่สร้างสนาม แม่เหล็กกับขดลวดอาร์ เมเจอร์ทำหน้าที่สร้างแรงดันไฟฟ้าจะแยกออกจากกัน แสดงลักษณะวงจรดังรูปที่ 2.10 ในส่วนของขดลวดสร้าง สนามแม่เหล็กจะต้องมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกมาป้อนให้กับขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กที่ไปสร้างให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่อาร์เมเจอร์



รูปที่ 2.10 วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก
ที่มา (ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ, 2535, หน้า 140)

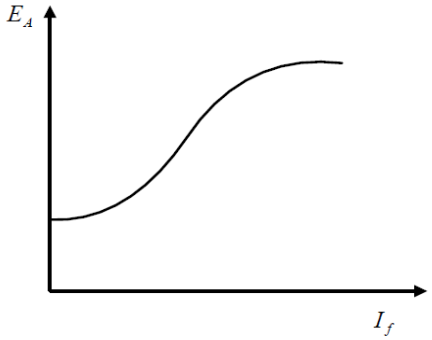
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายแรงดันจากภายนอกป้อนให้กับขดลวดฟิลด์ แต่จะใช้ อำนาจแม่เหล็กที่เหลือในแกนเหล็ก ภายในตัวของเครื่องกำเนิดเอง และแสดงวงจรสมมูลย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน
ที่มา (ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ, 2535, หน้า 142)

พิจารณารูปที่ 2.12 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า สร้างสนามแม่เหล็ก กับแรงดันไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ เมื่ออาร์เมเจอร์เริ่มหมุนและยังไม่ต่อโหลด แรงดันไฟฟ้าอาร์เมเจอร์ที่เกิดขึ้น จะ

ขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก และค่าความต้านทาน จะเป็นตัวจำกัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว E_g ให้ได้ตามต้องการ



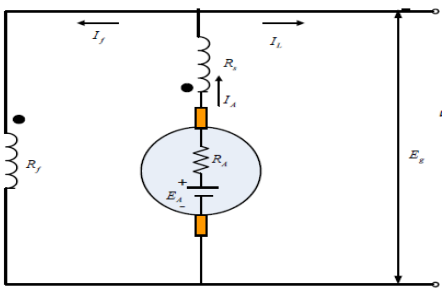
รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ E_A กับ I_f
ที่มา (ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ, 2535, หน้า 144)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่กำเนิดไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวดสร้าง สนามแม่เหล็ก แต่จะใช้อำนาจแม่เหล็กที่เหลือภายในของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบ ขนาน และแสดงวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมแสดงวงจร ดังแสดงในรูปที่ 2.13

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.13 วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม
ที่มา (ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ, 2535, หน้า 147)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสม เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงชนิดนี้เป็นการรวมกันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนานกับอนุกรมและแสดงวงจร เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสม ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสม
ที่มา (ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ, 2535, หน้า 150)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยไม่ต้องใช้คอมมิวเตเตอร์ไดนาโมกลายเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัสซิงเกิลฟีด **ออเตอร์นาเตอร์**ผลิตกระแสสลับด้วยความถี่หนึ่งที่จะขึ้นอยู่กับความเร็วในการหมุนของโรเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็ก**ออเตอร์นาเตอร์**ในรถยนต์ผลิตความถี่ที่แตกต่างกัน เปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ แล้วจะถูกแปลงเป็นโดยตัวเรียงกระแสดีซี**ออเตอร์นาเตอร์**ที่ป้อนให้กับเพาเวอร์กริดไฟฟ้าจะทำงานโดยทั่วไปที่ความเร็วที่ใกล้เคียงกับความถี่หนึ่งที่เฉพาะเจาะจงเพื่อประโยชน์ของ อุปกรณ์เอซีที่ควบคุมความเร็วและประสิทธิภาพการทำงานบนความถี่ของกริด อุปกรณ์บางอย่างเช่นหลอดไส้และหลอดเรืองแสงที่ทำงานด้วยบัลลาสต์ไม่จำเป็นต้องมีความถี่คงที่ แต่มอเตอร์แบบซิงโครนัส เช่นในนาฬิกาไฟฟ้าแขวนผนังจำเป็นต้องใช้ความถี่กริดคงที่ เมื่อต่อเข้ากับกริดไฟฟ้าขนาดใหญ่กว่าที่มี **ออเตอร์นาเตอร์** อื่นๆ **ออเตอร์นาเตอร์**จะทำปฏิสัมพันธ์แบบไดนามิกกับความถี่ที่มีอยู่แล้วในกริด และจะต้องทำงานที่ความเร็วที่เข้ากันได้กับความถี่กริด ถ้าไม่มีพลังงานขับใส่เข้าไป**ออเตอร์นาเตอร์**จะยังคงหมุนต่อไปที่ความเร็วคงที่อยู่ดี แต่จะถูกขับเหมือนกับว่าเป็นมอเตอร์ซิงโครนัสตัวหนึ่งตามความถี่กริดปกติแล้ว มันจำเป็นสำหรับ**ออเตอร์นาเตอร์**ที่จะถูกเร่งความเร็วให้ได้ถึงความเร็วและการจัดตำแหน่งเฟสที่ถูกต้องก่อนที่จะเชื่อมต่อเข้ากับกริด เพราะการที่มีความถี่ไม่ตรงกันจะทำให้ **ออเตอร์นาเตอร์**ทำงานเป็นมอเตอร์ซิงโครนัส และจะกระโดดทันทีทันใดไปที่การจัดตำแหน่งเฟสที่ถูกต้องเนื่องจากมันดูดซับกระแสไหลเข้าฉับพลันอย่างมากจากกริด ซึ่งอาจเกิดความเสียหายกับโรเตอร์และอุปกรณ์อื่นๆอ อเตอร์นาเตอร์ทั่วไปใช้ขดลวดสนามโรเตอร์ที่ถูกกระตุ้นด้วยกระแสตรง และขดลวดอยู่กับที่ (สเตเตอร์) เพื่อผลิตกระแสสลับ เนื่องจากสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ต้องการเป็นเพียงส่วนเล็กๆ ของพลังงานที่ถูกสร้างขึ้นโดยเครื่อง แปรงถ่านสำหรับต่อกับสนามจะสามารถมีขนาดค่อนข้างเล็กได้ ในกรณีที่ตัวกระตุ้นไม่ได้ใช้แปรงถ่าน แกนโรเตอร์จะมีตัวเรียงกระแสเกาะอยู่เพื่อกระตุ้นขดลวดสนามหลัก

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอะซิงโครนัสคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับประเภทหนึ่งที่ใช้หลักการของมอเตอร์เหนี่ยวนำในการผลิตพลังงาน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำทำงานโดยการหมุนโรเตอร์ด้วยแรงกลให้เร็วกว่าความเร็วซิงโครนัส ทำให้เกิดสลิพในเชิงลบ มอเตอร์เอซีอะซิงโครนัสโดยทั่วไปมักจะสามารถถูกใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวหนึ่งได้โดยไม่มีการแก้ไขใดๆ ภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำมีประโยชน์ในการใช้งาน เช่น โรงงานไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก กังหันลมหรือในการลดกระแสก๊าซแรงดันสูงให้มีแรงดันต่ำลง เพราะมันสามารถกู้คืนพลังงานด้วยการควบคุมที่ค่อนข้างง่ายในการใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ มันจะต้องถูกกระตุ้นด้วยลีดดิ้ง โวลต์เตรด สิ่งนี้ มักจะทำโดยการเชื่อมต่อกับกริดไฟฟ้า หรือบางครั้งพวกมันจะถูกกระตุ้นได้ด้วยตัวเองโดยใช้ตัวเก็บประจุแก้ไขเฟส

เครื่องกลซิงโครนัส เครื่องกลซิงโครนัสเป็นเครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับแบบที่มีความเร็วรอบคงที่ ซึ่งสามารถทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หรือทำงานเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ซิงโครนัส ความเร็วของเครื่องกลซิงโครนัสจะเป็นความเร็วที่คงที่เรียกว่าความเร็วซิงโครนัส ดังแสดงในรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 เครื่องกลซิงโครนัส
ที่มา (ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ, 2535, หน้า 158)

2.4 พลังงาน

พลังงาน หมายถึง ความสามารถซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่อาจให้แรงงานได้เป็นกำลังงานที่ใช้ในช่วงเวลาหนึ่ง หรือระยะทางหนึ่ง มีค่าเป็น จูล ในทางฟิสิกส์ พลังงานเป็นหนึ่งในคุณสมบัติเชิงปริมาณพื้นฐานที่อธิบายระบบทางกายภาพหรือสถานะของวัตถุ พลังงานสามารถเปลี่ยนรูป ได้หลายรูปแบบที่แต่ละแบบอาจจะชัดเจนและสามารถวัดได้ในหลายรูปแบบที่แตกต่างกัน กฎของการอนุรักษ์พลังงานระบุว่า พลังงานทั้งหมดของระบบสามารถเพิ่มหรือลดได้โดยการถ่ายโอนเข้าหรือออกจากระบบเท่านั้น พลังงานทั้งหมดของระบบใดๆ สามารถคำนวณได้โดยการรวมกันอย่างง่ายๆ ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่ไม่มีการปฏิสัมพันธ์ทั้งหลายหรือมีหลายรูปแบบของพลังงานที่แตกต่างกัน รูปแบบของพลังงานทั่วไปประกอบด้วยพลังงานจลน์ของวัตถุเคลื่อนที่ พลังงานที่แผ่รังสีออกมาโดยแสงและการแผ่รังสีของแม่เหล็กไฟฟ้าอื่นๆ และประเภทต่างๆ ของพลังงานศักย์ เช่น แรงโน้มถ่วงและความยืดหยุ่น ประเภททั่วไปของการถ่ายโอนและการเปลี่ยนแปลงพลังงานประกอบด้วยกระบวนการ เช่นการให้ความร้อนกับวัสดุ การปฏิบัติงานทางกลไกบนวัตถุ การสร้างหรือการใช้พลังงานไฟฟ้า และปฏิกิริยาทางเคมีจำนวนมาก หน่วยของการวัดพลังงานจะถูกกำหนดโดยผ่านกระบวนการของการทำงาน งานที่ทำโดยสิ่งหนึ่งบนอีกสิ่งหนึ่งถูกกำหนดไว้ในฟิสิกส์ว่า เป็นแรง หน่วยเป็นนิวตัน ที่ทำโดยสิ่งนั้นคูณด้วย ระยะทาง (หน่วยเป็น เมตร) ของการเคลื่อนไหวเพื่อต่อสู้กับแรงที่กระทำโดยฝ่ายตรงข้าม ดังนั้น หน่วยพลังงานเป็นจึงนิวตัน-เมตร หรือที่เรียกว่า จูล พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่ถูกเก็บไว้โดยอาศัยอำนาจตามตำแหน่งของวัตถุในสนามพลัง เช่น สนามแรงโน้มถ่วง สนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็ก ตัวอย่างเช่น การยกวัตถุที่ต้านกับแรงโน้มถ่วงทำงานบนวัตถุและเก็บรักษาพลังงานที่มีศักยภาพของแรงโน้มถ่วง ถ้าวัตถุตกกระทบแสดงว่า แรงโน้มถ่วงไม่ได้ทำงานบนวัตถุซึ่งแปลงพลังงานศักย์ให้เป็นพลังงานจลน์ที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว บางรูปแบบเฉพาะของพลังงานได้แก่พลังงานยืดหยุ่นเนื่องจากการยืดหรือการเปลี่ยนรูปของวัตถุของแข็งพลังงานเคมีเช่นที่ถูกปล่อยออกมาเมื่อเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานความร้อน พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ขนาดเล็ก ของการเคลื่อนไหวที่ไม่มีทิศทางของอนุภาค ไม่ใช่ทั้งหมดของพลังงานในระบบจะสามารถถูกเปลี่ยนหรือถูกโอนโดยกระบวนการของงาน ปริมาณที่สามารถจะถูกเปลี่ยนหรือถูกโอนเรียกว่าพลังงานที่มีอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์จะจำกัดปริมาณของพลังงานความร้อนที่สามารถถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานรูปอื่นๆ พลังงานรูปแบบเชิงกลและอื่นๆ สามารถถูกเปลี่ยนในทิศทางอื่นๆ ให้เป็นพลังงานความร้อนโดยไม่มีข้อจำกัดดังกล่าว วัตถุใดๆ ที่มีมวลเมื่อหยุดนิ่ง (จึงเรียกว่ามวลนิ่ง) มีพลังงานนิ่งที่สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ ของ โรเบิร์ต ไอสไตย์ $E = mc^2$ การเป็นรูปแบบของพลังงานแบบหนึ่ง พลังงานนิ่งสามารถถูกเปลี่ยนไปจากรูปแบบอื่นๆ ของพลังงานในขณะที่ปริมาณทั้งหมดของพลังงานไม่เปลี่ยนแปลง จากมุมมองนี้จำนวนของสสารในจักรวาลก่อให้เกิดการรวมของพลังงานทั้งหมด ในทำนองเดียวกัน พลังงานทั้งหมดจะปรากฏเป็นจำนวนสัดส่วนของมวล ตัวอย่าง เช่น การเพิ่ม 25 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (90 จูล) ของรูปแบบใดๆ ของพลังงานให้กับวัตถุหนึ่งจะเพิ่มมวลของวัตถุนั้นอีก 1 ไมโครกรัม หากคุณมีเครื่องชั่งมวลที่ไวพอ การเพิ่มขึ้นของมวลนี้สามารถวัดได้ ดวงอาทิตย์หรือระเบิดนิวเคลียร์ จะแปลงพลังงานศักย์นิวเคลียร์ไปเป็นรูปแบบอื่น พลังงานมวลรวมไม่ได้ลดลง เพราะยังคงมีพลังงานทั้งหมดเหมือนเดิม เพียงแต่อยู่ในรูปแบบอื่น แต่มวลลดลงจริงเมื่อพลังงานหนีออกไปยังสภาพแวดล้อม ส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่แผ่รังสีรูปแบบใหม่ของพลังงานไม่สามารถกำหนดกฎเกณฑ์ตามใจได้ เพื่อที่จะให้ถูกต้อง ต้องแสดงให้เห็นว่าสามารถเปลี่ยนรูปไปหรือจากจำนวนที่คาดการณ์ได้ของพลังงานบางรูปแบบที่รู้จักกัน นี่จึงแสดงให้เห็นว่าปริมาณพลังงานจะมากแค่ไหนที่เป็นตัวแทนในหน่วยเดียวกันที่ใช้ในรูปแบบอื่น จะต้องปฏิบัติตามการอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้นต้องไม่ลดหรือเพิ่มยกเว้น ผ่านการเปลี่ยนแปลง (หรือถ่ายโอน) ดังกล่าว นอกจากนี้ ถ้ารูปแบบใหม่ของพลังงานที่ถูกกล่าวหาสามารถแสดงว่าจะไม่เปลี่ยนมวลของระบบในสัดส่วนกับพลังงาน ดังนั้น ไม่ได้เป็นรูปแบบของพลังงาน

พลังงานความร้อน ในช่วงสงครามประกาศอิสรภาพของอเมริกา ปี ค.ศ. 1798 เบนจามิน ทอมป์สัน (ต่อมาได้รับแต่งตั้งเป็น เคานท์รัมฟอร์ด) สนใจธรรมชาติของความร้อนมาก และรู้สึกไม่พอใจกับทฤษฎีของแคลอริกที่ผู้คนยอมรับกันในขณะนั้น ช่วงที่รัมฟอร์ดได้ถูกแต่งตั้งให้ควบคุมหน่วยปืนใหญ่ของกองทัพ รัมฟอร์ดได้สังเกตเห็นถึงความร้อนที่เพิ่มขึ้นในปริมาณมหาศาลมากของปืนใหญ่ รัมฟอร์ดตั้งข้อสงสัยว่าถ้ามี สสาร ที่ชื่อว่าความร้อนจริง ปืนใหญ่ย่อมสูญเสียสสารเช่นนั้นไปเป็นจำนวนมาก แต่ผลจากการ ทดลองอย่างระมัดระวังของรัมฟอร์ด พบว่าปืนใหญ่มีน้ำหนักเท่าเดิม (หรือสูญเสียไปน้อยมากจนไม่สามารถตรวจสอบได้) รัมฟอร์ดไม่เชื่อว่าจะมีสสารใด ๆ ที่มีมวลน้อยขนาดนั้น รัมฟอร์ดจึงได้ตีพิมพ์ในผลงานใน ลอนดอนปรัชญาธุรกรรม ว่าจากการทดลองและการตรวจสอบ อย่างละเอียดถี่ถ้วน ความร้อนไม่สามารถเป็นอื่นใด นอกจากการเคลื่อนที่ หมายถึงว่า ความร้อนคือพลังงานจลน์นั่นเอง ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถทำงานได้ และเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้ ความร้อนอาจจะเปลี่ยนรูปมาจากพลังงานรูปอื่นได้ เช่น พลังงานเคมีพลังงานไฟฟ้า ฯลฯ

ความร้อน เป็นพลังงานซึ่งสามารถถ่ายทอดจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ กว่าความร้อนจะถ่ายเทให้ก้นจนกระทั่ง อุณหภูมิเท่ากัน พลังงานความร้อนมีหน่วยเป็นจูล ในระบบเอสไอ แต่บางครั้งอาจบอกเป็นหน่วยอื่นได้ เช่น แคลอรี และบีทียู พลังงานความร้อน 1 แคลอรี คือพลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ในช่วง 14.5 องศาเซลเซียส ถึง 15.5 องศาเซลเซียส

พลังงานความร้อน 1 บีทียู คือ พลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำที่มีมวล 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งในช่วง 58.1 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 59.1 องศาฟาเรนไฮต์ ที่ความดัน 1 บรรยากาศ (1 บีทียู = 252 แคลอรี = 1,055 จูล)

ปริมาณความร้อนของวัตถุ

เป็นพลังงานความร้อนที่วัตถุรับเข้ามาหรือคายออกไป จากการศึกษาผลของความร้อนต่อสสารหรือวัตถุในชั้นนี้จะศึกษาเพียงสองด้าน คือ

1) ความร้อนจำเพาะ หมายถึง พลังงานความร้อนที่ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงโดยสถานะยังคงรูปเดิม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2) ความร้อนแฝง หมายถึง พลังงานความร้อนที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสถานะโดยอุณหภูมิคงที่

ความจุความร้อน

ความจุความร้อน คือ ความร้อนที่ทำให้สารทั้งหมดที่กำลังพิจารณามีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหนึ่งหน่วยโดยสถานะไม่เปลี่ยนถ้าให้ปริมาณความร้อน Q แก่วัตถุ ทำให้อุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนไป T ดังนั้นถ้าอุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนไป 1 หน่วย จะใช้ความร้อน

$$C=Q/T$$ มีหน่วยเป็น จูล/เคลวิน ..... (2.1)

1.2.1) ความจุความร้อนจำเพาะ คือความร้อนที่ทำให้สาร (วัตถุ) มวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหนึ่งเคลวิน คือ ความจุความร้อนจำเพาะของสาร

$$C=Q/m)$$ ..... (2.2)

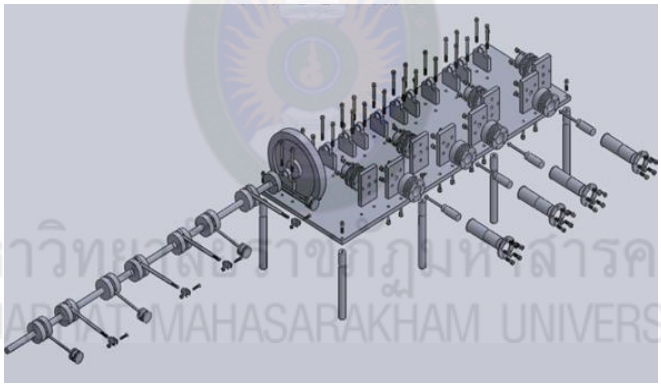
นั่นคือ เมื่อสารมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มจาก T_1 เป็น T_2 และความจุความร้อนจำเพาะมีค่าคงตัว ความร้อนที่สารได้รับ คือ

$$Q=mCT \quad \text{.....} \quad (2.3)$$

C คือ ความจุความร้อน หน่วย จูล/เคลวิน
Q คือ ปริมาณความร้อนของวัตถุ หน่วย จูล
T คือ อุณหภูมิ หน่วย องศาเคลวิน
m คือ มวล หน่วย กิโลกรัม

2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

เครื่องยนต์สเตอริ่งจะรับพลังงานความร้อนที่กระบอกสูบด้านร้อนทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิกระบอกสูบด้านร้อนและด้านเย็น ทำให้ลูกสูบในกระบอกสูบเกิดการเคลื่อนที่ ทั้งนี้ลูกสูบ 4 ชุดจะเคลื่อนที่ ส่งกำลังไปยังคันชักที่เชื่อมต่อไปแกนเพลาของชุดเจนเนอร์เรเตอร์ ความเร็วของคันชักจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ให้กับกระบอกสูบร้อน ทั้งนี้จะเริ่มจากหยุดนิ่งและมีความเร็วเพิ่มขึ้นเรื่อยจนคงที่ เป็นผลให้เจนเนอร์เรเตอร์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาได้



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบเครื่องยนต์สเตอริ่ง

2.7 การทบทวนวรรณกรรมและสารสนเทศ ที่เกี่ยวข้อง

วิษณุ สุขสบายและคณะ (2554) ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งแบบแกมมาพบว่า อุณหภูมิกับรอบเครื่องยนต์ มีความสัมพันธ์กัน เมื่ออุณหภูมิเพื่อขึ้นรอบเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นด้วย ที่อุณหภูมิสูงสุดได้ค่า 220 องศาเซลเซียส และรอบเครื่องยนต์สูงสุด 1129 รอบต่อนาที แต่ชุดลูกสูบทำจากหลอดแก้วจึงรับอุณหภูมิสูงสุดได้ที่ 220 องศาเซลเซียสถ้าอุณหภูมิมากว่า 220 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ชุดลูกสูบที่ทำจากหลอดแก้วแตกและเกิดความเสียหายต่อเครื่องยนต์จึงมีค่าความปลอดภัยอยู่ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นค่าที่ปลอดภัยที่สุด และเครื่องยนต์จะเริ่มทำงานเมื่ออุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เทวินทร์ ชูจันทร์และสุวัฒน์ เสมศรี (2555) ได้วิจัยและสร้างเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งแบบแกมมาซึ่งเป็นการสร้างเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เชื้อน้ำเป็นตัวระบายความร้อนที่กระบอกสูบเย็น

กระบอกสูบเย็นมีจะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว และยาว 18 เซนติเมตร กระบอกสูบร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ยาว 20 เซนติเมตรจากการทดลองขณะที่ยังไม่มีการต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 265 องศาเซลเซียส มีความเร็วรอบ 172 รอบต่อนาทีและขณะที่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส มีความเร็วรอบ 147 รอบต่อนาทีและทำได้การวัดแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อได้ความเร็วรอบที่ 330-390 รอบต่อนาที วัดแรงดันไฟฟ้าได้ 1.8-2.7 โวลต์

มุทิตา ศิริรัชตานนท์และคณะ (2555) ได้วิจัยและนำเสนอผลการออกแบบและสร้างระบบเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งขนาดเล็ก และการใช้ชุดการทดลองหาสมรรถนะของเครื่องยนต์สเตอร์ริ่งชนิดแกมมาที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับกำลังทางทฤษฎี การทดสอบใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งความร้อนและวิธีการเชือกเบรกวัดแรงบิดของเครื่องยนต์ จากการทดลองพบว่าที่ผลต่างอุณหภูมิเริ่มทำงานของเครื่องยนต์ 63.8 เซลเซียส มีความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงสุด 81.0 รอบต่อนาที กำลังขาออกสูงสุด 0.022 วัตต์ ที่อุณหภูมิด้านร้อนของเครื่องยนต์ 148 เซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 54.0 รอบต่อนาที และมีประสิทธิภาพรวมของชุดทดลองสูงสุดมีค่า 0.0646 เปอร์เซนต์ ที่อุณหภูมิทำงานและความเร็วรอบเดียวกัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

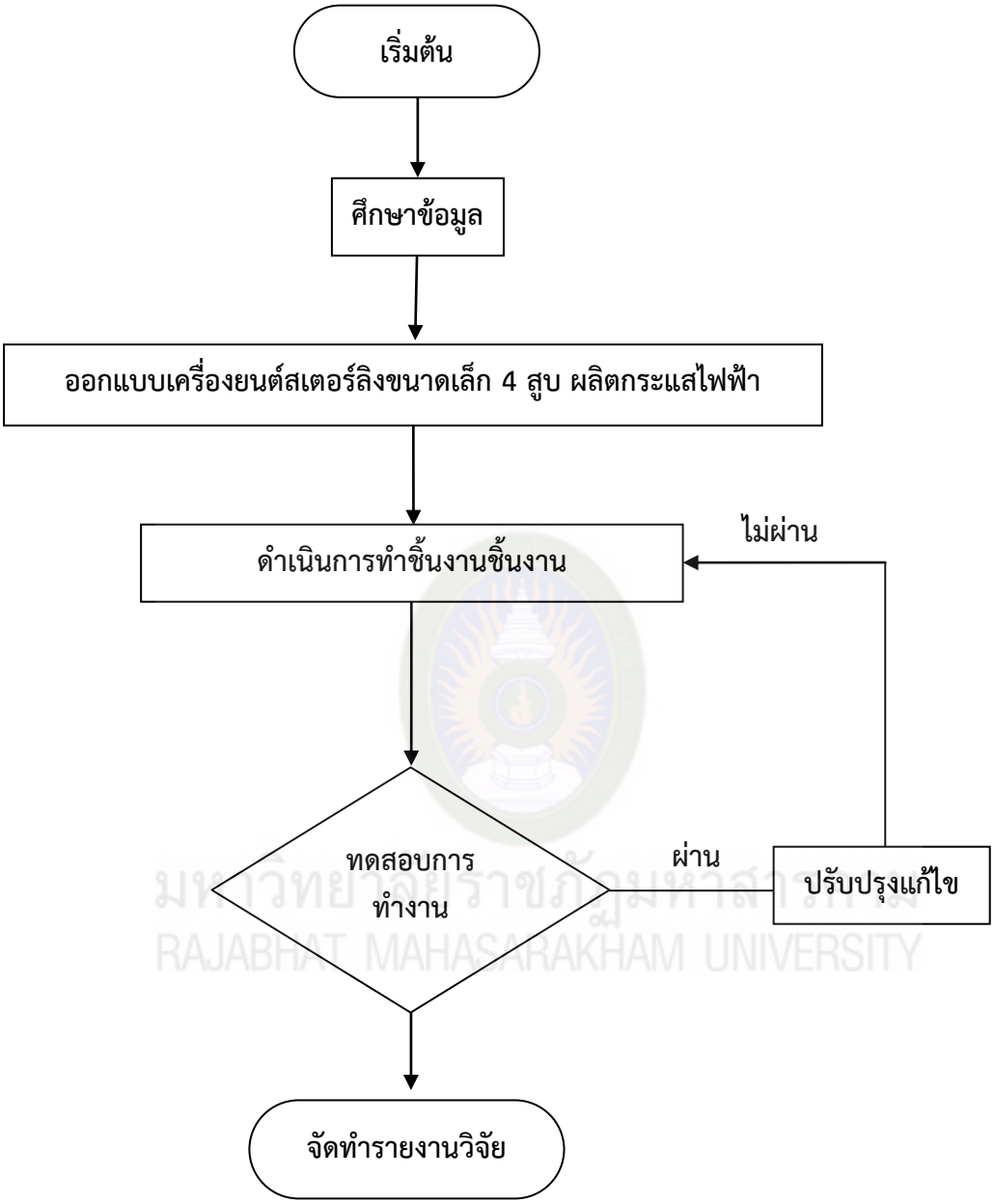
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 เจนเนอเรเตอร์ขนาด 24 โวลต์ดีซี	จำนวน	1	เครื่อง
3.1.2 แอมป์มิเตอร์ดิจิตอน15 แอมแปร์ดีซี	จำนวน	1	เครื่อง
3.1.3 อลูมิเนียมแท่งขนาด 3 นิ้ว X 2 ฟุต	จำนวน	1	แท่ง
3.1.4 เครื่องวัดอุณหภูมิระบบเลเซอร์ -50 ถึง 300	องศาเซลเซียส	จำนวน	1 เครื่อง
3.1.5 เหล็กหล่อขนาด 12 x 1½ นิ้ว	จำนวน	1	แท่ง
3.1.6 เหล็กหล่อขนาด 8 x 1½ นิ้ว	จำนวน	1	แท่ง
3.1.7 เหล็กเพลาขาวขนาด 10 ม.ม. x 1 เมตร	จำนวน	1	เส้น
3.1.8 เหล็กเพลาขาวขนาด 6 ม.ม. x 1 เมตร	จำนวน	1	เส้น
3.1.9 เหล็กแผ่นขนาด 4 นิ้ว x 5 มิลลิเมตร	จำนวน	4	แผ่น
3.1.10 น๊อตหัวจมขนาด 6 x 25 มิลลิเมตร	จำนวน	20	ตัว
3.1.11 น๊อตหัวจมขนาด 5 x 25 มิลลิเมตร	จำนวน	70	ตัว
3.1.12 สแตนเลสขนาด1½ นิ้ว x 80 เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
3.1.13 ลูกปืนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร	จำนวน	25	ตลับ
3.1.14 ลูกปืนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร	จำนวน	20	ตลับ
3.1.15 ตุ๊กตาแบริ่งอลูมิเนียมขนาดรู 10 มิลลิเมตร	จำนวน	12	ตัว
3.1.18 ท่อทองเหลืองขนาด 5 มิลลิเมตร	จำนวน	1	เมตร
3.1.19 ปะเก็นขนาด 1 มิลลิเมตร	จำนวน	1	แผ่น
3.1.20 เหล็กแป๊ป1 นิ้ว	จำนวน	1	ท่อน
3.1.21 ตัวหนอน 5 มิลลิเมตร	จำนวน	66	ตัว
3.1.22 ข้อต่อ (ยอย) ขนาด 10 มิลลิเมตร	จำนวน	3	ตัว
3.1.23 แผ่นอะคริลิค 25x110 เซนติเมตร	จำนวน	1	แผ่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

3.2.1วิธีดำเนินการวิจัยดังรูปที่ 3.1

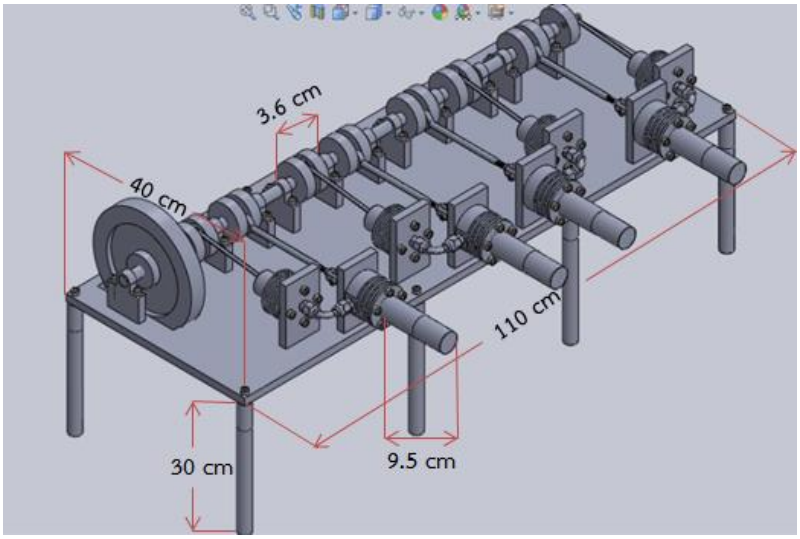


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

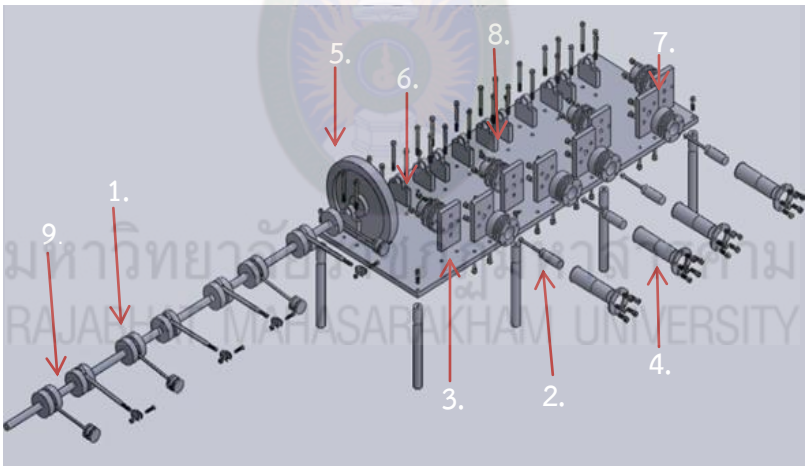
รูปที่ 3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.2ขั้นตอนการดำเนินการ

1) ขั้นตอนการออกแบบเครื่องยนต์สเตอร์ลิง ดังรูปที่ 3.2 - รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 แบบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง



รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

1.1)ข้อเหวี่ยง

1.2)ลูกสูบเย็น

1.3)ครีบระบายความร้อน

1.4)กระบอกสูบร้อน

1.5)ล้อช่วยแรงร้อน

1.6)ตุ๊กตา

1.7)กระบอกสูบเย็น

1.8)ล้อช่วยแรงร้อน

1.9)คันชัก

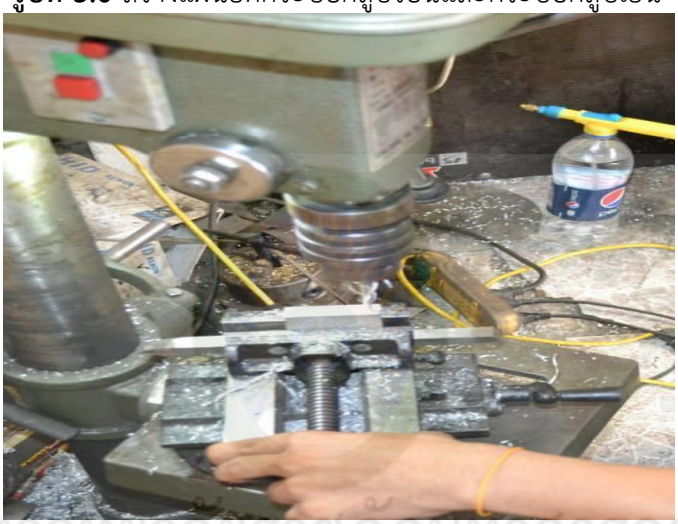
2) สร้างชิ้นส่วนต่างๆตามแบบที่กำหนดดังรูปที่ 3.4 - รูปที่ 3.7

รูปที่ 3.4 หาตำแหน่งศูนย์กลางของล้อช่วยแรง

รูปที่ 3.5 สร้างคันชัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT RAJAPHRUEKSA UNIVERSITY

รูปที่ 3.6 สร้างแผ่นยึดกระบอกสูบร้อนและกระบอกสูบเย็น



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.7 สร้างฐานรองตุ๊กตา

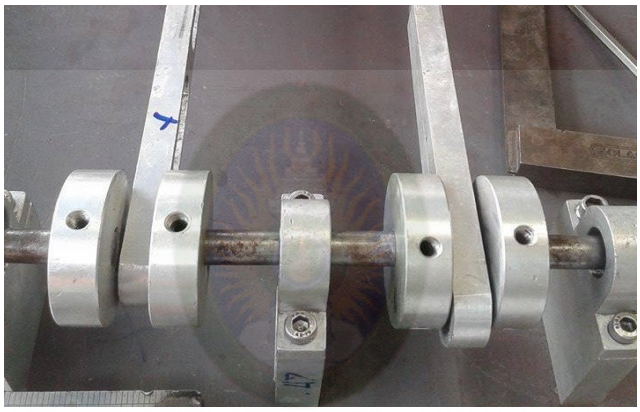
3) ทำการประกอบตุ๊กตาเข้ากับฐานเครื่องยนต์สเตอร์ลิงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 ทำการประกอบตุ๊กตาเข้ากับฐานเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

4) ประกอบล้อช่วยแรงเข้ากับแกนเพลาดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 ประกอบล้อช่วยแรงเข้ากับแกนเพลา

5) ประกอบชุดข้อเหวี่ยงและคันชักเข้ากับแกนเพลา ดังรูปที่ 3.10



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 3.10 ประกอบชุดข้อเหวี่ยงและคันชักเข้ากับแกนเพลา

6) ประกอบชุดลูกสูบเย็นดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 ประกอบชุดลูกสูบเย็น

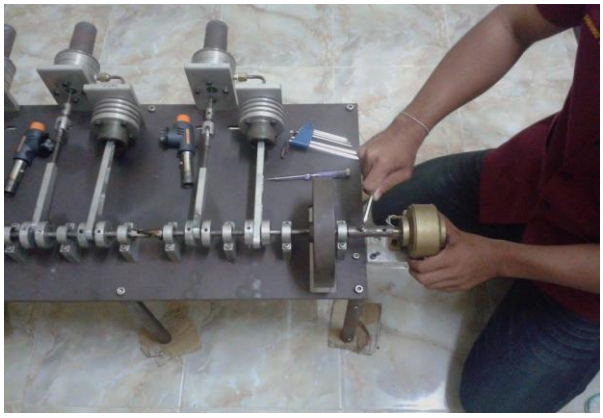
7) ประกอบชุดลูกสูบร้อนดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 ประกอบชุดลูกสูบร้อน

8) ต่อท่ออากาศระหว่างกระบอกสูบร้อนกับกระบอกสูบเย็นเชื่อมหากันดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 ต่อท่ออากาศระหว่างกระบอกสูบร้อนกับกระบอกสูบเย็นเชื่อมถึงกัน

9) ติดตั้งเจนเนอร์เรเตอร์ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ติดตั้งเจนเนอร์เรเตอร์

รูปที่ 3.15 เครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่เสร็จสมบูรณ์

เครื่องยนต์สเตอร์มีหลักการทำงาน คือ เมื่อให้ความร้อนแก่กระบอกสูบร้อนสารทำงาน (อากาศ) ที่อยู่ในระบบปิดจะเกิดการขยายตัวจากนั้นจะผลักให้ลูกสูบร้อนเคลื่อนที่ และในขณะเดียวกันลูกสูบเย็นก็จะมีการเคลื่อนที่ผลักอากาศเย็นเข้ามายังกระบอกสูบร้อน โดยผ่านมาทางท่ออากาศ ลูกสูบทั้งสองนี้จะมีการต่อก้านสูบเข้ากับข้อเหวี่ยงที่ทำมุมต่างกัน 90 องศา และก็จะเริ่มทำงานแบบนี้ไปเรื่อยๆ

3.2.3 ขั้นตอนการทดสอบ

ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงทั้ง 8 สูบ โดยให้ความร้อนจากแก๊สกระป๋องพร้อมกันที่กระบอกสูบร้อนทั้งสี่กระบอกการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง ทำการแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบคือ

1) การทดสอบเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยทำการต่อโหลดมีขั้นตอนดังนี้

1.1) จัดเตรียมเครื่องยนต์สเตอร์ลิง และอุปกรณ์ให้ความร้อน

1.2) เริ่มให้ความร้อนที่กระบอกสูบร้อนโดยใช้ความร้อนจากแก๊สกระป๋องพร้อมกันทั้ง 4 ชุด

1.3) เมื่อผ่านไป 1นาที เริ่มทำการสตาร์ทเครื่องยนต์โดยใช้มือช่วยสตาร์ทตรงที่ล้อช่วยแรง

1.4) เมื่อเครื่องยนต์ทำงานเริ่มบันทึกค่า ความเร็วรอบทุกอุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าดังนี้

1.4.1)วัดความเร็วรอบทุก 20 วินาที โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ แล้วบันทึกค่าความเร็วรอบขณะไม่มีโหลด

1.4.2)วัดอุณหภูมิของกระบอกสูบร้อนทุก 20 วินาทีโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิขณะไม่มีโหลด

1.4.3) วัดแรงดันไฟฟ้าขณะมีโหลดมาต่อทุก20วินาที แล้วบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า

1.4.4) วัดกระแสไฟฟ้าขณะมีโหลดมาต่อทุก 20วินาที แล้วบันทึกค่ากระแสไฟฟ้า

2) การทดสอบเครื่องยนต์สเตอร์ลิงโดยไม่มีการต่อโหลดมีขั้นตอนดังนี้

2.1) จัดเตรียมเครื่องยนต์สเตอร์ลิง และอุปกรณ์ให้ความร้อน

2.2) เริ่มให้ความร้อนที่กระบอกสูบร้อนโดยใช้ความร้อนจากแก๊สกระป๋องพร้อมกันทั้ง 4 ชุด

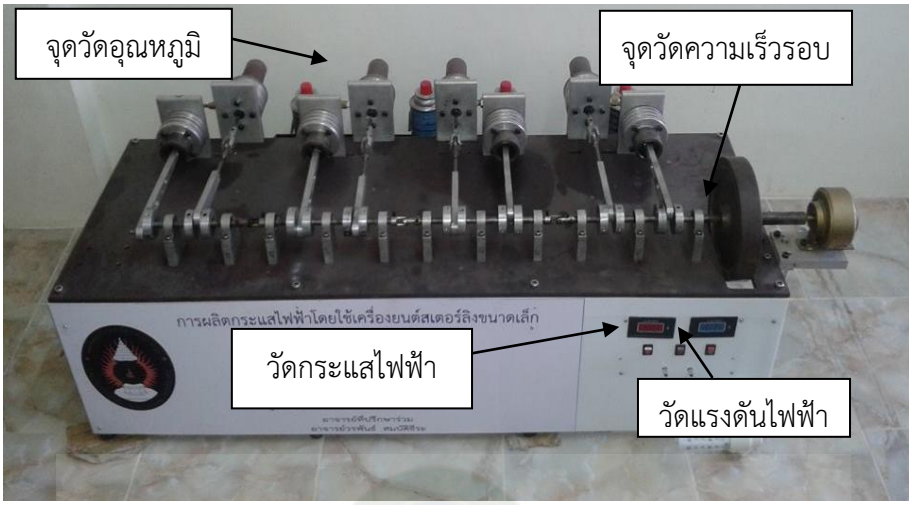
2.3) เมื่อผ่านไป 1 นาที เริ่มทำการสตาร์ทเครื่องยนต์โดยใช้มือช่วยสตาร์ทตรงที่ล้อช่วยแรง

2.4) เมื่อเครื่องยนต์ทำงานเริ่มบันทึกค่า ความเร็วรอบทุกอุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้าดังนี้

2.4.1)วัดความเร็วรอบทุก 20 วินาที โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ แล้วบันทึกค่าความเร็วรอบขณะมีโหลด

2.4.2)วัดอุณหภูมิของกระบอกสูบร้อนทุก 20 วินาทีโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิขณะมีโหลด

2.4.3) วัดแรงดันไฟฟ้าขณะที่ทำการต่อโหลดทุก 20 วินาทีแล้วจากนั้นก็บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 3.16 ตำแหน่งวัดค่าต่างๆ ในการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

ในการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงมีรูปแบบในการทดลอง คือ เริ่มวัดค่าอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องแล้วให้ความร้อนแก่กระบอกสูบร้อนแล้วทำการวัดค่าอุณหภูมิ วัดค่าความเร็วรอบ วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า โดยจะทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากค่าต่างๆ ทุก 20วินาที การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ กรณีที่ไม่มีการต่อโหลดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกรณีมีการต่อโหลดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

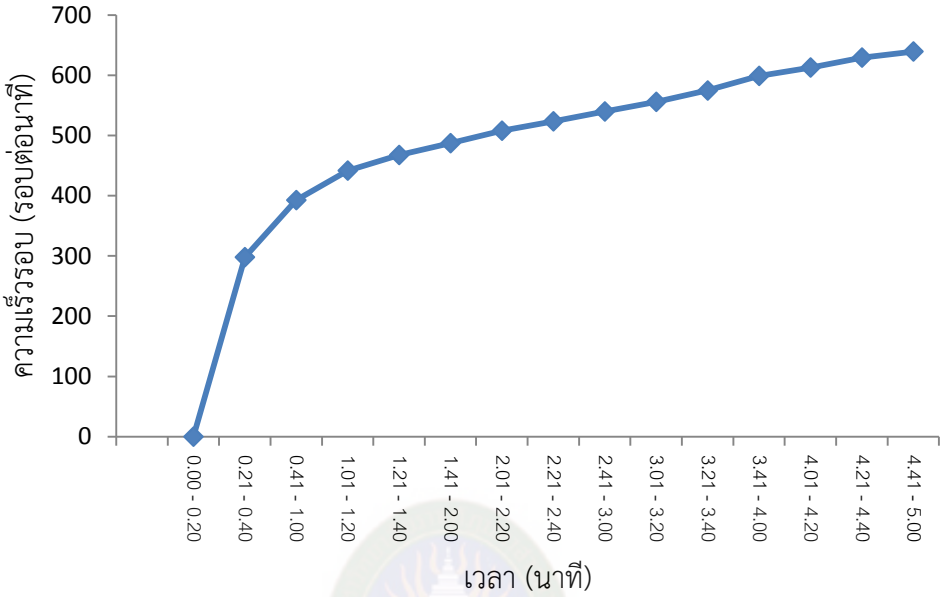
4.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่มีการต่อโหลดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งทำการทดสอบ 10 ครั้ง สรุปผลทดสอบดังตารางที่ 4.1- ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความเร็วรวบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลด

เวลา (นาที)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)										
	ครั้งที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.00 - 0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.21 - 0.40	600	200	380	231	259	250	300	245	255	260	298.0
0.41 - 1.00	630	430	551	415	359	278	320	356	298	290	392.7
1.01 - 1.20	637	533	592	500	422	356	334	390	332	321	441.7
1.21 - 1.40	645	545	604	556	435	389	348	402	376	376	467.6
1.41 - 2.00	644	565	627	580	468	415	356	409	421	387	487.2
2.01 - 2.20	657	583	637	600	498	426	387	432	458	401	507.9
2.21 - 2.40	654	593	640	615	521	438	411	465	486	412	523.5
2.41 - 3.00	653	601	646	626	534	456	435	498	505	444	539.8
3.01 - 3.20	654	602	649	635	546	478	456	521	539	478	555.8
3.21 - 3.40	660	610	647	635	578	529	467	554	563	503	574.6
3.41 - 4.00	659	613	648	640	594	543	588	589	587	528	598.9
4.01 - 4.20	650	617	646	642	621	567	598	609	602	576	612.8
4.21 - 4.40	642	613	641	641	643	623	634	623	618	615	629.3
4.41 - 5.00	646	607	637	641	645	642	644	645	644	643	639.4

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงพบว่า ความเร็วรอบที่เวลา4.01นาทีเป็นต้นไป รอบของเครื่องยนต์จะเริ่มคงที่ ที่ความเร็วรอบประมาณ612.8 รอบต่อนาที เมื่อนำไปเขียนเป็นกราฟแสดงแนวโน้มจะแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.1



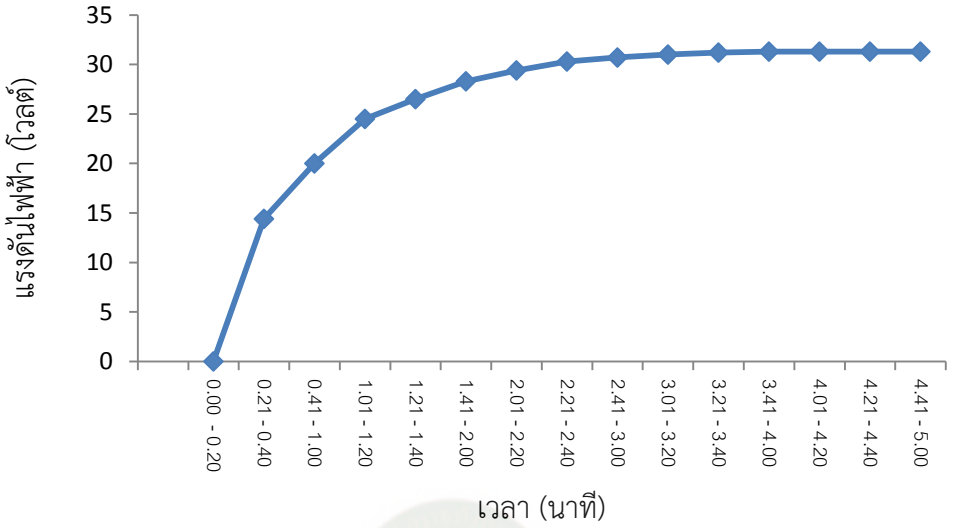
รูปที่ 4.1 ความเร็วรอบกับเวลากรณีที่ไม่มีการต่อโหลด

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแรงดันไฟฟ้าของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลด

เวลา (นาที)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)										
	ครั้งที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.00 - 0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.21 - 0.40	30	10	10	12.4	13.5	12.2	18.5	12.1	12.3	12.5	14.4
0.41 - 1.00	31	24	20.9	19.9	15.3	18.3	20.4	15.8	16.9	17.9	20.0
1.01 - 1.20	31.7	26.1	29	24.4	23.5	22.5	24.3	19.4	23.7	20.1	24.5
1.21 - 1.40	31.8	27.7	30	27.5	25.5	24.5	27.5	23.7	26.4	20.4	26.5
1.41 - 2.00	31.9	28.6	31	28.4	27.2	29.4	29.3	24.9	29.1	22.7	28.3
2.01 - 2.20	32.5	29.1	31.6	30.4	30.1	29.8	29.7	26.8	29.6	24.1	29.4
2.21 - 2.40	32.2	29.5	31.7	31.1	30.2	30	31.1	28.6	30.1	28.5	30.3
2.41 - 3.00	32.1	29.8	32	31.2	30.5	30.2	31.3	29.5	30.5	29.6	30.7
3.01 - 3.20	32.6	30.1	32.1	31.4	30.7	30.7	31.3	30.2	30.8	30.4	31.0
3.21 - 3.40	32.6	30.2	32.1	31.4	31.1	31	31.3	30.7	31	30.8	31.2
3.41 - 4.00	32.5	30.3	32.7	31.4	31.1	31.2	31.4	31.1	31.1	31.1	31.3
4.01 - 4.20	32.1	30	32	31.6	31.2	31.2	31.4	31.1	31.2	31.2	31.3
4.21 - 4.40	31.8	29.8	31.6	31.6	31.3	31.4	31.4	31.3	31.4	31.2	31.3
4.41 - 5.00	31.9	29.5	31.6	31.6	31.5	31.4	31.5	31.5	31.4	31.4	31.3

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่เวลา4.01นาทีเป็นต้นไป แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 31.3 โวลต์เมื่อนำไปเขียนเป็นกราฟแสดงแนวโน้มจะแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.2

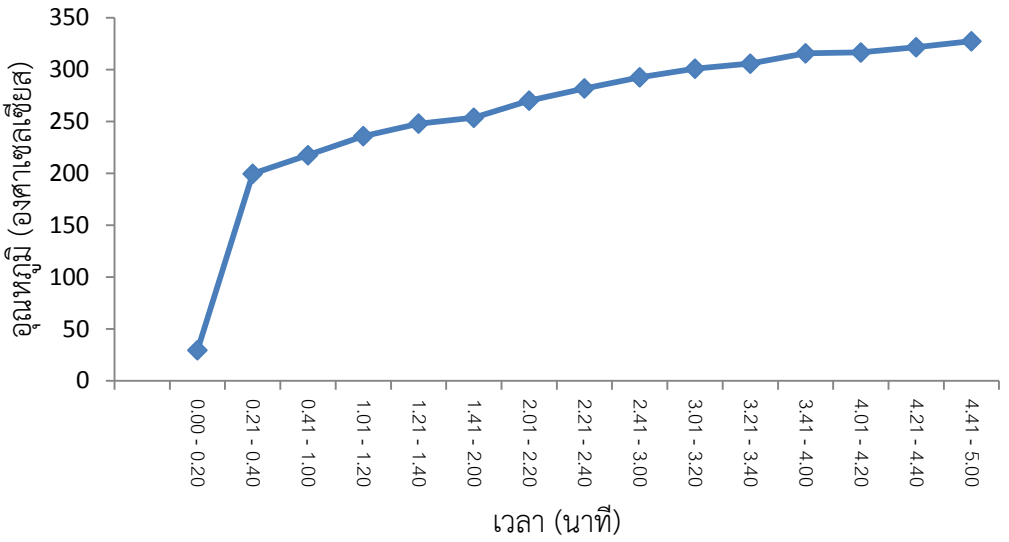


รูปที่ 4.2 แรงดันไฟฟ้ากับเวลากรณีที่ไม่มีการต่อโหลด

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบอุณหภูมิของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลด

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)										
	ครั้งที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.00 - 0.20	31	32	29	29	28	30	29	29	28	30	29.5
0.21 - 0.40	70	75	240	240	200	230	200	250	240	250	199.5
0.41 - 1.00	95	100	260	260	234	235	220	267	248	255	217.4
1.01 - 1.20	150	150	270	270	246	239	240	274	254	265	235.8
1.21 - 1.40	160	165	275	275	270	245	265	279	267	278	247.9
1.41 - 2.00	168	170	282	282	273	248	271	281	278	282	253.5
2.01 - 2.20	220	210	290	290	289	251	278	285	289	298	270.0
2.21 - 2.40	240	230	293	297	293	290	283	289	293	310	281.8
2.41 - 3.00	252	255	297	293	307	320	286	294	300	321	292.5
3.01 - 3.20	264	268	298	298	305	325	290	312	315	333	300.8
3.21 - 3.40	263	261	300	300	317	328	300	322	320	345	305.6
3.41 - 4.00	271	273	310	310	317	340	316	335	328	356	315.6
4.01 - 4.20	257	254	317	317	321	343	326	339	332	358	316.4
4.21 - 4.40	262	264	319	319	324	345	339	340	343	360	321.5
4.41 - 5.00	277	278	322	322	325	344	345	347	348	364	327.2

จากตารางที่ 4.3 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงพบว่าอุณหภูมิ ที่เวลา4.01นาที เป็นต้นไป อุณหภูมิประมาณ 316.4 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปเขียนกราฟแสดงแนวโน้มจะแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 อุณหภูมิกับเวลากรณีที่ไม่มีการต่อโหลด

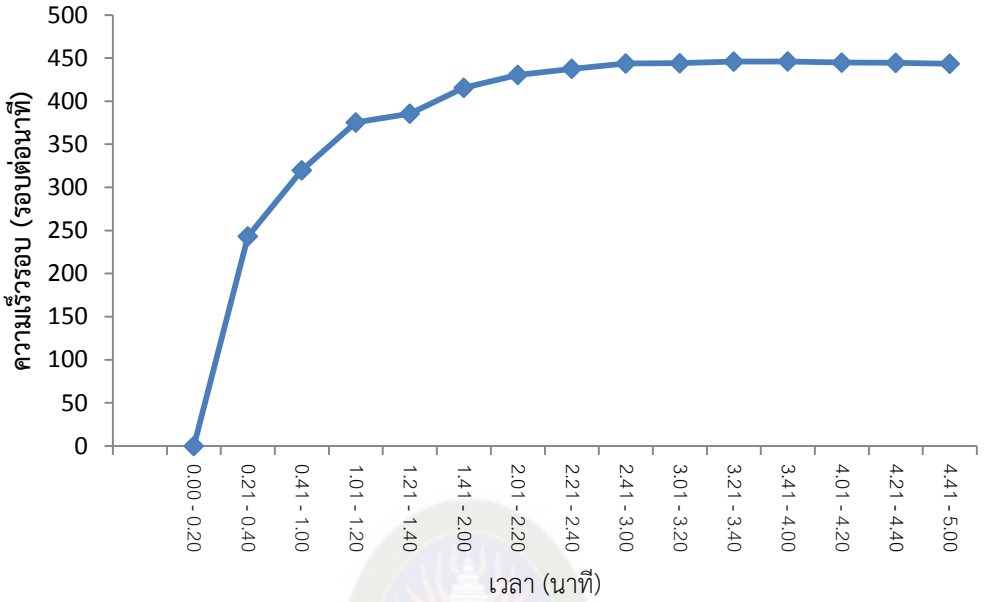
4.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่มีการต่อโหลดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งทำการทดสอบ 10 ครั้ง สรุปผลทดสอบดังตารางที่ 4.4 - ตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการความเร็วรอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีมีการต่อโหลด

เวลา (นาที)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)										
	ครั้งที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.00 - 0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.21 - 0.40	366	200	150	195	308	266	322	195	200	230	243.2
0.41 - 1.00	474	266	209	324	339	326	360	390	250	260	319.8
1.01 - 1.20	494	345	377	366	379	371	387	414	320	300	375.3
1.21 - 1.40	511	396	344	293	399	387	406	419	350	350	385.5
1.41 - 2.00	524	422	345	414	408	407	419	426	390	400	415.5
2.01 - 2.20	531	436	345	430	419	424	428	432	420	440	430.5
2.21 - 2.40	535	453	344	436	425	435	434	435	435	444	437.6
2.41 - 3.00	540	464	342	442	429	444	437	444	445	450	443.7
3.01 - 3.20	543	468	330	448	429	446	441	445	445	445	444.0
3.21 - 3.40	544	475	331	452	430	449	444	446	444	444	445.9
3.41 - 4.00	542	479	327	451	432	450	445	444	445	446	446.1
4.01 - 4.20	544	478	324	448	423	452	444	445	446	443	444.7
4.21 - 4.40	544	477	316	444	436	454	443	443	444	444	444.5
4.41 - 5.00	538	477	312	444	426	452	454	445	443	443	443.4

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.4 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงพบว่า ความเร็วรอบที่เวลา 4.01 นาที เป็นต้นไป รอบของเครื่องยนต์จะเริ่มคงที่ ที่ความเร็วรอบประมาณ 444.7 รอบต่อนาที เมื่อนำไปเขียนเป็นกราฟแสดงแนวโน้มจะแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.4



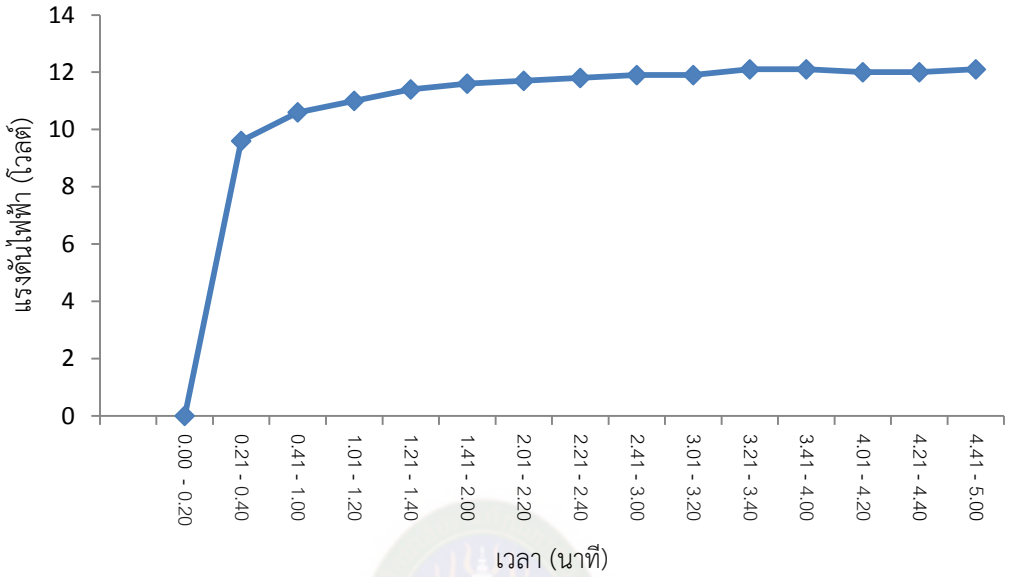
รูปที่ 4.4 ความเร็วรอบกับเวลากรณีมีการต่อโหลด

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบแรงดันไฟฟ้าของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีมีการต่อโหลด

เวลา (นาที)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)										
	ครั้งที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.00 - 0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.21 - 0.40	14	10	10	8.8	8.7	8.7	9.2	8.9	9	9.3	9.6
0.41 - 1.00	18	10.5	11	9.5	9.5	9.3	9.6	9.4	9.5	9.7	10.6
1.01 - 1.20	18.6	13.3	9.7	9.8	9.7	9.7	9.9	9.7	9.9	10	11.0
1.21 - 1.40	19.2	15	9.6	9.9	10	9.9	10.1	10	10.1	10.2	11.4
1.41 - 2.00	19.5	16	9.6	10.1	10.1	10.1	10.2	10.1	10.1	10.2	11.6
2.01 - 2.20	19.8	16.5	9.6	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.2	10.3	11.7
2.21 - 2.40	19.9	17	9.7	10.3	10.3	10.4	10.3	10.3	10.2	10.3	11.8
2.41 - 3.00	20.1	17.4	9.7	10.3	10.4	10.5	10.3	10.3	10.3	10.3	11.9
3.01 - 3.20	20.1	17.5	9.7	10.4	10.4	10.5	10.3	10.4	10.3	10.3	11.9
3.21 - 3.40	20.1	17.9	9.7	10.4	10.4	10.5	10.4	10.4	10.3	10.5	12.1
3.41 - 4.00	20.1	18	9.5	10.4	10.5	10.5	10.4	10.4	10.4	10.5	12.1
4.01 - 4.20	20	17.9	9.5	10.4	10.5	10.5	10.4	10.3	10.3	10.5	12.0
4.21 - 4.40	20	17.9	9.3	10.3	10.5	10.5	10.4	10.4	10.4	10.5	12.0
4.41 - 5.00	19.9	17.9	10.2	10.3	10.5	10.5	10.4	10.4	10.4	10.5	12.1

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.5 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงพบว่าแรงดันไฟฟ้า ที่เวลา 4.01 นาที เป็นต้นไป แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 12.0 โวลต์เมื่อนำไปเขียนเป็นกราฟแสดงแนวโน้มจะแสดงให้เห็น ดังรูปที่ 4.5



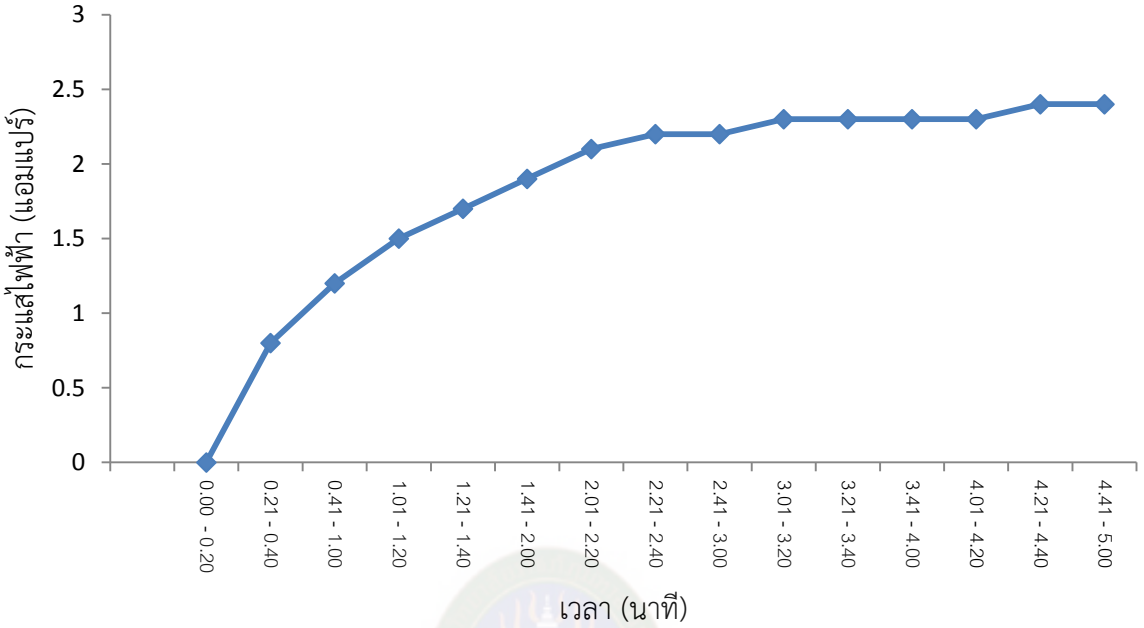
รูปที่ 4.5 แรงดันไฟฟ้ากับเวลากรณีมีการต่อโหลด

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบกระแสไฟฟ้าของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีมีการต่อโหลด

เวลา (นาที)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)										
	ครั้งที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.00 - 0.20	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.21 - 0.40	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	0.8
0.41 - 1.00	0.9	1.2	1.4	1.2	1.5	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.2
1.01 - 1.20	1.4	1.6	1.7	1.6	1.9	1.3	1.5	1.4	1.5	1.3	1.5
1.21 - 1.40	1.4	1.9	1.9	1.8	2.0	1.6	1.7	1.6	1.7	1.4	1.7
1.41 - 2.00	1.7	2.1	2.0	2.2	2.1	1.9	1.9	2.0	1.9	1.5	1.9
2.01 - 2.20	1.9	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	1.8	2.1
2.21 - 2.40	2.0	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.0	2.2
2.41 - 3.00	2.1	2.3	2.2	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.1	2.2
3.01 - 3.20	2.1	2.4	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.3
3.21 - 3.40	2.1	2.4	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.2	2.3
3.41 - 4.00	2.1	2.4	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3
4.01 - 4.20	2.1	2.4	2.2	2.4	2.3	2.3	2.4	2.5	2.4	2.0	2.3
4.21 - 4.40	2.2	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.4
4.41 - 5.00	2.2	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.4

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.6 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงพบว่ากระแสไฟฟ้า ที่เวลา 4.01 นาที เป็นต้นไป กระแสไฟฟ้าประมาณ 2.3 แอมแปร์เมื่อนำไปเขียนเป็นกราฟแสดงแนวโน้มจะแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.6



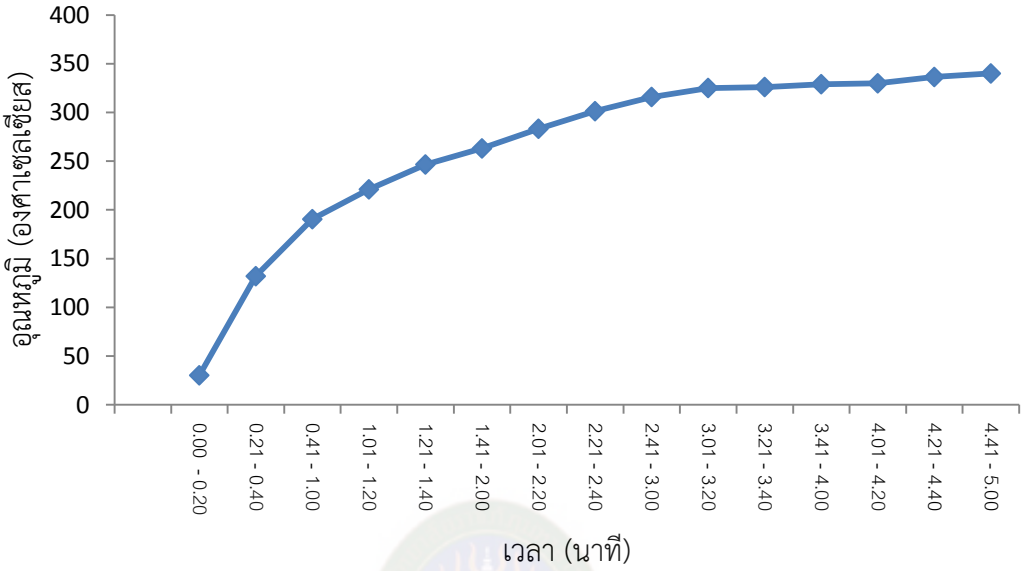
รูปที่ 4.6 กระแสไฟฟ้ากับเวลากรณีมีการต่อโหลด

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบอุณหภูมิของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีมีการต่อโหลด

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)										
	ครั้งที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.00 - 0.20	31	32	30	30	31	29	30	30	29	31	30.3
0.21 - 0.40	70	75	200	150	90	200	180	80	190	85	132
0.41 - 1.00	95	100	210	250	190	230	230	200	250	150	190.5
1.01 - 1.20	150	150	220	300	220	250	257	250	255	159	221.1
1.21 - 1.40	160	165	260	345	250	300	266	277	263	180	246.6
1.41 - 2.00	168	170	299	357	280	303	286	280	268	220	263.1
2.01 - 2.20	220	210	297	365	310	311	298	300	272	250	283.3
2.21 - 2.40	240	230	300	378	335	320	308	330	283	289	301.3
2.41 - 3.00	252	255	316	390	357	328	312	345	289	315	315.9
3.01 - 3.20	264	268	320	375	369	334	320	356	315	330	325.1
3.21 - 3.40	263	261	331	350	350	341	339	360	324	342	326.1
3.41 - 4.00	271	273	327	330	344	344	345	367	333	356	329
4.01 - 4.20	257	254	340	340	330	350	348	375	343	362	329.9
4.21 - 4.40	262	264	339	345	345	352	351	380	356	370	336.4
4.41 - 5.00	277	278	348	360	320	355	352	375	360	375	340

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.7 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงพบว่าอุณหภูมิ ที่เวลา4.01นาที เป็นต้นไป อุณหภูมิประมาณ 329.9 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปเขียนเป็นกราฟแสดงแนวโน้มจะแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 อุณหภูมิกับเวลากรณีมีการต่อโหลด

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลดและมีการต่อโหลด

การทดลอง	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
1. กรณีที่ไม่มีการต่อโหลด	612.8	31.3	-	316.4
2. กรณีมีการต่อโหลด	444.7	12.0	0.23	329.9

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงพบว่า ความเร็วรอบ และแรงดันไฟฟ้ากรณีที่ไม่มีการต่อโหลดจะมีความเร็วรวบและแรงดันไฟฟ้าจะมากกว่ากรณีมีการต่อโหลด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะคงที่ ที่เวลา 4.01 นาที เป็นต้นไป และได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ย 24.5 โวลต์

5.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่มีการต่อโหลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยต่อหลอด แอลอีดี ขนาด 12 โวลต์ ดีซี

จากการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่มีการต่อโหลดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะคงที่ ที่เวลา 4.01 นาที เป็นต้นไป ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12.0 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 2.3 แอมแปร์

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.3.1 การควบคุมความร้อนไม่ให้กระจายเข้ามาสู่กระบอกสูบเย็นเป็นไปได้ยาก

5.3.2 การให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ทำได้ยาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 ถ้าหากมีการทำให้อุณหภูมิระหว่างกระบอกสูบร้อนและกระบอกสูบเย็นแตกต่างกัน โดยทำซิ้งน้ำระบายความร้อนให้กับลูกสูบเย็นจะทำให้เครื่องยนต์สเตอร์ลิงมีความเร็วรอบที่สูงขึ้น

5.2 สร้างเตาที่มีประสิทธิภาพสูงในการเผาไหม้ เป็นตัวให้ความร้อนกับกระบอกสูบร้อนและทำที่ครอบกระบอกสูบร้อนเข้ากับเตา เพื่อเป็นการป้องกันความร้อนแผ่กระจายไปยังกระบอกสูบเย็น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.4 อภิปรายผล

เมื่อเดินเครื่องยนต์สเตอร์ลิงกรณีที่ไม่มีการต่อโหลดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะคงที่ ที่เวลา 4.01 นาที เป็นต้นไป และได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ย 24.5 โวลต์ และเมื่อมีการต่อโหลดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะคงที่ ที่เวลา 4.01 นาที เป็นต้นไป ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12.0 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 2.3 แอมแปร์ ซึ่งกำลังในการผลิตอาจไม่สูงมากนัก แต่โดยรวมมีแนวโน้มที่จะพัฒนากำลังการผลิตให้สูงขึ้นโดยลดความสูญเสียในส่วนของต้นกำลัง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

ทรงฤทธิ์ ศิริวัฒนะ. (2535), **“เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ 1”**, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ยูเคชั่น

เทวินทร์ ชูจันทร์และสุวัฒน์ เสมศรี. (2555),”**เครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง”**, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วิษณุและคณะ. (2554), **“เครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง”**, สาขาวิชาเครื่องกล. วิทยาลัยเทคโนโลยีตะวันออก

สมนึก บุญพาไสว. (2549), **“เครื่องยนต์สเตอร์ริ่งสำหรับอนาคต”**, สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

Willard W. Pulkradek. (2546), **“เครื่องยนต์ สันดาปภายใน”**. กรุงเทพมหานคร: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า

มุทิตา ศิริรัชตานนท์. (2555). **, “การออกแบบ ทดลองและพัฒนาระบบเครื่องยนต์สเตอร์ริ่ง”**, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

Senft, J. R., “**An Introduction to Stirling Engines”**, River Falls, Wisconsin, 1995.

Senft, J. R., **“An Introduction to Low Temperature Differential Stirling Engines”**, River Falls,Wisconsin, 1996.

West, C. D., **“Principles and Applications of Stirling Engines”**, Van Nostrand Reinhold, New York,1986.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก
การคำนวณหาความจุของกระบอกสูบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การคำนวณหาความจุของกระบอกสูบ

$$\text{ความจุกระบอกสูบ} = \pi \frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ}^{2}}{4} \text{ X ระยะชัก X จำนวนลูกสูบ}$$

$$V = \pi \left(\frac{d^2}{4} \right) X L X N$$

V = ความจุกระบอกสูบ
L = ระยะชัก
N = จำนวนลูกสูบ
d = เส้นผ่านศูนย์กลาง

เส้นผ่านศูนย์กลาง = 33 มิลลิเมตร
ระยะชัก = 28 ตารางมิลลิเมตร
จำนวนลูกสูบ = 4 ลูกสูบ

$$V = \pi \left(\frac{33^2}{4} \right) X\ 28\ X\ 4$$

V = 95.6 CC

ดังนั้นเครื่องยนต์สเตอร์ลิง 4 ลูกสูบ จะได้ความจุกระบอกสูบเท่ากับ 95.6 ซีซี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

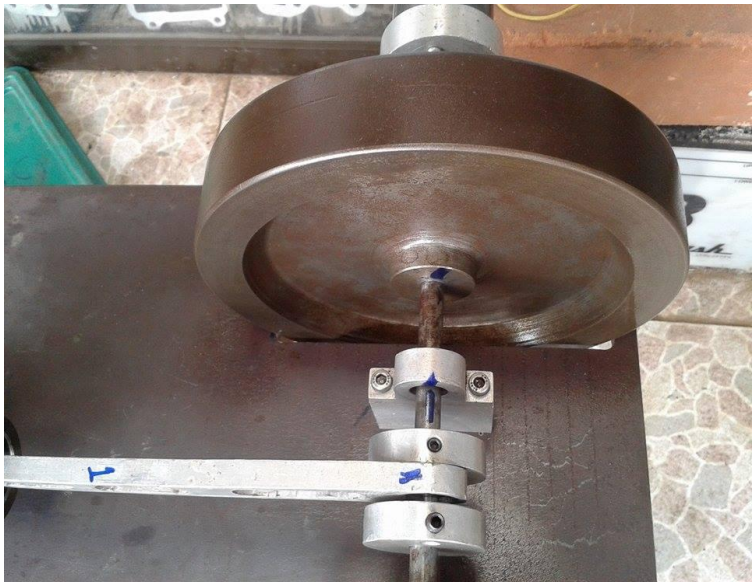
ภาคผนวก ข
ส่วนประกอบเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

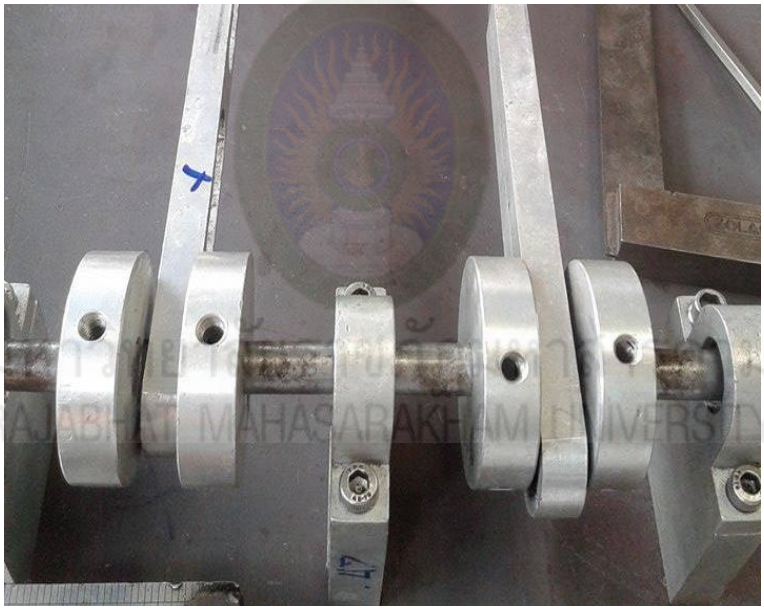
รูปที่ ข.1 ทำการประกอบตุ๊กตาเข้ากับฐานเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

รูปที่ ข.2 ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงขนาดเล็ก

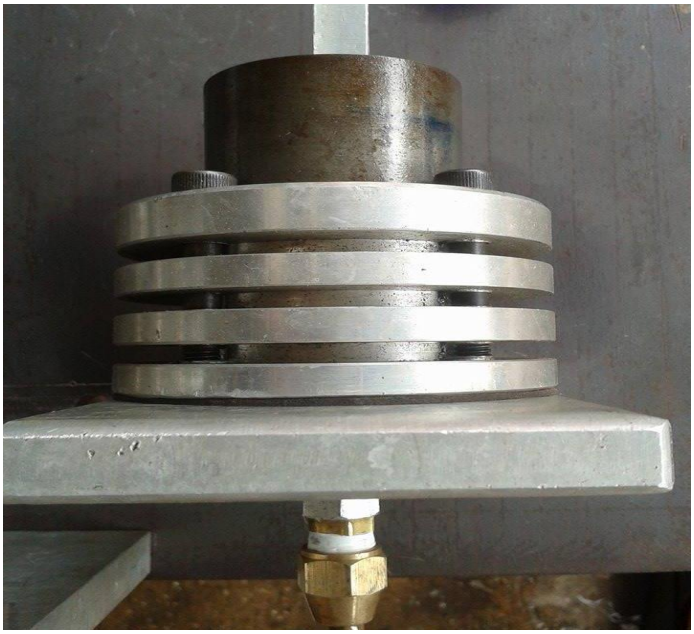
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ ข.3 ประกอบล้อช่วยแรงเข้ากับแกนเพลา



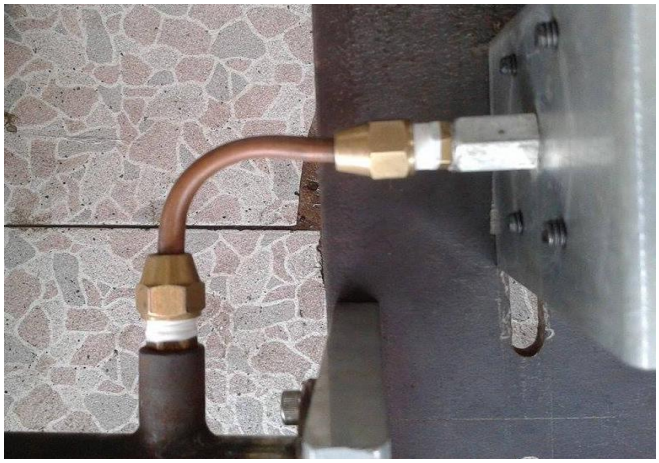
รูปที่ ข.4 ประกอบชุดข้อเหวี่ยงและคันชักเข้ากับแกนเพลา



รูปที่ ข.5 ประกอบชุดลูกสูบเย็น

รูปที่ ข.6 ประกอบชุดลูกสูบร้อน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



รูปที่ ข.7 ต่อท่ออากาศระหว่างกระบอกสูบร้อนกับกระบอกสูบเย็นเชื่อมหากัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ ข.8 ติดตั้งเจนเนอร์เรเตอร์

รูปที่ ข.9 การทดลองเครื่องยนต์สเตอร์ลิงขนาดเล็ก

ภาคผนวก ค
การใช้งานเครื่องยนต์สเตอร์ลิงขนาดเล็กเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การใช้งานเครื่องยนต์สเตอร์ลิงขนาดเล็กเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

1. นำเครื่องยนต์สเตอร์ลิงและฐานรองแก๊สกระป๋องมาวางในแนวราบกับพื้น โดยให้หัวแก๊สกระป๋องห่างจากกระบอกสูบร้อนประมาณ 7 เซนติเมตร

2. เริ่มจุดหัวแก๊สเพื่อให้ความร้อนแก่กระบอกสูบร้อนและเปิดสวิตซ์โวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์เพื่อเตรียมที่จะวัดค่า

3. เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 วินาที เริ่มหมุนล้อช่วยแรงเพื่อเป็นการสตาร์ทเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

4. เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 นาที ให้เปิดสวิตซ์ที่อยู่ตรงกลางเพื่อเป็นการต่อเข้ากับโหลด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

1.นายจักรกฤษณ์ จันทรศิริ (ผู้เสนอโครงการ) Mr. Jakkit Junsiri
เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3449900047509
ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ติดต่อ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์
ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 4400
หมายเลขโทรศัพท์ 043-722118 โทรสาร 043-742620 มือถือ 0816620680
E-mail : jakkit3363@hotmail.com
ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ระดับปริญญาโท	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ระดับปริญญาเอก	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
MAHASARAKHAM RAJABHAT UNIVERSITY

2. นายวรพันธ์ สมบัติธีระ (ผู้ร่วมโครงการ) Mr.Worraphan Sombuttera
เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3409900897618
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
สถานที่ติดต่อ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์
ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 4400
หมายเลขโทรศัพท์ 043-742620 โทรสาร 043-742620 มือถือ 089-4930857
E-mail : worraphan_s@hotmail.com
ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตธัญบุรี
ระดับปริญญาโท	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม