

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและออกแบบชุดการทดลองเครื่องยนต์ที่มีอากาศอัดเป็นต้นกำลัง

Study and Design Experimental Testing of a Compressed Air Engine.

โดย

นาย ธนวัฒน์ เลิศกิจจานุวัฒน์

นาย บดินทร์ ทองใจ

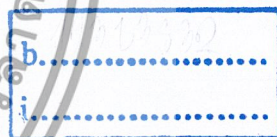
นาย ปกรณ์ หล้ามะโน



T119155

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. สุตาภัทร แคว้นเนาเม็ง



เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 119155

วัน,เดือน,ปี..... 6.S.A. 2554

ปฏิญานีพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2553

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและออกแบบชุดการทดลองเครื่องยนต์ที่มีอากาศอัดเป็นต้นกำลัง

Study and Design Experimental Testing of a Compressed Air Engine.

ผู้จัดทำ

1. นาย ชนวัฒน์ เลิศกิจจานุวัฒน์ รหัสประจำตัว 50010626
2. นาย บดินทร์ ทองใจ รหัสประจำตัว 50010846
3. นาย ปกรณ์ หล้ามะโน รหัสประจำตัว 50010877



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. สุตาภัทร แคว้นเนาเมือง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและออกแบบชุดการทดลองเครื่องยนต์ที่มีอากาศอัดเป็นต้นกำลัง

นายธนวัฒน์ เลิศกิจจานุวัฒน์ 50010626

นายบัณฑิต ทองใจ 50010846

นายปรกรณ์ หล้ามะโน 50010877

ผศ.ดร. สุตาภัทร แคว้นเขาเม็ง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาและออกแบบชุดการทดลองเครื่องยนต์ 2 จังหวะ แบบ 1 สูบที่ใช้อากาศอัดเป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องยนต์อากาศอัดอาศัยอากาศความดันสูงขับเคลื่อนลูกสูบผลิตกำลังจากเครื่องยนต์ เมื่ออากาศขยายตัวในกระบอกสูบความดันลดลงและถูกปล่อยออกในจังหวะคายโดยอาศัยแรงเหวี่ยงจากเพลาคือเหวี่ยงคั่นลูกสูบให้ได้อากาศออก ดังนั้นเครื่องยนต์อากาศอัดจึงปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยสิ้นเชิง เครื่องยนต์อากาศอัดนี้ถูกดัดแปลงจากเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบ 2 จังหวะ 1 สูบ ขนาด 24 ลบ.ซม. ระยะชัก 2.8 ซม. และขนาดกระบอกสูบ 3.295 ซม. หัวเทียนถูกแทนที่ด้วยท่ออากาศอัดแรงดันซึ่งมีโซลินอยด์ว่าลวควบคุมการจ่ายอากาศอัดเข้าสู่กระบอกสูบและมีเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กซึ่งติดตั้งบนล้อช่วยแรงคอยควบคุมการทำงานของโซลินอยด์ว่าลวให้มีการเปิดปิดว่าลวเป็นจังหวะสัมพันธ์กับความเร็วรอบของล้อช่วยแรง โดยชุดการทดลองนี้สามารถทำการวัดหา ความเร็วรอบ แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความดันของอากาศที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ จากการทดลองพบว่าความดันอากาศที่ป้อนให้เครื่องยนต์ 8 บาร์ จะได้กำลังสูงสุด 57 วัตต์ และแรงบิด 1 นิวตัน-เมตร ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study and Design Experimental Testing of a Compressed Air Engine.

Tanawat Lertkitjanuwat

Bodin Tongjai

Pakorn Larmano

Assist.Prof.Dr. Sutapat Kwankaomeng Advisor

ABSTRACT

This project is aimed to study and design the experimental apparatus of a compressed air engine. The engine is a two-stroke and single-cylinder engine. The compressed air engine is operated by using pressurized air to move the piston producing power of the engine. When the air is expanding, the air volume is increasing and the air pressure is reducing. The air is then released from the engine cylinder by the piston motion at the return stroke. The engine, therefore, is absolutely environmental harmless. The engine was modified from the small internal combustion engine with 24 cm³ of swept volume, 2.8 cm of stroke and 3.295 cm of bore diameter. The spark plug was replaced by the supplied air tube connected with the solenoid valve. The solenoid valve is used to control the intake air relative to the engine speed. The magnetic switch is attached on the flywheel to monitor the flywheel rotation and co-operate with the solenoid valve in order to open the valve at the precise time. This testing device can be measured speed, torque, and power of the engine with various operating air pressure. The experiments were conduct and the experimental results showed that the pressurized air at 8 bars provided the power of 57 watts, torque of 1 N-m and the engine speed of 600 rpms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย รวมทั้งเอกสาร ตำราที่ใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้าอ้างอิง จนทำให้เกิดแนวคิดและขอบเขตในการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุตภักดิ์ แคว้นเขมาเมือง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยนี้ที่ให้คำแนะนำเสนอแนวคิด ตลอดจนตรวจสอบความถูกต้อง จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงตามจุดประสงค์และขอบเขตการศึกษาที่ตั้งไว้เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ชี้แนะข้อบกพร่อง ตลอดจนเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขเพื่อให้งานวิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งเจ้าหน้าที่ช่างเทคนิคประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ตลอดจนเพื่อน ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาตรี ที่กรุณาให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวก ในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ การปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับงานวิจัยจนงานวิจัยสำเร็จด้วยความเรียบร้อย

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายธนวัฒน์	เลิศกิจจานุวัฒน์
นายบัณฑิต	ทองใจ
นายปกรณ์	หล้ามะโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฉ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ	3
2.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้พลังงานอากาศอัดเป็นต้นกำลังชนิด 2 จังหวะ 1 สูบ	6
2.3 ทฤษฎีของระบบนิวเมติกส์	8
2.4 ทฤษฎีการขยายตัวแบบ ไอเซนโทรปิก และ ไฟลิวโทรปิกของก๊าซอุดมคติ	10
2.5 Slider Crank Mechanism	17
2.6 การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว	19
2.7 การทำงานของ สวิตช์แม่เหล็ก	20
2.8 หลักการทำงานของ Solid State Relay	22
2.9 หลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความดัน	23

3. การคำนวณและการออกแบบการทดลอง

3.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์	25
3.2 การหาแรงบิดและกำลังเบรคจากเครื่องยนต์	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การคำนวณการสิ้นเปลืองอากาศ	26
3.4 วิธีหาปริมาตรของกระบอกสูบตรงตำแหน่งที่หยุดป้อนอากาศให้เครื่องยนต์	28
3.5 การตัดแปลงเครื่องยนต์สองจังหวะแบบหนึ่งสูบจากเครื่องยนต์สันดาปภายในให้เป็นเครื่องยนต์ที่มีอากาศอัดเป็นต้นกำลัง	30
3.6 การเลือกและกำหนดขนาดของอุปกรณ์	31
3.7 ระบบควบคุมชุดการทดลอง	33
4. การดำเนินการและการทดลอง	
4.1 การดำเนินการ	36
4.2 ขั้นตอนการทดลอง	38
5. ผลการทดลอง	
5.1 สมรรถนะของเครื่องจักรขับเคลื่อนด้วยอากาศ	40
6. สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการทดลอง	46
6.2 ข้อเสนอแนะ	46
ภาคผนวก ก.	47
ภาคผนวก ข.	57
บรรณานุกรม	81



สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1	จิ้งหะคาย กับ คูคของเครื่องยนต์ 2 จิ้งหะ	3
รูปที่ 2.2	จิ้งหะอัด กับ ระเบิดของเครื่องยนต์ 2 จิ้งหะ	4
รูปที่ 2.3	แสดงแผนภาพ P-v ไคอะแกรมของเครื่องยนต์ 2 จิ้งหะที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ	4
รูปที่ 2.4	การทำงานของลูกสูบขณะที่ลมเข้า	6
รูปที่ 2.5	การทำงานของลูกสูบขณะที่หยุดจ่ายลม	6
รูปที่ 2.6	การทำงานของลูกสูบขณะที่ลมออก	7
รูปที่ 2.7	แสดงแผนภาพ P-v ไคอะแกรมของเครื่องยนต์	7
รูปที่ 2.8	ระบบและแผนภาพสำหรับกระบวนการขยายตัวแบบ ไอเซนโทรปิก	14
รูปที่ 2.9	ระบบและแผนภาพสำหรับกระบวนการโพลีโทรปิกของก๊าซอุดมคติ	15
รูปที่ 2.10	แผนภาพ P-v การขยายตัวของกระบวนการต่างๆที่มีปริมาตรเดียวกัน	16
รูปที่ 2.11	แผนภาพ P-v การอัดตัวของกระบวนการต่างๆที่มีปริมาตรเดียวกัน	16
รูปที่ 2.12	Position Analysis ของ Slider-Crank mechanism	17
รูปที่ 2.13	รูปการทำงานพื้นฐานของ โซลินอยด์วาล์ว	19
รูปที่ 2.14	โครงสร้างและการทำงานของสวิตช์แม่เหล็ก	20
รูปที่ 2.15	สวิตช์แม่เหล็กแบบต่างๆ	21
รูปที่ 2.16	วงจร Solid State Relay	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.17 Electromechanical แบบเก่า	22
รูปที่ 2.18 Solid State Relay	22
รูปที่ 2.19 แสดงอุปกรณ์ควบคุมความดัน (PRESSURE REGULATOR)	23
รูปที่ 2.20 แสดงอุปกรณ์ควบคุมแรงดันแบบระบายความดันออกสู่บรรยากาศ	24
รูปที่ 2.21 แสดงอุปกรณ์ควบคุมแรงดันแบบไม่มีการระบายความดันออกสู่บรรยากาศ	24
รูปที่ 3.1 การดัดแปลงเครื่องยนต์สันดาปภายในให้เป็น เครื่องยนต์ที่ใช้อากาศอัดเป็นต้นกำลัง	30
รูปที่ 3.2 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ 1 สูบ	31
รูปที่ 3.3 สวิตช์แม่เหล็ก (Security Magnetic Switch)	31
รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure Regulator)	32
รูปที่ 3.5 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)	32
รูปที่ 3.6 ชุดควบคุมโซลินอยด์วาล์ว	33
รูปที่ 3.7 ระบบนิวมติกส์และการควบคุม	33
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	34
รูปที่ 4.1 รูป วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์	36
รูปที่ 4.2 รูป Solid State Relay	37
รูปที่ 4.3 การติดตั้ง Magnetic Switch บริเวณด้านบนของล้อช่วยแรง	38
รูปที่ 4.4 ติดตั้งชุดอุปกรณ์หาค่าตั้งเบรค	38
รูปที่ 4.5 ตำแหน่งอุปกรณ์ที่ใช้ปรับความดันและวัดความเร็วรอบ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความดัน	40
รูปที่ 5.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับแรงบิด จากการวัดค่า 3 ครั้ง	41
รูปที่ 5.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับกำลัง จากการวัดค่า 3 ครั้ง	42
รูปที่ 5.4	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดโดยเฉลี่ยกับความดัน	43
รูปที่ 5.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังโดยเฉลี่ยกับความดัน	43
รูปที่ 5.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเฉลี่ยกับความเร็วรอบเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ	44
รูปที่ 5.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเฉลี่ยกับความเร็วรอบเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ	45



สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	ขอบเขตการออกแบบชุดการทดลอง	25
ตาราง ก.1.1.1	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 8 bar	47
ตาราง ก.1.1.2	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 7 bar	47
ตาราง ก.1.1.3	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 6 bar	48
ตาราง ก.1.1.4	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 5 bar	48
ตาราง ก.1.1.5	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 4 bar	48
ตาราง ก.1.1.6	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 3 bar	48
ตาราง ก.1.2.1	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 8 bar	49
ตาราง ก.1.2.2	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 7 bar	49
ตาราง ก.1.2.3	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 6 bar	49
ตาราง ก.1.2.4	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 5 bar	50
ตาราง ก.1.2.5	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 4 bar	50
ตาราง ก.1.2.6	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 3 bar	50
ตาราง ก.1.3.1	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 8 bar	51
ตาราง ก.1.3.2	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 7 bar	51
ตาราง ก.1.3.3	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 6 bar	51
ตาราง ก.1.3.4	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 5 bar	52
ตาราง ก.1.3.5	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 4 bar	52
ตาราง ก.1.3.6	แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 3 bar	52
ตาราง ก.1.4.1	แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 8 bar	53
ตาราง ก.1.4.2	แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 7 bar	53
ตาราง ก.1.4.3	แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 6 bar	53
ตาราง ก.1.4.4	แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 5 bar	54
ตาราง ก.1.4.5	แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 4 bar	54
ตาราง ก.1.4.6	แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 3 bar	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2	ตารางแสดงค่าที่วัดความเร็วรอบและความดัน ขณะไร้อากาศ	55
ตาราง ก.3	ตารางแสดงค่าแรงบิดที่ได้จากการทดสอบ 3 ครั้ง	55
ตาราง ก.4	ตารางแสดงค่ากำลังที่ได้จากการทดสอบ 3 ครั้ง	55
ตาราง ก.5	ตารางแสดงค่าแรงบิดเฉลี่ยและกำลังเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ	56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

สืบเนื่องจากในปัจจุบันได้เกิดปัญหาวิกฤตทางด้านพลังงานขึ้นอันได้แก่ราคาน้ำมันมีการปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง พลังงานทางเลือกอื่นๆจึงถูกหยิบยกมาพูดถึงกันในวงกว้าง อาทิเช่น พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานไฮโดรเจน พลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงพลังงานลม ซึ่งเชื่อกันว่าในอนาคต พลังงานทางเลือกเหล่านี้จะเข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้นในการดำเนินชีวิตของมนุษย์จึงได้เกิดโครงการวิจัยซึ่งเกี่ยวกับเครื่องยนต์พลังงานอากาศยานขึ้นจากหน่วยงานต่างๆ ปี พ.ศ. 2552 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องยนต์เบนซิน 1 สูบ 4 จังหวะให้เป็นเครื่องจักรขับเคลื่อนด้วยอากาศ โดยอาศัยหลักการฉีดอากาศความดันสูงโดยทำการปรับเปลี่ยนความดันอากาศเข้าตั้งแต่ 70-100 บาร์และช่วงเวลาในการฉีดอากาศตั้งแต่ 60-80 องศาและพบว่าความดันอากาศเข้าที่ 100 บาร์ และช่วงเวลาในการฉีด 80 องศา จะได้กำลังสูงสุดที่ 50.307 วัตต์ แรงบิด 2.698 นิวตัน-เมตรที่ความเร็วรอบ 178 รอบต่อนาที ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและพัฒนาเพิ่มเติมในขีดจำกัดของตัวเครื่องที่ต้องใช้ความดันสูงในการขับเคลื่อนมาเป็นความดันต่ำในการขับเคลื่อนและลดความซับซ้อนในการเขียนโปรแกรมสั่งงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นเวลาที่ควบคุมการจ่ายอากาศให้กับเครื่องยนต์จึงทำให้เครื่องยนต์สามารถตอบสนองในการทำงานได้ที่ความเร็วสูงขึ้นโดยทำการศึกษาและออกแบบชุดการทดลองเครื่องยนต์ 2 จังหวะ แบบหนึ่งสูบให้สามารถใช้อากาศอัดความดันต่ำในการขับเคลื่อนได้และยังคงได้กำลังและประสิทธิภาพเทียบเท่าความดันสูง โดยชุดการทดลองเครื่องยนต์ 2 จังหวะ แบบหนึ่งสูบจะขับเคลื่อนด้วยอากาศอัด และใช้การขยายตัวของอากาศที่ถูกอัดตัวให้มีความดันสูงเป็นงานในการขับเคลื่อนและในการพัฒนานี้จะเป็นการใช้อากาศอัดที่ความดัน 1-10 บาร์ซึ่งเป็นช่วงความดันที่อุปกรณ์ที่ใช้ในการดัดแปลงมีต้นทุนต่ำกว่าตลอดจนมีความทนทานสูงกว่า ใช้งานได้ยาวนานและที่สำคัญมีความปลอดภัยมากกว่าความดันสูง ดังนั้นพลังงานอากาศอัดที่ความดันต่ำจึงเป็นพลังงานทางเลือก(Alternative energy) ที่สะอาดปราศจากมลพิษ (Zero emission) เนื่องจากไม่มีการเผาไหม้เกิดขึ้น จึงไม่ก่อให้เกิดมลพิษแก่สิ่งแวดล้อม ทนทานและมีความปลอดภัยสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษา และ ออกแบบชุดการทดลองเครื่องยนต์สองจังหวะแบบหนึ่งสูบให้สามารถใช้อากาศอัดในการขับเคลื่อนได้
- 1.2.2 สามารถดัดแปลง พัฒนาเครื่องยนต์ที่มีอยู่ให้ทำงานได้โดยอาศัยอากาศอัดเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความดันของอากาศอัดกับตัวแปรต่างๆในการทำงานของเครื่องยนต์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องยนต์พลังงานอากาศอัด สอง จังหวะแบบหนึ่งสูบ
- 1.3.2 ข้อจำกัดในการใช้งาน รวมไปถึงความสามารถสูงสุด ประสิทธิภาพ และ กำลัง ของเครื่องยนต์พลังงานอากาศอัด
- 1.3.3 ออกแบบชุดการทดลองเครื่องยนต์ 2 จังหวะ แบบหนึ่งสูบให้ทำงานได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องยนต์อัดอากาศของผู้ที่สนใจต่อไป
- 1.4.2 จุดประกายความคิด ใช้พลังงานทดแทนให้แก่ผู้ที่สนใจ
- 1.4.3 เป็นต้นกำลังของพลังงานทางเลือกอีกรูปแบบหนึ่งที่ประชาชนเป็นเจ้าของได้
- 1.4.4 สามารถนำเครื่องยนต์เก่าที่ไม่สามารถใช้งานได้แล้วมาประยุกต์เพื่อให้กลับมาใช้งานได้อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

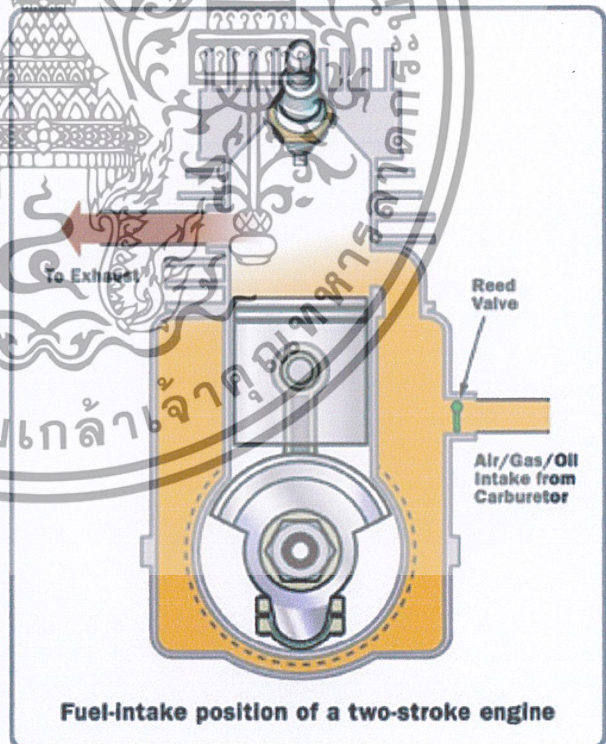
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ(Two-Stroke Engine)[1]

เครื่องยนต์ 2 จังหวะ (Two-stroke engine) คือเครื่องยนต์ที่ทำงาน 2 จังหวะ คือจังหวะที่ 1 คือจังหวะดูดกับอัด และ จังหวะที่ 2 คือจังหวะระเบิดและคาย และเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะไม่มีวาล์วเปิดปิดไอดีไอเสีย แต่จะใช้ลูกสูบเป็นตัวเปิดปิดไอดีไอเสียแทน ซึ่งเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะทำงานรอบจกกว่าเครื่องยนต์ 4 จังหวะ และการเผาไหม้ก็มีประสิทธิภาพน้อยกว่าด้วย

อธิบายการทำงานดังนี้

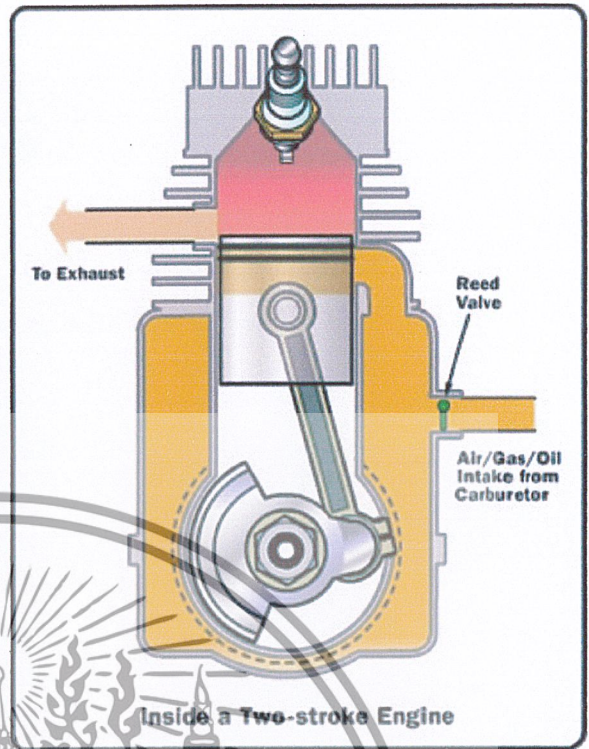
2.1.1 จังหวะคายกับดูด ลูกสูบจะเคลื่อนที่จากจุดศูนย์ตายบนลงมกรือยๆ จนผ่านพอร์ตไอเสีย หรือช่องระบายไอเสีย ไอเสียก็จะผ่านออกไปทางช่องนี้เมื่อลูกสูบเคลื่อนต่อไปอีกเล็กน้อย ช่องไอดีก็จะเปิดให้ไอดีที่ได้จากการผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงจาก คาร์บูเรเตอร์เข้าไปในกระบอกสูบและไล่ไอเสียออกไปจนหมดสิ้น จนลูกสูบจะเคลื่อนลงจนถึงจุดศูนย์ตายล่าง



รูปที่ 2.1 จังหวะคายกับดูดของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

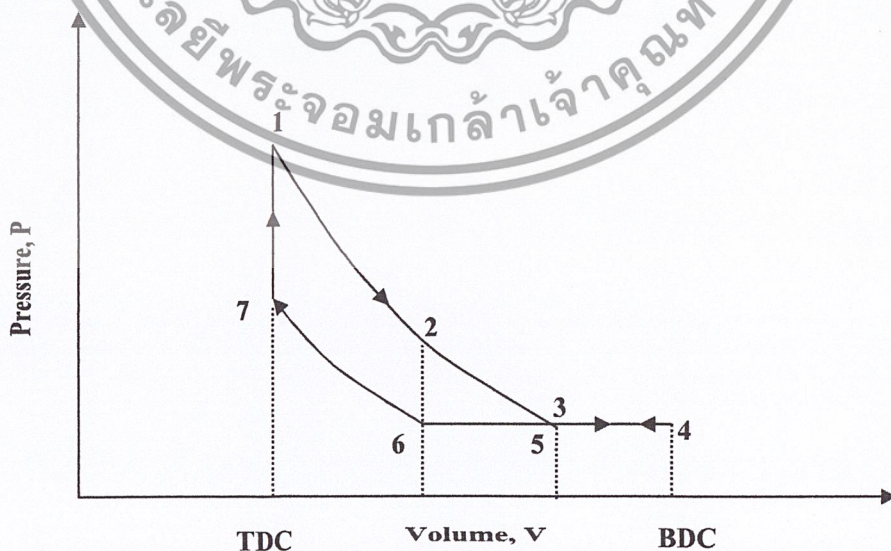
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 จังหวะอัดกับระเบิด ลูกสูบจะเคลื่อนจากศูนย์ตายล่างขึ้นไปเรื่อยๆ จนปิดพอร์ตไอดีและพอร์ตไอดีเสียตามลำดับ พร้อมกับอัดไอดีไปด้วยเมื่อลูกสูบเคลื่อนเข้าใกล้จุดศูนย์ตายบน หัวเทียนได้รับแรงดันไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าจุดระเบิด และจุดประกายไฟในตำแหน่งที่ถูกต้อง ทำให้เกิดการเผาไหม้และระเบิดดันลูกสูบให้ทำงาน ในขณะเดียวกันไอดีก็จะมีความดันสูงด้วย เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาเปิดช่องไอดี ไอดีก็จะเข้ามาและทำการจับได้ไอดีออกไปทางช่องไอดีเหลือไว้เพียงแต่ไอดีในห้องเผาไหม้



รูปที่ 2.2 จังหวะอัดกับระเบิดของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

เมื่อเครื่องยนต์ทำงานครบ 2 จังหวะ เพลาข้อเหวี่ยงจะหมุนไปได้หนึ่งรอบเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ตายล่างใน จังหวะดูด ภายในกระบอกสูบจะมีปริมาตรที่บรรจุตัวผสมน้ำมัน และอากาศ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นในจังหวะอัด ปริมาตรนี้จะถูกอัดให้ลดลงตรงส่วนของลูกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายบนปริมาตรจะมีขนาดเล็กที่สุด บริเวณที่มีปริมาตรเล็กนี้ถูกเรียกว่าห้องเผาไหม้



รูปที่ 2.3 แสดงแผนภาพ P-v ไดอะแกรมของเครื่องยนต์ 2 จังหวะที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 วัฏจักรเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟสองจังหวะ (Two-Stroke SI Engine Cycle)

- กระบวนการ 1-2 ช่วงให้กำลังแบบไอเซนทรอปิก หรือ จังหวะทำงาน ช่อง (Port) หรือ ลื่นทั้งหมดปิด
- กระบวนการ 2-3 คายไอเสีย ช่องไอเสียเปิด ช่องไอตีปิด
- กระบวนการ 3-4-5 ดูดไอดีและไล่ไอเสีย ช่องไอเสียเปิด ช่องไอตีเปิด
- กระบวนการ 5-6 ไล่ไอเสีย ช่องไอเสียเปิด ช่องไอตีปิด
- กระบวนการ 6-7 การอัดแบบไอเซนทรอปิก ช่องไอตีและช่องไอเสียปิด
- กระบวนการ 7-1 ป้อนความร้อน (การสันดาป) แบบปริมาตรคงที่

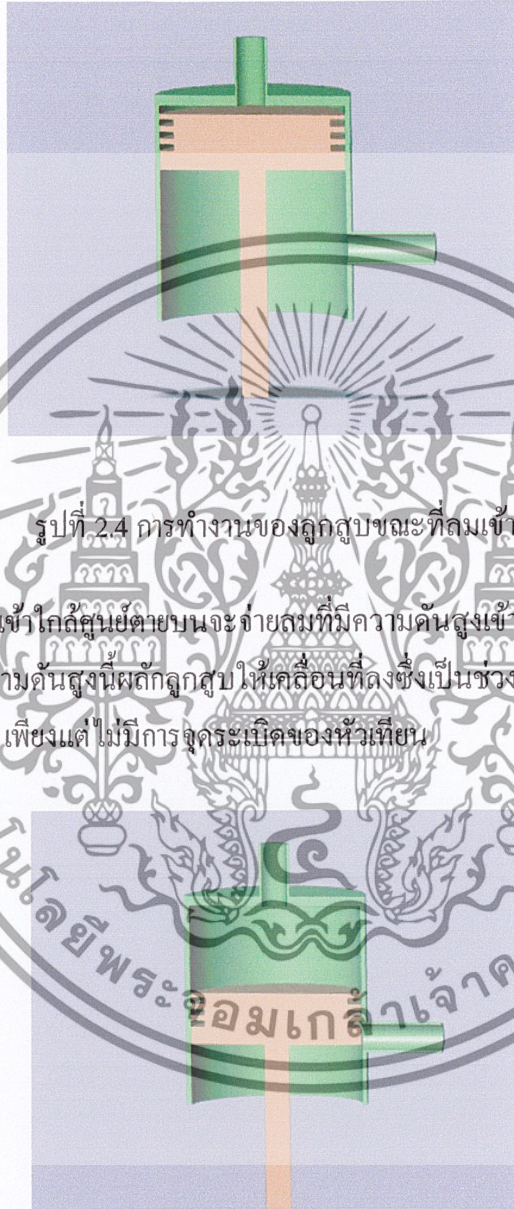
ข้อดี-ข้อเสียของเครื่องยนต์สองจังหวะ

ข้อดี เครื่องยนต์สองจังหวะมีการจุดระเบิดบ่อยกว่าเครื่องยนต์สี่จังหวะ 2 เท่า ดังนั้นเครื่องยนต์สองจังหวะ จึงมีกำลังมากกว่าเครื่องยนต์สี่จังหวะที่มีขนาดเท่ากันสองเท่า นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบา สร้างง่าย เนื่องจากมีชิ้นส่วนน้อยกว่า เหมาะสำหรับงานที่ต้องการเครื่องยนต์กำลังสูงขนาดเล็ก น้ำหนักเบา เช่น เลื่อยโซ่(chainsaw) เครื่องตัดหญ้า เครื่องเรือติดท้าย รถลุยหิมะ(snow mobile) เจ็ตสกี รถมอเตอร์ไซด์ เครื่องบินเล็ก เป็นต้น

ข้อเสีย ของเครื่องยนต์สองจังหวะคือ มีประสิทธิภาพต่ำ และ มีมลพิษสูง เนื่องจากมีน้ำมันที่ยังไม่เผาไหม้ปนออกมากับ ไอเสียด้วย บางแบบต้องผสมน้ำมันเครื่องร่วมกับไอดี ทำให้มีความสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องสูง

2.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้พลังงานอากาศอัดเป็นต้นกำลัง ชนิด 2 จังหวะ 1 สูบ

2.2.1 หลักการทำงานของลูกสูบ



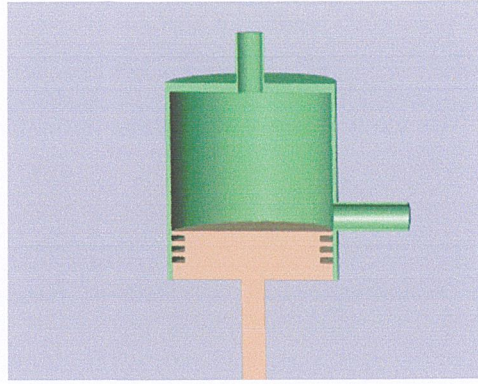
รูปที่ 2.4 การทำงานของลูกสูบขณะที่ลมเข้า

1. ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าใกล้ศูนย์ตายบนจะจ่ายลมที่มีความดันสูงเข้าของลมที่ถูกแทนที่ด้วยหัวเทียนซึ่งจะอาศัยลมที่มีความดันสูงนี้ผลักดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ลงซึ่งเป็นช่วงที่ให้กำลังแก่เครื่องเหมือนเครื่องยนต์สันดาปภายใน เพียงแต่ไม่มีการจุดระเบิดของหัวเทียน

รูปที่ 2.5 การทำงานของลูกสูบขณะที่หยุดจ่ายลม

2. เป็นช่วงที่หยุดจ่ายลมเข้าสู่กระบอกสูบ ในขณะที่เดียวกันลมที่มีความดันสูงที่ถูกจ่ายให้ก่อนหน้านี้จะเกิดการขยายตัวแบบไอเซนทรอปิกภายในกระบอกสูบทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงไปอีก

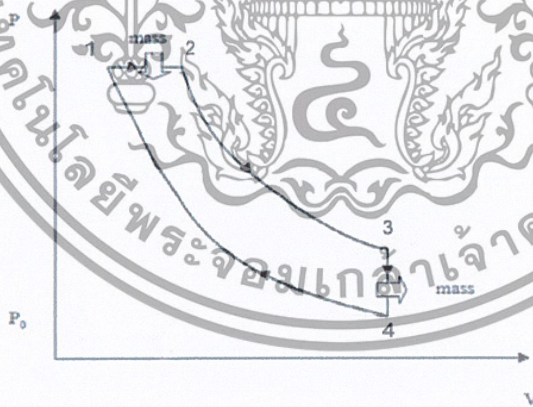
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การทำงานของลูกสูบขณะที่ลมออก

3. ขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาที่ศูนย์ตายล่างที่อยู่ในกระบอกสูบจะออกจากกระบอกสูบผ่านทางช่องไอเสียของกระบอกสูบ ในขณะเดียวกันเพลาข้อเหวี่ยงจะช่วยผลักลูกสูบกลับไปที่ศูนย์ตายบนเพื่อรับอากาศที่มีความดันสูงเหมือนดังรูปที่ 2 และทำงานกลายเป็นวัฏจักรต่อไป

2.2.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์[2]



รูปที่ 2.7 แสดงแผนภาพ P-v ไดอะแกรมของเครื่องยนต์

กระบวนการ 4-1 จังหวะอัดอากาศ อากาศที่อยู่ภายในกระบอกสูบจะถูกอัดแบบไอเซน-ทรอปิก โดยลูกสูบจะเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่างมายังศูนย์ตายบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการ 1-2 จังหวะป้อนอากาศเข้าภายในกระบอกสูบที่ความดันคงที่ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่มายังศูนย์ตายบน วาล์วจะเปิดออกเพื่อทำการป้อนอากาศจากถังที่ความดันคงที่

กระบวนการ 2-3 จังหวะอากาศขยายตัวตามกระบวนการไอเซนทรอปิก เมื่ออากาศที่มีความดันสูง ถูกป้อนเข้ามาภายในกระบอกสูบ อากาศจะขยายตัวจนทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมายังศูนย์ตายล่างของกระบอกสูบ

กระบวนการ 3-4 จังหวะไล่อากาศออกจากกระบอกสูบที่ปริมาตรคงที่ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงมายาวาล์วไอเสียจะเปิดออก เพื่อนำอากาศที่อยู่ภายในกระบอกสูบออกไปสู่บรรยากาศ

2.3 ทฤษฎีของระบบนิวเมติกส์[3]

2.3.1 วิวัฒนาการทางเทคนิคของลมอัด

มนุษย์คนแรกที่อยู่จัดการนำพลังงานของอากาศอัดมาใช้ให้เป็นประโยชน์ประมาณ 2,000 กว่าปีที่แล้วมานี้ คือ ชาวกรีกชื่อเทซิเบียส (Ktezibios) เขาได้คิดสร้างกระบอกปืนใหญ่และใช้พลังงานของอากาศอัดเป็นตัวต้นกำลังในการยิงลูกปืนใหญ่ พลังงานของอากาศอัดที่เขาสร้างขึ้นมามีกำลังในการยิงสูงมากพอสมควร

พลังงานของอากาศอัดอีกชนิดหนึ่งซึ่งเราได้เรียนรู้มาจากพวกอินเดียแดง ก็คือ การใช้ไม้ซางสำหรับเป่าลูกดอก เพื่อการล่าสัตว์และการต่อสู้ป้องกันตัว ความเจริญในการพัฒนาอุตสาหกรรม เช่น การสร้างทางรถไฟ การขุดเจาะอุโมงค์และอื่นๆ อีกมากมาย โครงการต่างๆ เหล่านี้เป็นสิ่งท้าทายให้วิศวกรและช่างเทคนิคได้พยายามค้นหาวิธีการทางเทคนิคใหม่ๆ เพื่อใช้ในการเจาะก้อนหิน ดังนั้นจึงได้มีเครื่องเจาะก้อนหินโดยใช้พลังงานของอากาศอัดเป็นตัวต้นกำลังซึ่งทำให้ปลอดภัยต่อการระเบิด

การวิวัฒนาการของการเปลี่ยนไปใช้เครื่องจักรแบบใหม่ๆ และการใช้เครื่องจักรแทนแรงงานคนในระหว่าง 20 กว่าปีที่ผ่านมานี้ ทำให้มนุษย์รู้จักการใช้พลังงานของอากาศอัดดียิ่งขึ้น ประโยชน์ที่ได้รับจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำงานด้วยพลังงานของอากาศอัดเหล่านี้ ได้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปแล้วตามโรงงานต่างๆ ซึ่งจะเป็นที่นิยมเพิ่มขึ้นอีกมากมาย

ในปัจจุบันแทบจะกล่าวได้ว่า ไม่มีโรงงานใดที่เกิดขึ้นใหม่ในขณะนี้ไม่รู้จักการใช้พลังงานของอากาศอัดให้เป็นประโยชน์ ทุกวันนี้ขอบข่ายการใช้ระบบนิวเมติกส์ได้แพร่หลายกว้างขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น และได้วิวัฒนาการจากการใช้ระบบการทำงานแบบง่ายๆ ธรรมดาเป็นระบบการทำงานโดยอัตโนมัติด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ

หมายเหตุ ระบบนิวเมติกส์ คือ ระบบการทำงานซึ่งใช้พลังงานของอากาศอัดเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์การทำงานของกลไกต่างๆ

2.3.2 คุณสมบัติของนิวเมติกส์

คุณสมบัติของพลังงานของอากาศอัดเมื่อเปรียบเทียบกับความดันไฮดรอลิก

1. โดยทั่วไปมักจะใช้ความดันอากาศอัดในวงจร 4-7 kPa/cm² ซึ่งน้อยกว่าความดันไฮดรอลิกมากจึงเหมาะที่จะใช้กับงานเบาเท่านั้น
2. อากาศอัดตัวได้ง่าย จึงไม่สามารถหยุดค้างระหว่างช่วงชักได้มั่นคง เช่นระบบไฮดรอลิกแต่ข้อดีคือสามารถเก็บพลังงานจำนวนมากไว้ในถังด้วยเครื่องอัดอากาศขนาดเล็ก
3. อากาศที่อัดมีความต้านทานเชิงของไหลน้อยกว่าจึงสามารถใช้งานได้เร็วกว่าความดันน้ำมัน
4. พลังงานของไหลในรูปอากาศอัดถูกส่งไปขับอุปกรณ์ทางกลไกผ่านท่อ ความเร็วของอุปกรณ์ทางกลสามารถบังคับได้อย่างอิสระด้วยอุปกรณ์บังคับความเร็วและกำลังที่ใช้ขับก็สามารถบังคับได้อย่างอิสระเช่นกันด้วยวาล์วบังคับความดัน
5. ระบบไฮดรอลิกจะเกิดปัญหาจากการรั่วไหล การติดไฟ และความสกปรก แต่ระบบอากาศอัดถ้าสร้างอย่างสมบูรณ์แล้วยากที่จะเกิดปัญหาขึ้นได้
6. โรงงานทั่วไปมักจะเดินท่อลมภายใน โรงงานอยู่แล้วจึงง่ายที่จะหาแหล่งพลังงาน แต่ในกรณีของระบบไฮดรอลิก อุปกรณ์แต่ละตัวต้องใช้กับปั๊มไฮดรอลิกแต่ละตัวและวงจรที่ต้องหมุนเวียนน้ำมัน ต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อสูงขึ้นด้วย
7. ขณะที่ระบบไฮดรอลิกสามารถใช้งานในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง และทนอุณหภูมิได้สูงสุดได้ 60-70 °C แต่ระบบอากาศอัดสามารถใช้งานได้สูงถึงประมาณ 160 °C โดยขึ้นอยู่กับการใช้งานและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีการขยายตัวแบบไอเซนโทรปิก และโพลีโทรปิกของก๊าซอุดมคติ[2]

2.4.1 การขยายตัวแบบไอเซนโทรปิกของก๊าซอุดมคติ

การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี (entropy) นั้นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ มีการถ่ายเทความร้อนในกระบวนการไม่สามารถผันกลับได้ (Irreversible Process) ในทางตรงกันข้ามถ้ากระบวนการที่เกิดขึ้นนั้นไม่มีการสูญเสียความร้อน (Adiabatic Process) และกระบวนการสามารถผันกลับได้ (Reversible Process) ก็จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของเอนโทรปีเกิดขึ้น ซึ่งเราเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการขยายตัวแบบไอเซนโทรปิก (Isentropic Process) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้คือ

จากสมการการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี

$$ds = \left(\frac{\delta Q}{T} \right) \text{ หรือ } \Delta s = s_2 - s_1 = \int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T} \right) \quad (2-1)$$

เนื่องจากในกระบวนการขยายตัวแบบไอเซนโทรปิก เป็นกระบวนการที่ไม่มีการสูญเสียความร้อน

$$\delta Q = 0 \quad (2-2)$$

แทนสมการ (2-2) ลงใน (2-1) จะได้

$$\Delta s = 0 \text{ หรือ } s_1 = s_2 \text{ ค่าคงที่ [kJ/kg.K]} \quad (2-3)$$

ซึ่งก็คือในกระบวนการขยายตัวแบบไอเซนโทรปิก ค่าเอนโทรปีจะมีค่าเท่ากันตลอดทั้งกระบวนการ

กระบวนการขยายตัวแบบไอเซนโทรปิกนี้จะใช้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในทฤษฎีใช้สำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการ ระบบหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานจริง เช่น กังหัน หัวฉีด เป็นต้น เพราะเนื่องจากระบบและอุปกรณ์เหล่านี้ จะทำงานโดยสูญเสียกำลังในรูปแบบของ ความร้อน แรงเสียดทาน

กระบวนการขยายตัวแบบไอเซนโทรปิกของก๊าซในอุดมคติ ยังสามารถใช้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความดัน อุณหภูมิ และปริมาตร ที่เกิดขึ้น ในกระบวนการ

จากสมการ (2-1) ทำการจัดรูปสมการใหม่ จะได้

$$Tds = \delta Q \quad (2-4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการการอนุรักษ์พลังงานของระบบปิด

$$\delta Q - \delta W = dU \quad (2-5)$$

เมื่อ

$$\delta W = PdV \quad (2-6)$$

แทนสมการ (2-4) และ (2-6) ในสมการ (2-5) จะได้

$$TdS = dU + PdV \quad (2-7)$$

หรือ

$$Tds = du + Pdv \quad (2-8)$$

จากนิยามของ เอนทัลปี

$$h = u + Pv \quad (2-9)$$

ดังนั้น

$$dh = du + Pdv + vdP \quad (2-10)$$

แทน (2-8) ลงใน (2-10) จะได้

$$Tds = dh - vdP \quad (2-11)$$

จัดรูปสมการ (2-8) และ (2-11) ใหม่ จะได้

$$ds = \frac{du}{T} + \frac{Pdv}{T} \quad (2-12)$$

$$ds = \frac{dh}{T} - \frac{vdP}{T} \quad (2-13)$$

สำหรับก๊าซในอุดมคติ

$$du = c_v dT \quad (2-14)$$

$$dh = c_p dT \quad (2-15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Pv = RT \quad (2-16)$$

แทน (2-14) และ (2-16) ลงใน (2-12) จะได้

$$ds = c_v \frac{dT}{T} + R \frac{dv}{v} \quad (2-17)$$

อินทิเกรต สมการ(2-17) จะได้

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 c_v(T) \frac{dT}{T} + R \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (2-18)$$

แทน (2-15) และ (2-16) ลงใน (2-13) จะได้

$$ds = c_p \frac{dT}{T} - R \frac{dP}{P} \quad (2-19)$$

อินทิเกรต สมการ(2-19) จะได้

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 c_p(T) \frac{dT}{T} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (2-20)$$

ในกรณีที่ค่าความร้อนจำเพาะมีค่าคงที่ จะได้สมการใหม่คือ

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 c_{v,avg} \frac{dT}{T} + R \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (\text{kJ / kg.K}) \quad (2-21)$$

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 c_{p,avg} \frac{dT}{T} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (\text{kJ / kg.K}) \quad (2-22)$$

จากสมการค่าคงที่ของก๊าซ

$$R = c_p - c_v \quad (2-23)$$

จากสมการอัตราส่วนของค่าความร้อนจำเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$k = \frac{c_p}{c_v} \quad (2-24)$$

แทน (2-24) ลงใน (2-23) จะได้

$$\frac{R}{c_v} = k - 1 \quad (2-25)$$

จากสมการ (2-21) เมื่อ $s_2 - s_1 = 0$ จะได้

$$\ln \frac{T_2}{T_1} = -\frac{R}{c_v} \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (2-26)$$

แทน (2-25) ใน (2-26)

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} \quad (\text{ideal gas}) \quad (2-27)$$

จากสมการ (2-22) เมื่อ $s_2 - s_1 = 0$ จะได้

$$\ln \frac{T_2}{T_1} = -\frac{R}{c_v} \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (2-28)$$

แทน (2-25) ใน (2-28)

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{k-1} \quad (\text{ideal gas}) \quad (2-29)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ (2-25) และสมการ (2-29) จะได้

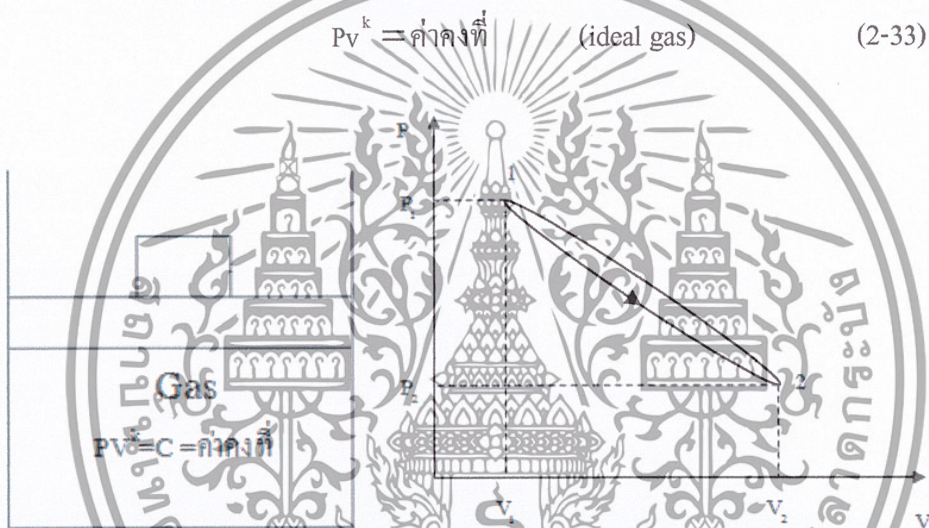
$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k \quad (\text{ideal gas}) \quad (2-30)$$

จากสมการ (2-27) (2-29) และสมการ (2-30) สามารถสรุปได้ดังนี้

$$Tv^{k-1} = \text{ค่าคงที่} \quad (\text{ideal gas}) \quad (2-31)$$

$$TP^{(1-k/k)} = \text{ค่าคงที่} \quad (\text{ideal gas}) \quad (2-32)$$

$$Pv^k = \text{ค่าคงที่} \quad (\text{ideal gas}) \quad (2-33)$$



รูปที่ 2.8 ระบบและแผนภาพสำหรับกระบวนการขยายตัวแบบไอเซนโทรปิก

2.4.2 กระบวนการการขยายตัวแบบโพลีโทรปิกของก๊าซอุดมคติ

กระบวนการขยายตัวแบบนี้เป็นกระบวนการขยายตัวจริงของระบบ โดยในกระบวนการขยายตัวแบบนี้ จะกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ความดัน และปริมาตร ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้

$$PV^n = C \text{ เมื่อ } n \text{ และ } C \text{ เป็นค่าคงที่} \quad (2-34)$$

จัดรูปสมการใหม่ จะได้

$$P = CV^{-n} \quad (2-35)$$

จากสมการของ Boundary Work

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_b = \int_1^2 PdV \quad (2-36)$$

แทน(2-35) ลงใน (2-36) จะได้

$$W_b = \int_1^2 CV^{-n} dV = C \frac{V_2^{-n+1} - V_1^{-n+1}}{-n+1} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{-n+1} \quad (2-37)$$

จากสมการก๊าซในอุดมคติ

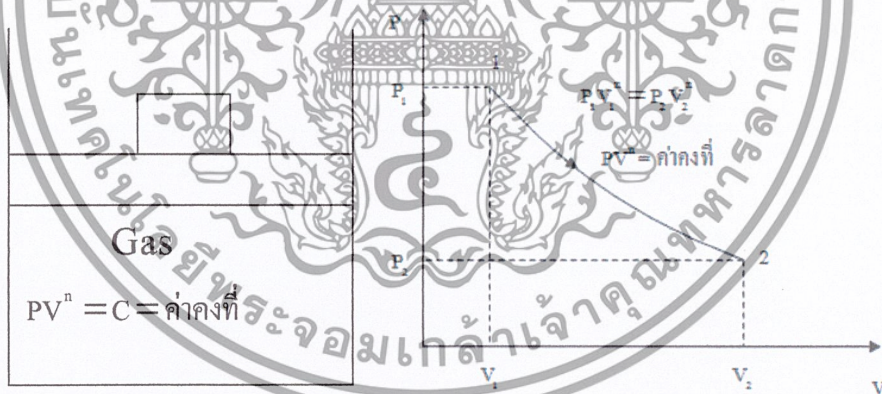
$$PV = mRT \quad (2-38)$$

แทนสมการ และ ใน จะได้

$$W_b = \frac{mR(T_2 - T_1)}{1-n} \quad \text{โดยที่ } n \neq 1 \quad (2-39)$$

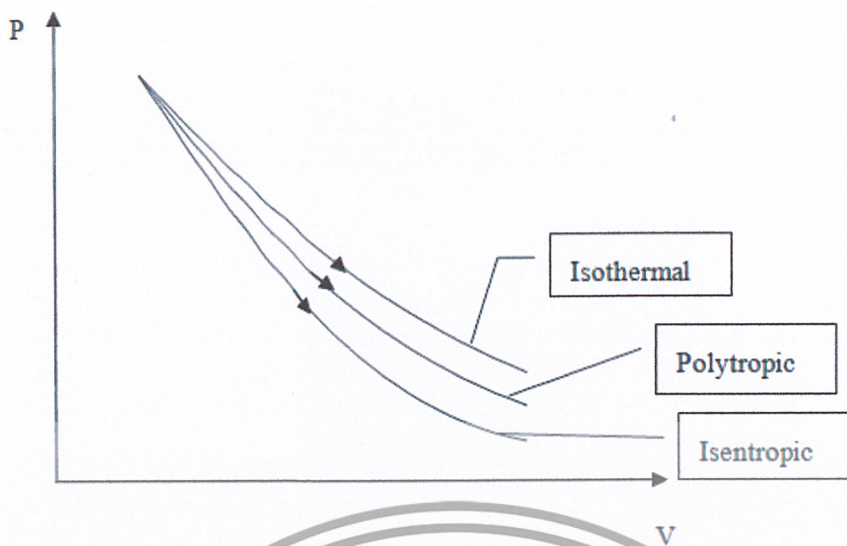
ในกรณีที่ $n=1$ จะได้

$$W_b = \int_1^2 PdV = \int_1^2 CV^{-1} dV = PV \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad (2-40)$$



รูปที่ 2.9 ระบบและแผนภาพสำหรับกระบวนการ โพลีโทรปิกของก๊าซอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แผนภาพ P-v การขยายตัวของกระบวนการต่างๆที่ปริมาตรเดียวกัน กระบวนการแบบไอเซนโทรปิกจะให้งานออกมามากที่สุด และกระบวนการไอโซเทอร์มัลจะให้งานออกมาน้อยที่สุด

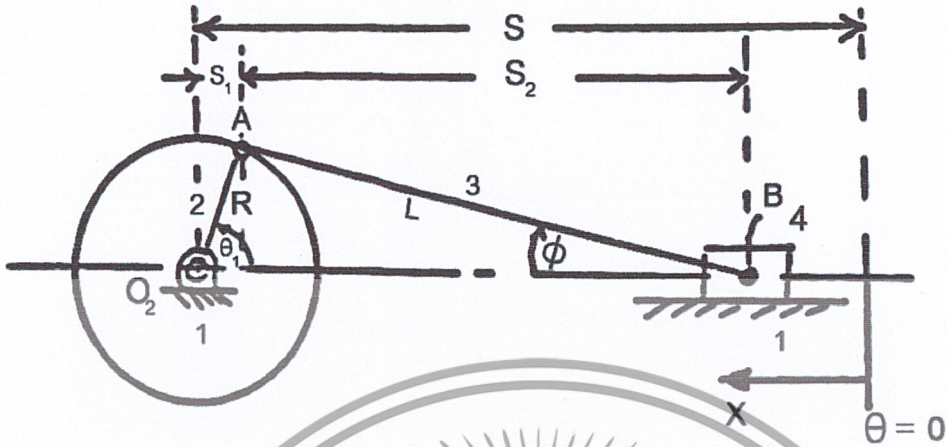


รูปที่ 2.11 แผนภาพ P-v การอัดตัวของกระบวนการต่างๆที่ปริมาตรเดียวกัน

กระบวนการแบบไอเซนโทรปิก(Isentropic) จะต้องการงานมากที่สุด และ กระบวนการไอโซเทอร์มัล (Isothermal) จะต้องการงานน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Slider Crank Mechanism[1]



รูปที่ 2.12 Position Analysis ของ Slider-Crank mechanism

Slider crank mechanism ตามรูปที่ 2.12 มีความยาวของ crank คือ R และ L เป็นความยาวของ connecting rod

X คือ displacement ของ slider 4 วัดจากตำแหน่งที่ slider เคลื่อนที่ได้แก่ที่จุด (เมื่อ $\theta = 0^\circ$)

จากรูป

$$\begin{aligned}
 x &= S - (S_1 + S_2) \\
 &= (R + L) - (R \cos \theta + L \cos \phi) \\
 &= R(1 - \cos \theta) + L(1 - \cos \phi) \\
 &= R(1 - \cos \theta) + L(1 - \sqrt{1 - \sin^2 \phi})
 \end{aligned} \tag{2-41}$$

จากรูป $R \sin \theta = L \sin \phi$

$$\therefore \sin \phi = \frac{R}{L} \sin \theta \tag{2-42}$$

แทน (2) ลงใน (1)

$$x = R(1 - \cos \theta) + L \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{R}{L} \sin \theta\right)^2} \right) \quad (2-43)$$

สมการที่ (3) สามารถลดรูปลงให้เหลือในรูปแบบที่ง่ายต่อการนำไปใช้ โดยการแทนที่

$\sqrt{1 - \left(\frac{R}{L} \sin \theta\right)^2}$ ด้วย binomial series ต่อไปนี้

$$(1 \pm B^2)^{1/2} = 1 \pm \frac{1}{2} B^2 - \frac{B^4}{2 \times 4} = \frac{1 \times 3 B^6}{2 \times 4 \times 6} - \frac{1 \times 3 \times 5 B^8}{2 \times 4 \times 6 \times 8} = \dots$$

$$B = \frac{R}{L} \sin \theta$$

Slider crank mechanism ทั่วๆ ไป อัตราส่วน $\frac{R}{L}$ จะมีค่าอยู่ระหว่าง $\frac{1}{3.5}$ หรือไม่เกินน้อยกว่า ดังนั้น เมื่อ expand เทอมในเครื่องหมาย square root ออกไป จะตัดเพียงแค่ 2 เทอมแรกเท่านั้น ซึ่งก็จะให้ความละเอียดเพียงพอต่อการใช้งานแล้ว

$$\therefore \sqrt{1 - \left(\frac{R}{L} \sin \theta\right)^2} = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{R}{L} \sin \theta\right)^2$$

สมการ (3) จะกลายเป็น

$$x = R(1 - \cos \theta) + L \left(1 - 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{R}{L} \sin \theta\right)^2 \right)$$

$$x = R(1 - \cos \theta) + \frac{R^2}{2L} \sin^2 \theta \quad (2-44)$$

สมการที่ (3) คือ exact equation ของ position analysis สำหรับ slider crank mechanism ส่วนสมการที่

(4) คือ approximate equation ของ position analysis ที่ให้ความละเอียดเพียงพอต่อการใช้งาน และ

จากสมการที่ (4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

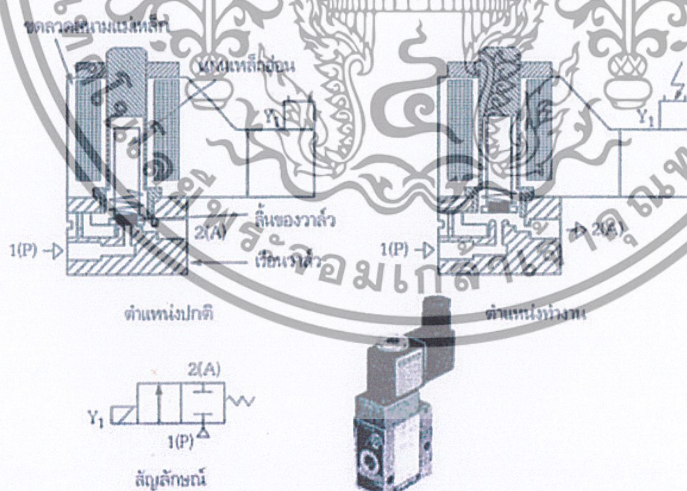
$$\frac{dx}{dt} = v = R\omega \left[\sin \theta + \frac{R}{2L} \sin 2\theta \right] \quad (2-45)$$

และ
$$\frac{d^2x}{dt^2} = a = R\omega^2 \left[\cos \theta + \frac{R}{L} \cos 2\theta \right] \quad (2-46)$$

2.6 การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)[4]

วาล์วที่เลือกใช้ในเครื่องยนต์ คือ โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) เนื่องจากความดันในถังนั้น จะลดลงตลอดเวลาขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน ในขณะที่ความดันลดลงนั้น อัตราส่วนปริมาตรเมื่อสิ้นสุดการขยายตัวปริมาตรอัด (cutoff ratio) ของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้น เพื่อให้เครื่องยนต์ยังคงรักษาประสิทธิภาพในการทำงานได้เท่าเดิม จึงทำให้เวลาในการป้อนอากาศเข้าของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้ต้องเลือกใช้วาล์วที่สามารถกำหนดเวลาในการป้อนอากาศเข้าเครื่องจักรได้อย่างเหมาะสมในทุกๆ ความดันอากาศที่ป้อนเข้าเครื่องยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพในการทำงานได้เท่าเดิม จึงได้เลือกใช้โซลินอยด์วาล์ว เพราะเนื่องจากสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมเวลาในการป้อนอากาศเข้าไปในเครื่องจักรได้อย่างเหมาะสม ในทุกๆ ความดันอากาศที่ป้อนเข้าเครื่องยนต์

โซลินอยด์วาล์ว มีตัวประกอบด้วย ขดลวดเหนี่ยวนำ ตัวโลหะที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มขดลวดเหนี่ยวนำ และกลไกการส่งผ่านของไหล



รูปที่ 2.13 รูปการทำงานพื้นฐานของโซลินอยด์วาล์ว

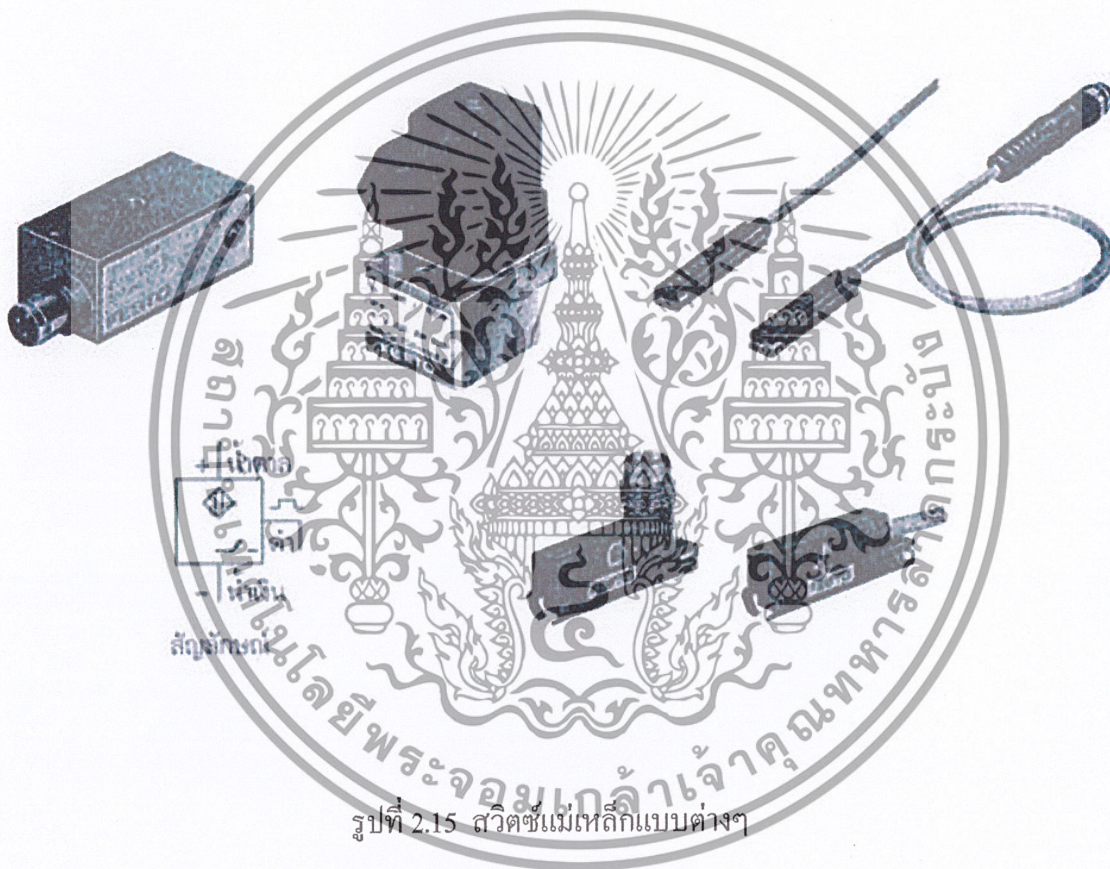
การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดเหนี่ยวนำ จนกลายเป็นแม่เหล็ก โลหะที่ห่อหุ้มขดลวดเหนี่ยวนำ จะทำหน้าที่ส่งกำลังทางกลไปเพื่อควบคุมกลไกการเปิดปิดวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 หลักการทำงาน และการนำไปใช้งาน

ตำแหน่งปกติ เมื่อยังไม่มีอำนาจแม่เหล็กจากลูกสูบ ณ บริเวณที่ติดตั้งรีดสวิตช์ ปุ่มหน้าสัมผัสทั้งสองจะไม่ต่อกันตำแหน่งทำงาน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ทำให้แม่เหล็กที่ติดอยู่ภายในเคลื่อนที่ผ่านรีดสวิตช์ สนามแม่เหล็กที่ลูกสูบจะเหนี่ยวนำให้ปุ่มหน้าสัมผัสทั้งสองต่อกัน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่กลับ รีดสวิตช์หมดอำนาจแม่เหล็ก ปุ่มหน้าสัมผัสจะกลับสู่ตำแหน่งปกติ

การนำไปใช้งาน ติดตั้งที่ตัวลูกสูบแทนการใช้ลิมิตสวิตช์

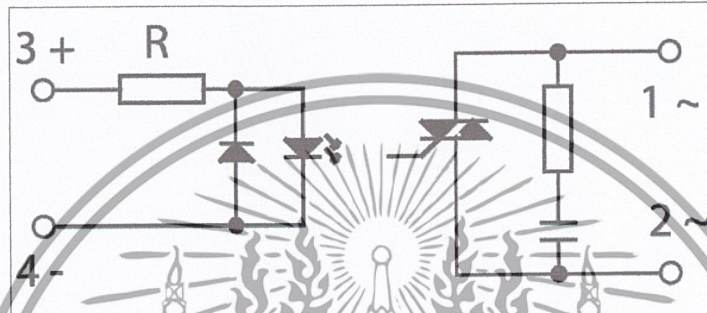


รูปที่ 2.15 สวิตซ์แม่เหล็กแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

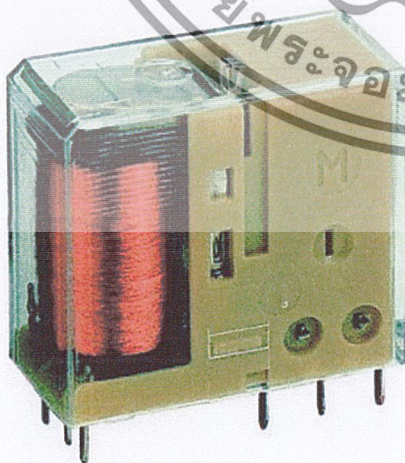
2.8 หลักการทำงานของ Solid State Relay [6]

Solid State Relay คือ การใช้รีเลย์ขับโหลดปกติอาจจะมีปัญหาตามมาหลายๆ อย่าง เช่น การกระชากของไฟรุนแรงเกินไป ตอบสนองช้า สัญญาณรบกวน และอื่นๆ แนวคิดสำคัญ คือ ใช้ไทรแอก BTA41600 แทนรีเลย์ ย่อมนุ่มนวลกว่า ทำงานในความเร็วสูงๆ ได้ดี และทนกระแสเช่นเดียวกับรีเลย์ทั่วไป ส่วนไอซี MOC3041 เป็นไอซีควบคุมการทำงานของไทรแอกซึ่งรับไฟแรงดันต่ำแต่สามารถควบคุมไฟฟ้าแรงดันสูง (ไฟบ้าน) ให้สามารถทำงานได้



รูปที่ 2.16 วงจร Solid State Relay

Solid State Relay หรือเรียกกันอย่างย่อว่า SSR นั้นก็คือ สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์นั่นเอง แต่แตกต่างจาก Relay ทั่วไปที่เป็นแบบ Electromechanical SSR จะไม่มีชิ้นส่วนใดขยับเลย ประเภทของ SSR ได้แก่ photo-coupled SSR, Transformer-Coupled SSR และ Hybrid SSR แสงสว่างที่เกิดจากหลอด LED จะตกกระทบบนที่ photo-sensitive diode ก่อให้เกิดความดันคร่อมระหว่าง MOSFET source และ Gate ส่งผลให้ MOSFET เปิด SSR นั้นจะอยู่บนฐานของ single MOSFET หรือ multiple MOSFETs ที่ทำงานอาร์เรย์แบบขนานจะเหมาะกับ โหลดกระแสตรง



รูปที่ 2.17 Electromechanical แบบเก่า



รูปที่ 2.18 Solid State Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 หลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure Regulator)[7]

2.9.1 หน้าที่ของตัวควบคุมความดัน คือ รักษาความดันด้านใช้งานให้คงที่โดยไม่เปลี่ยนแปลงไปตามความดันของแหล่งผลิตลมอัด และรักษาปริมาณลมอัดในการใช้งานให้คงที่ ซึ่งโดยปกติแล้ว ความดันที่ด้านแหล่งผลิตต้องสูงกว่าความดันที่ด้านใช้งานเสมอ และจะต้องปรับความดันให้เท่ากับความดันใช้งานในระบบนิวเมติกส์ ซึ่งจะแสดงไว้ที่อุปกรณ์นิวเมติกส์ทุกประเภท เพราะหากไม่ปฏิบัติตามแล้ว อาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้ เช่น การทำงานของวงจรเกิดการผิดพลาด อุปกรณ์อาจเกิดการชำรุดเสียหายหรือทำให้อายุการใช้งานสั้นลง



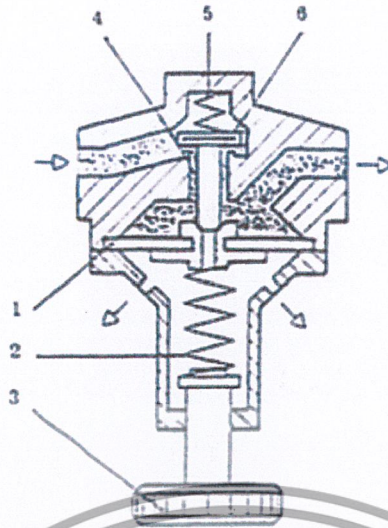
รูปที่ 2.19 แสดงอุปกรณ์ควบคุมความดัน (PRESSURE REGULATOR)

2.9.2 อุปกรณ์ควบคุมแรงดันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ

ก. แบบระบายความดันออกสู่บรรยากาศ

หลักการทำงาน : จากรูป ความดันและปริมาณลมที่ผ่านไปด้านใช้งานจะขึ้นอยู่กับ การปรับแต่งสปริง (3) นั่นก็คือ ถ้าความดันจากแหล่งผลิตสูงขึ้นจะไปกดให้แผ่นไดอะเฟรม (1) ชนแรงสปริง (5) ในขณะที่เดียวกันก้านวาล์ว (6) ก็จะถูกทำให้เลื่อนตามแผ่นไดอะเฟรมลงไปด้วย ทำให้ช่องเปิดวาล์ว (4) มีขนาดเล็กลง และเมื่อความดันด้านที่ทำงานตกลง สปริง (2) ที่จะดันให้แผ่นไดอะเฟรมเลื่อนตัวขึ้น ก้านวาล์ว (6) ก็จะเปิดวาล์วให้ลมอัดไหลผ่านได้มากขึ้น ถ้าความดันด้านใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จะทำให้แผ่นไดอะเฟรมถูกกดลงชนแรงสปริง (2) ที่ดันอยู่ให้ต่ำลงมาก ก้านวาล์ว (6) ก็จะเปิดวาล์วที่แกนของไดอะเฟรมให้ลมอัดระบายผ่านห้องสปริงออกสู่บรรยากาศภายนอก

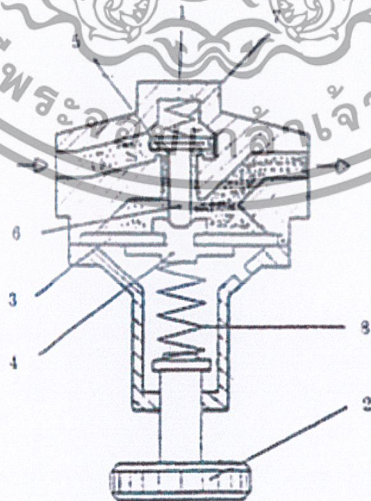
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงอุปกรณ์ควบคุมแรงดันแบบระบายความดันออกสู่บรรยากาศ

จ. แบบไม่มีการระบายความดันออกสู่บรรยากาศ

หลักการทำงาน : ในกรณีที่ความดันจากแหล่งผลิตสูงการทำงานก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกับแบบแรก แต่ กรณีที่ด้านใช้งานไม่มีการใช้งานอากาศจะทำความดันเพิ่มขึ้น ทำให้ไดอะเฟรม (3) กดลงบนสปริง (8) ทำให้สปริง (7) กดวาล์วให้เลื่อนลง ทำให้วาล์วปิดที่ระหว่างทางเข้า และทางออกไปใช้งาน และ เมื่อปริมาณอากาศด้านใช้งานถูกใช้ไป อากาศทางด้านแหล่งผลิตจึงจะสามารถผ่านออกไปได้อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.21 แสดงอุปกรณ์ควบคุมแรงดันแบบไม่มีการระบายความดันออกสู่บรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบการทดลอง

3.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์[8]

เป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงในการจุดระเบิด เครื่องชนิดนี้ มักใช้ในงานตัดแต่งสนามหญ้า เครื่องยนต์เครื่องนี้ที่กลุ่มกระผมได้นำมาทำการตัดแปลงเป็น เครื่องยนต์ที่เสียหายแล้วไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้อีก อันเนื่องมาจากสาเหตุ คือ ลูกสูบตรงส่วน ที่จุดระเบิดเกิดการไหม้ กลุ่มกระผมได้นำเครื่องมาวัดด้วยตัวต่างๆ และสืบค้นหาข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งมี รายละเอียดเป็นดังนี้

รายละเอียด	ข้อมูลจำเพาะ
เครื่องยนต์	เครื่องยนต์ 2 จังหวะ แบบ 1 ลูกสูบ
ความจุ (ซีซี)	24
กำลังต่อเครื่อง (วัตต์)	600
เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (เซนติเมตร)	3.295
ระยะชักของลูกสูบ (เซนติเมตร)	2.8
ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	6000

ตารางที่ 3.1 ขอบเขตการออกแบบชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การหาแรงบิดและกำลังเบรคจากเครื่องยนต์[1]

สำหรับกำลังเบรค หรือกำลังเอาท์พุท ซึ่งเป็นกำลังของเครื่องยนต์จะมีค่าเป็น

$$\text{แรงบิด (Torque) ; } T = F r \quad (3-1)$$

$$T = (W_{s1} - W_{s2})r \quad (3-2)$$

เมื่อ W_{s1} = แรงดึงจากสปริงตัวที่ 1 [N]

W_{s2} = แรงดึงจากสปริงตัวที่ 2 [N]

r = รัศมีของพูเลย์ [m]

$$\text{กำลังเบรค ; } P = T \omega \quad (3-3)$$

$$P = 2 \pi N T / 60$$

N = รอบการหมุนต่อนาที [rpm]

$$\omega = 2 \pi N / 60 \text{ [rad / sec]} \quad (3-4)$$

3.3 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงอากาศ

3.3.1 ปริมาณอากาศในส่วนของถังบรรจุก๊าซ

$$\text{จากสมการ : } PV = m_T RT \quad (3-5)$$

$$\text{ใบขนาด 200 L : } m_T = PV/RT$$

$$m_T = (1000 \cdot 0.2) / (0.287 \cdot 303)$$

$$m_T = 2.3 \text{ kg}$$

เมื่อ P คือความดันภายในถัง = 10 bar [2000 kPa]

V คือปริมาตรถังบรรจุก๊าซ = 200 L [0.2 m³]

R คือค่าคงที่ของแก๊ส = 0.287 kJ/kg*K

T คืออุณหภูมิของอากาศ = 303 K

m_T คือปริมาณอากาศในถัง kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ปริมาณอากาศขณะอยู่ที่ความดันบรรยากาศในส่วนองดังบรรจุอากาศ

$$\text{จากสมการ : } PV = m_0RT \quad (3-6)$$

$$\text{ใบขนาด 200 L : } m_0 = PV/RT$$

$$M_0 = (101 \cdot 0.2) / (0.287 \cdot 303)$$

$$M_0 = 0.23 \text{ kg}$$

เมื่อ P คือความดันภายในถัง = 1.01 bar [101 kPa]

V คือปริมาตรถังบรรจุอากาศ = 200 L [0.2 m³]

R คือค่าคงที่ของแก๊ส = 0.287 kJ/kg·K

T คืออุณหภูมิของอากาศ = 303 K

m₀ คือปริมาณอากาศในถัง ณ ความดันบรรยากาศ kg

3.3.3 ปริมาณการฉีดอากาศที่ฉีดเข้าที่ความดันต่างๆ

$$\text{จากสมการ } \int_{v_0}^{v_1} PdV = mRT \quad (3-7)$$

เนื่องจากเป็นจังหวะที่การป้อนความดันเข้าสู่กระบอกสูบด้วยความดันคงที่ ดังนั้นจากสมการ (3-7) จะได้

$$P(v_1 - v_0) = mRT \quad (3-8)$$

$$m = \frac{P(v_1 - v_0)}{RT}$$

$$m = \frac{800(7.2 \times 10^{-6} - 1.7 \times 10^{-6})}{0.287 \times 303}$$

$$m = 5.1 \times 10^{-5}$$

เมื่อ P คือ ความดันที่โซลินอยด์วาล์วฉีด ไซ้ที่ความดัน 8 bar [800 kPa]

V₀ คือปริมาตรของกระบอกสูบที่TDC เท่ากับ 0.0000017 m³

V₁ คือปริมาตรของกระบอกสูบตรงตำแหน่งที่หยุดป้อนอากาศให้เครื่องยนต์
[แสดงในหัวข้อ 3.4]

R คือค่าคงที่ของแก๊ส เท่ากับ 0.287 kJ/kg·K

T คืออุณหภูมิของอากาศ เท่ากับ 303 K

m คือปริมาณอากาศที่ฉีดในหนึ่งวัฏจักร kg/cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 นำ m ที่ได้หาอัตราการฉีดอากาศได้

$$\text{จาก : อัตราการฉีดอากาศ (kg/sec)} = m * N / 60 \quad (3-9)$$

$$\dot{m} = \frac{m \times N}{60}$$

$$\dot{m} = \frac{5.1 \times 10^{-5} \times 1125}{60}$$

$$\dot{m} = 9.6 \times 10^{-4}$$

เมื่อ N คือความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm)

\dot{m} คืออัตราการฉีดอากาศ (kg/sec)

ค่าอัตราการฉีดที่ได้ เป็นค่าที่ไม่มีภาวะ ความเร็วรอบความเร็วที่ใช้จึงเป็น 1125 rpm ที่ความดัน 8 bar

3.3.5 เวลาที่สามารถใช้งานได้

$$\text{Time (t)} = (m_T - m_0) / \dot{m} \quad (3-10)$$

$$t = (2.3 - 0.23) / (9.6 \times 10^{-4})$$

$$t = 2156$$

หรือ $2156/60 = 36$ นาที

เมื่อ t = เวลาที่รถสามารถวิ่งได้ (sec)

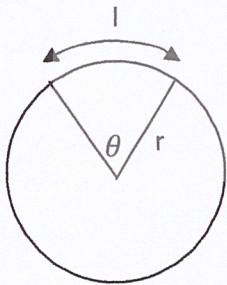
m_T = ปริมาณอากาศในถังอัดอากาศ (kg)

m_0 = ปริมาณอากาศในถังอัดอากาศ ที่ความดันบรรยากาศ (kg)

\dot{m} = อัตราการฉีดอากาศ (kg/min) ที่ 100 bar

3.4 วิธีหาปริมาตรของกระบอกสูบตรงตำแหน่งที่หยุดป้อนอากาศให้เครื่องยนต์ (V_1)

แนวคิด: หาช่วงมุมที่ทำการป้อนอากาศเข้า จากความยาวของแถบแม่เหล็ก



หามุม

$$\theta = \frac{l}{r}$$

$$\theta = \frac{4}{4.5}$$

$$\theta = 0.89$$

เมื่อ θ คือมุม (rad)

l คือความยาวเส้นรอบรูป (cm)

r คือรัศมีของล้อช่วยแรง (cm)

แปลง rad เป็น องศา

$$0.89 * 180 / \pi = 51 \text{ องศา}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตรหาตำแหน่งลูกสูบของ slider crank

$$x_p = R + L - R \cos \theta - \sqrt{L^2 - R^2 \sin^2 \theta} \quad (3-11)$$

$$x_p = 1.4 + 5.1 - 1.4 \cos 51 - \sqrt{5.1^2 - 1.4^2 \sin^2 51}$$

$$x_p = 0.64$$

เมื่อ x_p คือ ระยะที่จากตำแหน่งศูนย์ตายบน (cm)

R คือ ความยาวจากจุดศูนย์กลางของ connecting rod ที่ต่อกับ crank shaft จนถึงจุดศูนย์กลางแกนของ crank shaft (cm)

L คือ ความยาวของ connecting rod (cm)

θ คือ มุมที่ทำกับระนาบการเคลื่อนที่ของลูกสูบ (องศา)

หาปริมาตรของลูกสูบขณะนั้น (V_1)

$$V_1 = V_x + V_c \quad (3-12)$$

$$V_1 = \frac{\pi \times d^2}{4} \times x_p + V_c$$

$$V_1 = \frac{\pi \times (3.295 \times 10^{-2})^2 \times 0.64 \times 10^{-2}}{4} + 1.7 \times 10^{-6}$$

$$V_1 = 5.5 \times 10^{-6}$$

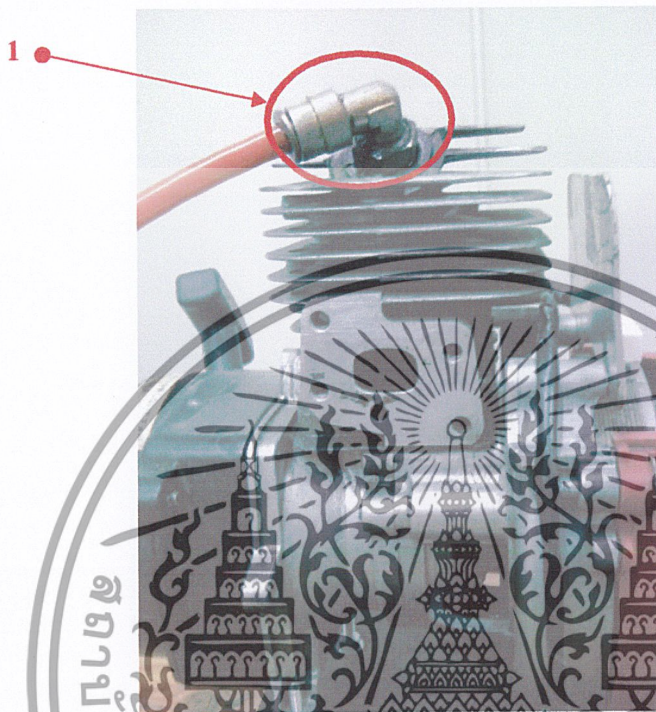
เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรของกระบอกสูบตรงตำแหน่งที่หยุดป้อนอากาศให้เครื่องยนต์ (m^3)

V_x คือ ปริมาตรขณะเคลื่อนที่ได้ (m^3)

V_c คือ ปริมาตร ณ จุดศูนย์ตายบน (m^3)

d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกสูบ (m)

3.5 การตัดแปลงเครื่องยนต์สองจังหวะแบบหนึ่งสูบจากเครื่องยนต์สันดาปภายในให้เป็นเครื่องยนต์ที่มีอากาศอัดเป็นต้นกำลัง



รูปที่ 3.1 การตัดแปลงเครื่องยนต์สันดาปภายในให้เป็น เครื่องยนต์ที่ใช้อากาศอัดเป็นต้นกำลัง

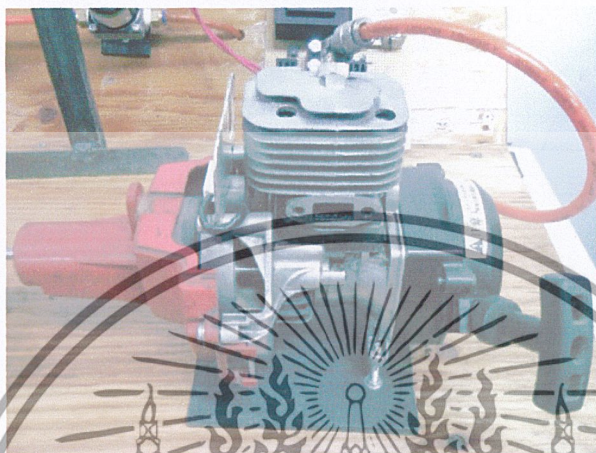
หมายเลข 1. การตัดแปลงเครื่องยนต์จากเครื่องยนต์สันดาปภายในให้เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้
อากาศอัดเป็นต้นกำลังจะเปลี่ยนจากหัวเทียนให้เป็นช่องลมเข้าโดยใช้ข้อต่อลมที่มีเกลียวเท่ากับเกลียว
ของหัวเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การเลือกและกำหนดขนาดของอุปกรณ์

3.6.1 อุปกรณ์

3.6.1.1 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ 1 สูบ (เครื่องยนต์เครื่องตัดหญ้า)



รูปที่ 3.2 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ 1 สูบ (ที่มา: ภาพจากการทดลอง)

3.6.1.2 สวิตช์แม่เหล็ก (Security Magnetic Switch)



รูปที่ 3.3 สวิตช์แม่เหล็ก (Security Magnetic Switch) (ที่มา: ภาพจากการทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1.3 อุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure Regulator)



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure Regulator) (ที่มา: ภาพจากการทดลอง)

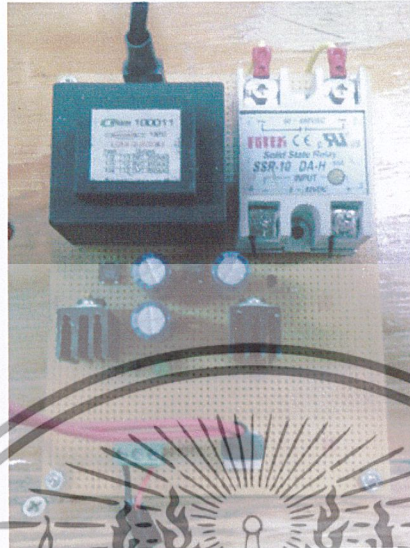
3.6.1.4 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)



รูปที่ 3.5 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) (ที่มา: ภาพจากการทดลอง)

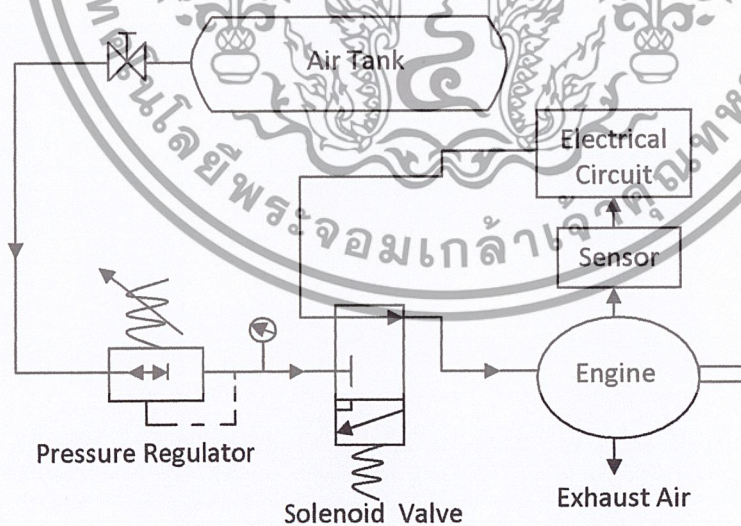
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1.5 ชุดควบคุมโซลีนอยด์วาล์ว



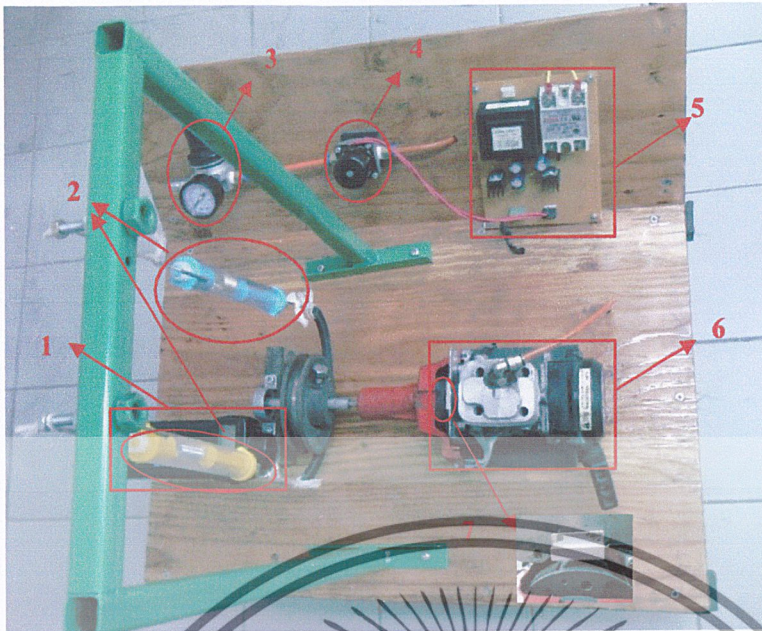
รูปที่ 3.6 ชุดควบคุมโซลีนอยด์วาล์ว (ที่มา: ภาพจากการทดลอง)

3.7 ระบบควบคุมชุดการทดลอง



รูปที่ 3.7 ระบบนิวมติกส์ และการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

หมายเลข 1. คือ อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ (Tachometer)

หมายเลข 2. คือ ตาชั่งสปริง 1 กิโลกรัม และ ตาชั่งสปริง 3 กิโลกรัม

หมายเลข 3. คือ อุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure Regulator)

หมายเลข 4. คือ โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

หมายเลข 5. คือ ชุดควบคุม โซลินอยด์วาล์ว

หมายเลข 6. คือ เครื่องยนต์ 2 จังหวะ แบบ 1 สูบ

หมายเลข 7. คือ สวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch)

หลักการการทำงานของชุดการทดลอง

3.7.1 เมื่อลมถูกปล่อยออกจากถังอากาศแรงดันสูงจะถูกควบคุมความดัน โดย Pressure Regulator ซึ่งมีช่วงความดันที่ 1-10 บาร์

3.7.2 อากาศจะไหลเข้าโซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมให้จ่ายลมเป็นจังหวะโดยการเปิด-ปิดวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 ลมเข้าสู่เครื่องยนต์เพื่อไปขับเคลื่อนปั๊มจะทำได้กำลังไปหมุนล้อช่วยแรง

3.7.4 ตัวเครื่องยนต์จะติด Sensor ตรวจจับแม่เหล็ก (Security Magnetic Switch) บนล้อช่วยแรง

3.7.5 เมื่อ Sensor ตรวจจับแม่เหล็กได้จะส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วให้มีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของล้อช่วยแรง

3.7.6 โซลินอยด์วาล์วจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การดำเนินการและการทดลอง

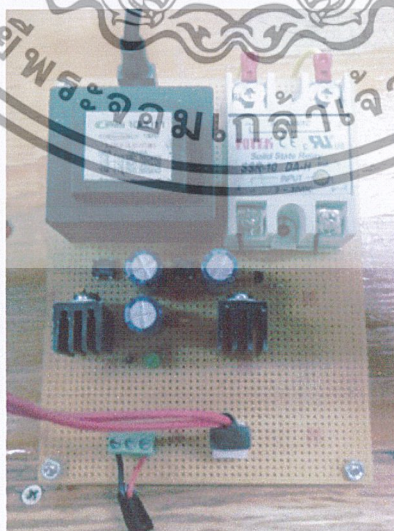
4.1 การดำเนินการ

ทำการสั่งซื้ออุปกรณ์ที่ต้องใช้กับเครื่องยนต์ และทดลองต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับตัวถัง อัดอากาศ และเครื่องยนต์ จากนั้นทำการลองทดสอบให้เครื่องยนต์สามารถเริ่มทำงานได้ และตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งแก้ไขให้สามารถทำงานได้ แล้วจึงทำการทดสอบเครื่องยนต์

4.1.1 การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

4.1.1.1 เนื่องจากมีปัญหาเรื่องงบประมาณในการจัดซื้อแบตเตอรี่ กลุ่มกระผมจึงทำการแก้ไขด้วยการใช้วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ให้เป็นกระแสตรงตามที่ต้องการ อีกทั้งยังตัดปัญหาในเรื่องการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มอีกด้วย

4.1.1.2 เนื่องจาก Magnetic Switch ที่ใช้ ต้องการไฟเลี้ยงกระแสตรง 15 โวลต์ ดังนั้นสามารถใช้อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าจากข้อ 4.1.1.1 แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นกระแสตรง 15 โวลต์ เพื่อให้ Magnetic switch ทำงานได้



รูปที่ 4.1 รูปวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3 เนื่องจากในวงจรของ Magnetic Switch ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์ ไม่สามารถใช้ร่วมกับ Solenoid Valve ได้ เพราะ Solenoid Valve ตัวนี้ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ ดังนั้นจึงต้องใช้ Relay มาเป็นตัวช่วยให้วงจร Magnetic Switch ที่ใช้ไฟฟ้า 15 โวลต์ ทำงานร่วมกับ Solenoid Valve ที่ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ ได้ เนื่องจากกลุ่มกระผมได้ลองทำการใช้ Relay แบบธรรมดา พบว่า Relay แบบธรรมดาไม่สามารถตอบสนองได้ที่ความเร็วสูงๆได้ กลุ่มกระผมจึงเลือกใช้ Solid State Relay แทน เพราะสามารถทำงานได้ที่ความเร็วรอบสูงๆได้



รูปที่ 4.2 รูป Solid State Relay

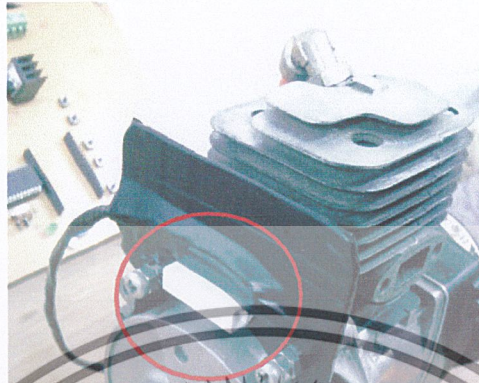
การดำเนินการ

1. นำ Magnetic Switch ติดตั้งที่ด้านบนของกล่องช่วยแรงของเครื่องยนต์
2. นำ Magnetic Switch ไปเชื่อมเข้ากับวงจร 15 โวลต์ ที่ทำการแปลงไฟเรียบร้อยแล้ว
3. ต่อวงจรที่มีไฟเลี้ยง 15 โวลต์ เข้ากับด้าน input ของ Solid State Relay
4. ต่อ Solenoid Valve เข้ากับวงจรที่มีไฟเลี้ยง 220 โวลต์
5. ต่อวงจรที่มีไฟเลี้ยง 220 โวลต์ เข้ากับด้าน output ของ Solid State Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.2.1 ติดตั้งเครื่องยนต์ และเซ็นเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กให้ถูกจุดอยู่ในตำแหน่งที่ศูนย์ตายบน



รูปที่ 4.3 การติดตั้งMagnetic Switch บริเวณด้านบนของล้อช่วยแรง

4.2.2 ต่อชุดอุปกรณ์ทดสอบหากำลังเบรคเข้ากับเครื่องยนต์ประกอบด้วย สายพาน เชือก วงลื้อ ตาขึงสปริง



รูปที่ 4.4 ติดตั้งชุดอุปกรณ์หากำลังเบรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ถ่ายอากาศความดันสูงเข้าสู่เครื่องยนต์ ที่ความดันอากาศทางเข้าเท่ากับ 3 บาร์ เพื่อให้เครื่องยนต์เริ่มทำงาน

4.2.4 วัดความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะคงที่ โดยใช้อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ Tachometer และทำการจดบันทึก



รูปที่ 4.5 ตำแหน่งอุปกรณ์ที่ใช้ปรับความดันและวัดความเร็วรอบ

4.2.5 อ่านค่าแรงดึงที่วัดได้จากตาชั่งสปริง และทำการจดบันทึก

4.2.6 ทำการทดลองซ้ำข้อ 4-5 จนกระทั่งเครื่องยนต์หยุดหมุน

4.2.7 ถ่ายอากาศเพิ่มความดันเข้าสู่เครื่องยนต์ไปเรื่อยๆจนเครื่องยนต์ทำงานที่ความดันอากาศเข้าเพิ่มขึ้นจาก 3-8 บาร์

4.2.8 ทำการทดลองซ้ำข้อ 4-7 จนกระทั่งเครื่องยนต์หยุดหมุน

บทที่ 5

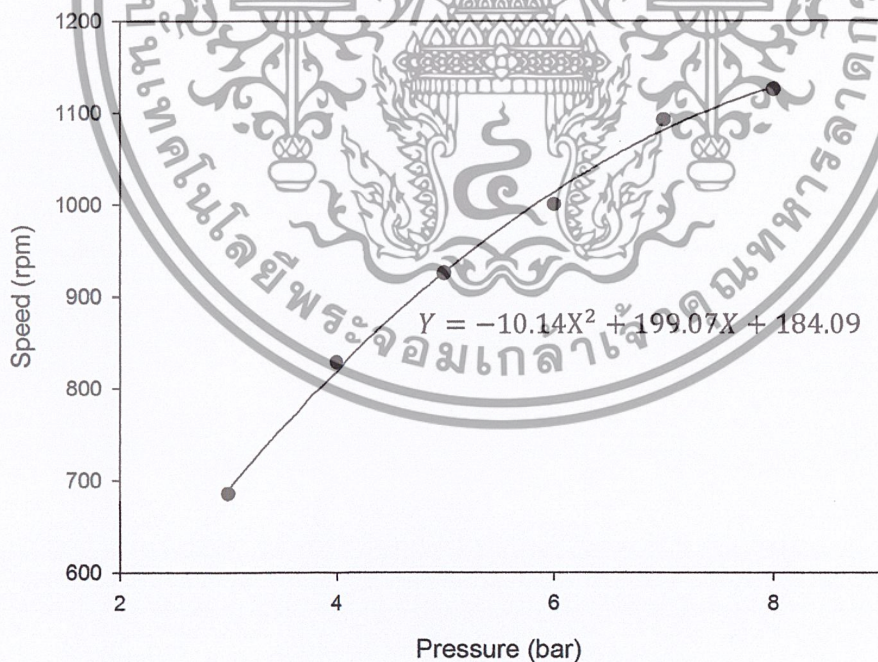
ผลการทดลอง

5.1 สมรรถนะของเครื่องจักรขับเคลื่อนด้วยอากาศ

ค่าของผลที่ได้จากการทำตามขั้นตอนการทดลอง จะแสดงไว้ในตาราง ก.1.1.1 ถึง ตาราง ก.1.3.6 ที่ภาคผนวก ก. แต่ผลต่อไปนี้จะแยกพิจารณา

5.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความดันที่ป้อนเข้ากระบอกสูบ

จากการวัดความเร็วรอบที่ความดันต่างๆ โดยยังไม่ทำการเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ ผลการวัดความเร็วรอบที่ความดันต่างๆ จะแสดงในตาราง ก.2 ที่ภาคผนวก ก. ซึ่งนำผลมาวาดกราฟ ได้เป็นดังนี้



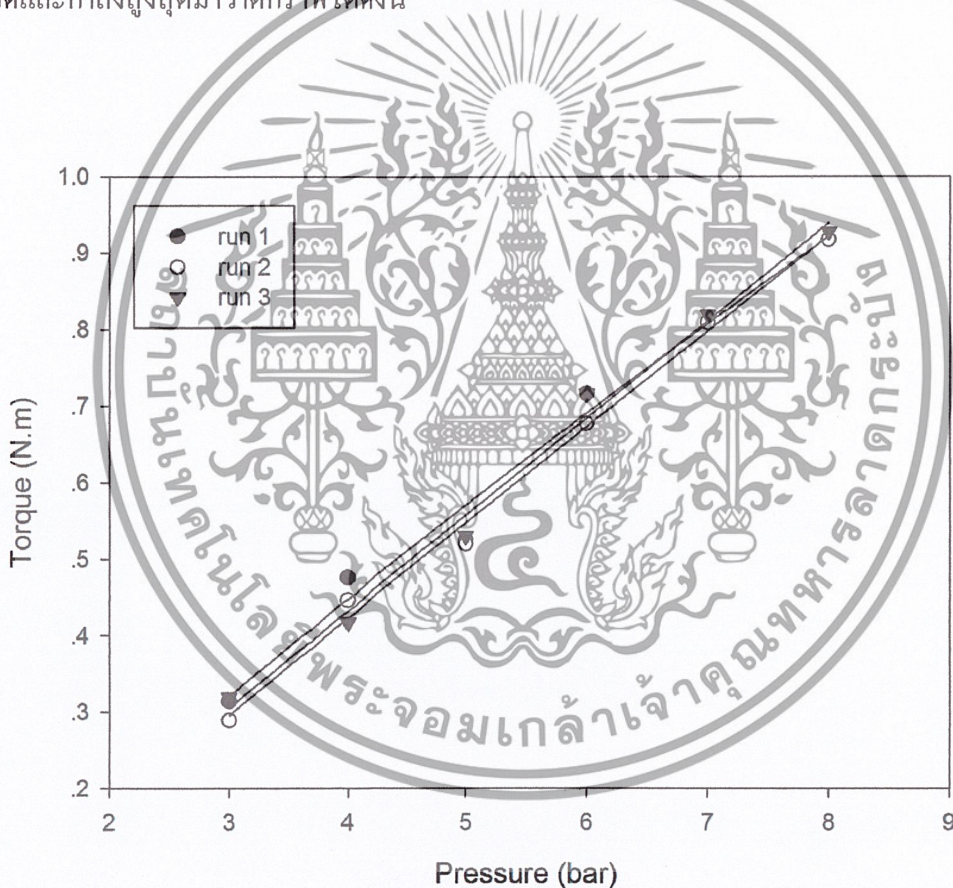
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ที่ความดัน 3 บาร์ ขึ้นไปจนถึงความดันที่เครื่องอัดอากาศ สามารถอัดได้นั่นก็คือที่ความดัน 8 บาร์ จะได้ความเร็วรอบต่ำสุด 685.5 รอบต่อนาที และ ได้ความเร็วรอบสูงสุด 1125 รอบต่อนาที โดยความเร็วรอบจะแปรผันตามความดันที่ป้อนเข้ามา ยิ่งเพิ่มความดันมากขึ้น จะได้ความเร็วรอบที่สูงขึ้นตามไปด้วย

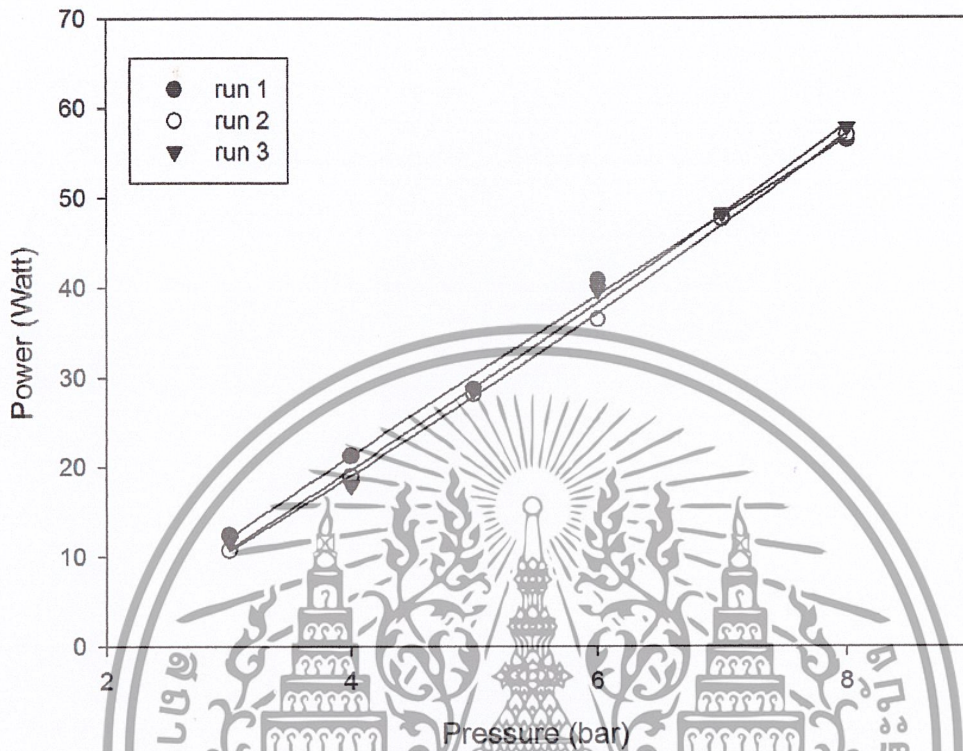
5.1.2 ตรวจสอบวิธีการวัดหาค่ากำลังเบรค

โดยการทำการทดสอบหาค่ากำลังเบรคทั้งหมด 3 ครั้ง ด้วยกันแล้วเปรียบเทียบดูว่า ค่าที่ได้จากการวัดด้วยวิธีนี้เป็นยังไงบ้าง ผลที่ได้จะแสดงไว้ในตาราง ก.3 ถึงตาราง ก.4 ที่ ภาคผนวก ก. นำค่าแรงบิดและกำลังสูงสุดมาวาดกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับแรงบิด จากการวัดค่า 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

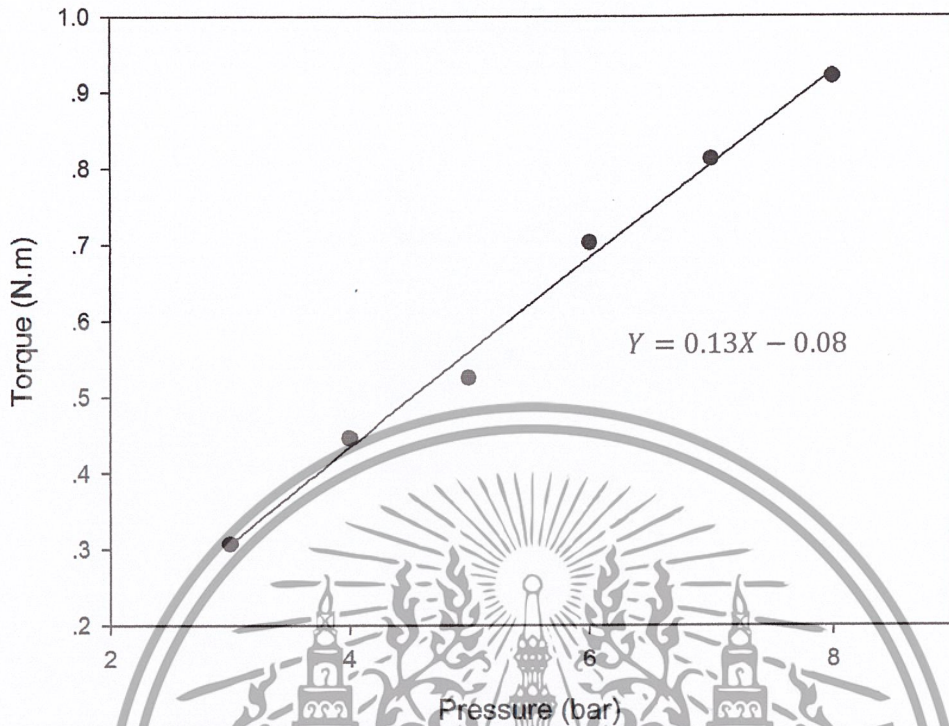


รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับกำลัง จากการวัดค่า 3 ครั้ง

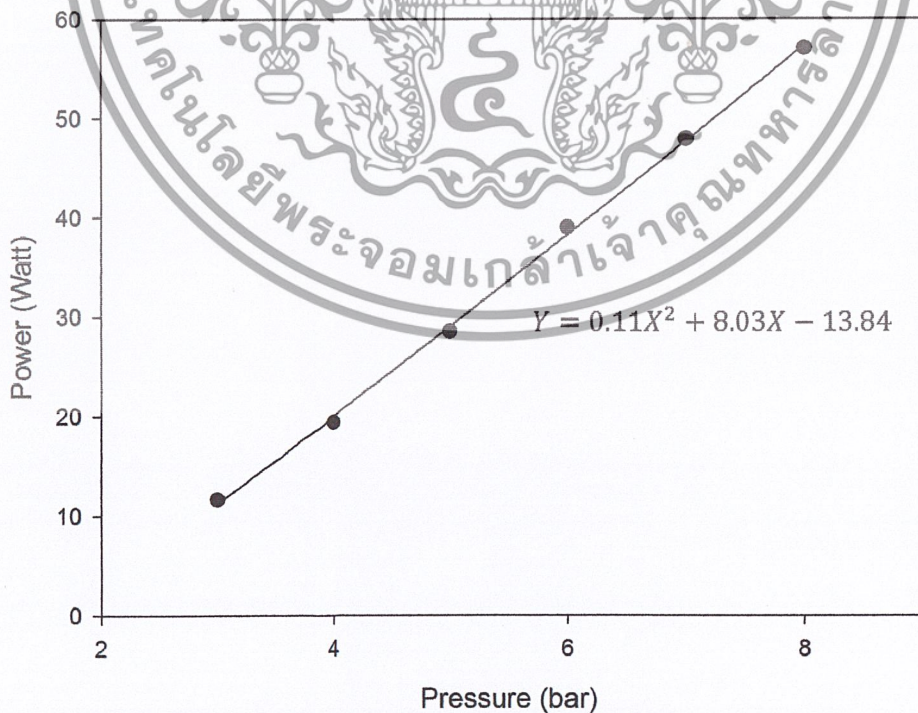
จากกราฟความสัมพันธ์ของแรงบิดและกำลังของการทดสอบทั้ง 3 ครั้งที่มีความดันต่างๆ จะเห็นว่า ค่าที่ได้ จะเกาะกลุ่มและใกล้เคียงกัน ทำให้ทราบว่า การวัดหาแรงบิดและกำลังด้วยวิธีนี้มีความคาดเคลื่อนไม่มาก

5.1.3 ดูความสัมพันธ์ทั้งแรงบิดและกำลังกับความดัน

โดยใช้ค่าของแรงบิดและกำลังเครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบ 3 ครั้งที่มีความดันต่างๆ นำมาเฉลี่ย ผลการเฉลี่ย จะแสดงในตาราง ก.5 ที่ภาคผนวก ก. ซึ่งนำผลที่ได้มาวาดกราฟได้เป็นดังนี้



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดโดยเฉลี่ยกับความดัน



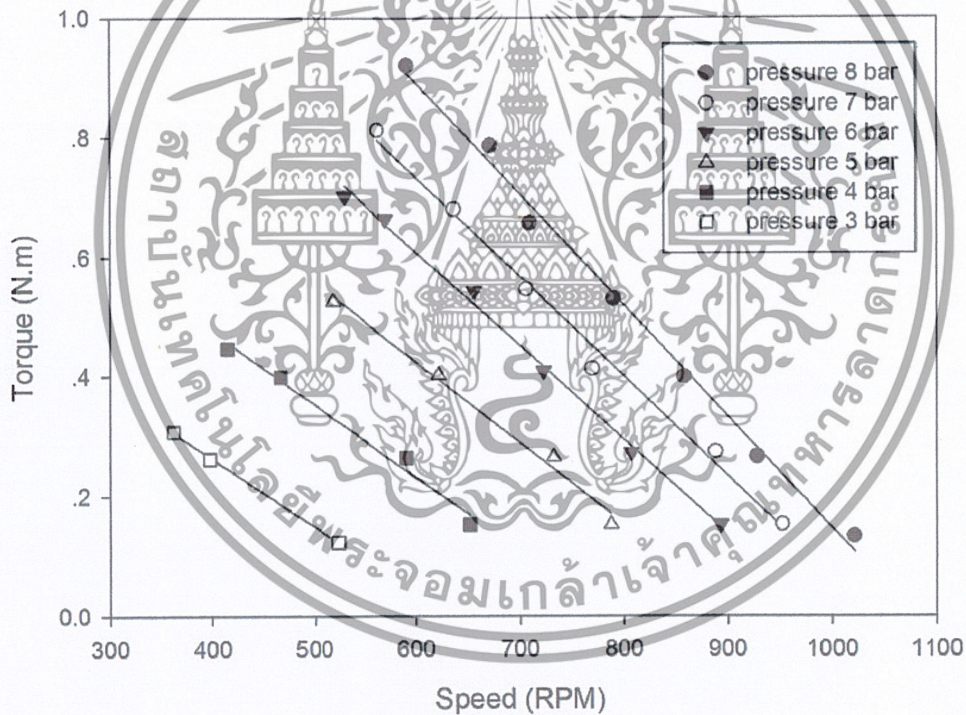
รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังโดยเฉลี่ยกับความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟความสัมพันธ์ของแรงบิดเฉลี่ยและกำลังเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ จะเห็นได้ว่า ทั้งแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ต่างๆก็แปรผันตามความดันที่ป้อนเข้าสู่กระบอกสูบ คือ ยิ่งเพิ่มความดันขึ้น แรงบิดและกำลังที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน

5.1.4 ความสัมพันธ์ของทั้งแรงบิดและกำลังกับความเร็วยรอบ

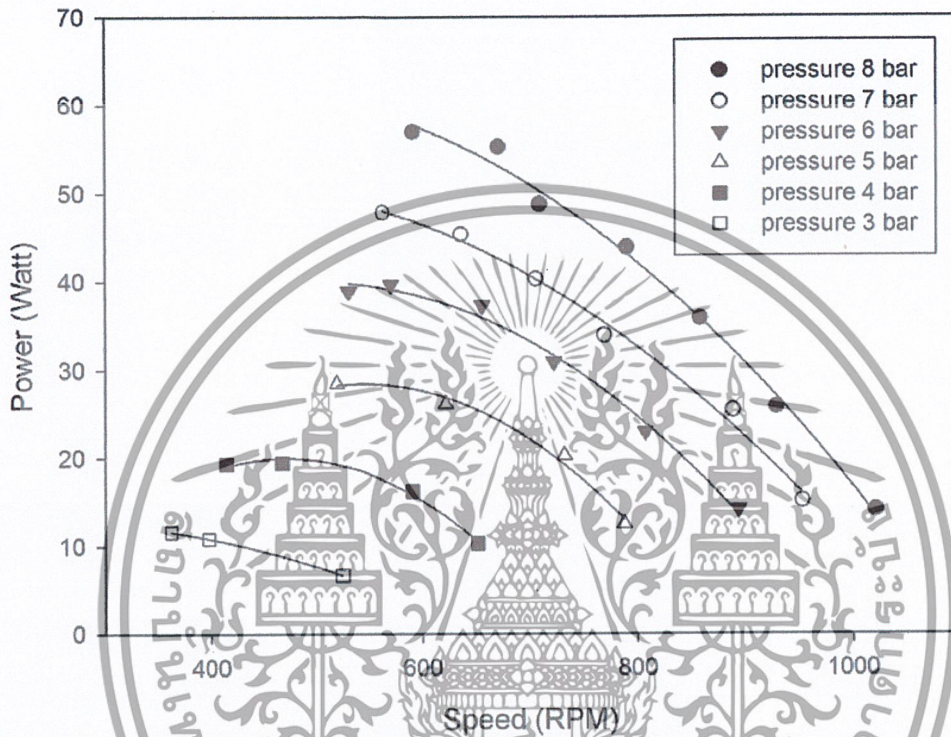
โดยใช้ค่าที่ได้จากการทดสอบหาแรงบิดและกำลังของการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง ที่ค่อยๆเพิ่มแรงขึ้น นำมาเฉลี่ยทั้งค่าของแรงบิด ค่าของกำลัง และ ค่าของความเร็วยรอบ ซึ่งผลจากการเฉลี่ยจะถูกแสดงไว้ในตาราง ก.1.4.1 ถึง ตาราง ก.1.4.6 ที่ ภาคผนวก ก. แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวาดกราฟได้เป็นดังนี้



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเฉลี่ยกับความเร็วยรอบเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ

จากกราฟความสัมพันธ์ของแรงบิดเฉลี่ยกับความเร็วยรอบเฉลี่ยที่ความดันต่างๆจะเห็นได้ว่า จะเหมือนที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ว่า ยิ่งเพิ่มความดันขึ้น แรงบิดที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกันในที่นี้จะได้แรงบิดต่ำสุด ที่ความดัน 3 บาร์ โดยได้ค่าแรงบิดเท่ากับ 0.12 นิวตัน-เมตร ที่ความเร็วยรอบ

523 รอบต่อนาที และ ได้แรงบิดสูงสุด ที่ความดัน 8 บาร์ โดยได้ค่าแรงบิดเท่ากับ 0.92 นิวตัน-เมตร ที่ ความเร็วรอบ 591.4 รอบต่อนาที



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเฉลี่ยกับความเร็วรอบเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ

จากกราฟความสัมพันธ์ของกำลังเฉลี่ยกับความเร็วรอบเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ จะเห็นได้ว่า จะเหมือนที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ว่า ยิ่งเพิ่มความดันขึ้น กำลังที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน ในที่นี้จะ ได้กำลังต่ำสุด ที่ความดัน 3 บาร์ โดยได้ค่ากำลังเท่ากับ 7 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 523 รอบต่อนาที และ ได้กำลังสูงสุด ที่ความดัน 8 บาร์ โดยได้ค่ากำลังเท่ากับ 57 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 592 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาและออกแบบชุดการทดลองเครื่องยนต์สองจังหวะแบบหนึ่งสูบทำให้สามารถใช้งาน ได้กับอากาศอัดเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ได้
2. จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าความเร็วรอบจะแปรผันตามความดันที่ป้อนเข้าโดยได้ความเร็ว รอบสูงสุดที่ประมาณ 1,125 รอบต่อนาที ที่ความดัน 8 บาร์
3. ค่าแรงบิดของตัวเครื่องจะแปรผันตามค่าความดันของอากาศที่ป้อนให้กับตัวเครื่อง โดยได้ค่าแรงบิด สูงสุดประมาณ 1 นิวตัน-เมตร
4. เมื่อเราเพิ่มค่าความดันของอากาศมากขึ้นกำลังของตัวเครื่องก็จะเพิ่มสูงตามไปด้วย โดยได้กำลัง สูงสุดประมาณ 57 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง จะพบว่าความเร็วรอบสูงสุดของเครื่องจักร ประมาณ 1125 รอบต่อนาที ซึ่งเครื่องยนต์ก่อนที่ทำการดัดแปลงนั้นสามารถทำความเร็วรอบสูงสุดประมาณ 6000 รอบต่อนาที เนื่องจากการใช้วาล์วลิ้นเล็กทรอนิกส์เป็นตัวจ่ายอากาศนั้น ถูกจำกัดด้วยความเร็วในการตอบสนอง การเปิดและปิด ทำให้เครื่องจักรนั้นมีความเร็วรอบต่ำ

แรงบิดสูงสุดของเครื่องจักรขับเคลื่อนด้วยอากาศนั้นมีค่าประมาณ แรงบิด 1 นิวตัน-เมตร ซึ่งมีค่าน้อย เนื่องจาก ขนาด orifice ของวาล์วลิ้นเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็ก ทำให้ความดันภายในการ กระบอกลูกสูบเมื่อเครื่องจักรทำงานนั้นมีค่าน้อยกว่าความดันที่ต้องการ ดังนั้นในการพัฒนาเครื่องจักร ขับเคลื่อนด้วยอากาศ ควรเลือกใช้วาล์วลิ้นอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีขนาดของ Orifice ขนาดใหญ่ เพื่อให้ อากาศอัดสร้าง ความดันในกระบอกลูกสูบทันตามที่ต้องการ และควรติดเซนเซอร์วัดความดันภายใน กระบอกลูกสูบเพื่อนำผลการทดลองนั้นมาวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตาราง ก.1.1.1 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 8 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
8 bar	300	30	1000	0.132	13.823
	600	60	924	0.265	25.642
	900	90	857.4	0.397	35.645
	1200	120	800.5	0.53	44.429
	1500	160	710.1	0.657	48.856
	1800	200	666.4	0.785	54.781
	2100	230	586.7	0.917	56.34

ตาราง ก.1.1.2 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 7 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
7 bar	300	30	960.7	0.132	13.28
	600	50	904.4	0.27	25.571
	900	60	807.8	0.412	37.009
	1200	90	705.2	0.544	40.174
	1500	110	624.2	0.682	44.58
	1800	150	564.3	0.809	47.807

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.1.3 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 6 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
6 bar	300	30	924	0.132	12.772
	600	60	819.3	0.265	22.736
	900	80	750.9	0.402	31.611
	1200	110	667.6	0.545	38.101
	1500	140	575	0.667	40.163
	1620	160	544.4	0.716	40.819

ตาราง ก.1.1.4 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 5 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
5 bar	300	30	801.5	0.132	11.079
	600	60	749.4	0.265	20.796
	900	80	622.5	0.402	26.206
	1200	130	522.6	0.525	28.731

ตาราง ก.1.1.5 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 4 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
4 bar	300	30	693.5	0.132	9.586
	600	70	598.9	0.26	16.306
	900	90	463.1	0.397	19.253
	1080	110	426.5	0.476	21.26

ตาราง ก.1.1.6 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความดัน 3 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
3 bar	300	30	512.7	0.132	7.087
	600	70	396.7	0.26	10.801
	720	80	378.6	0.314	12.449

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.2.1 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 8 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
8 bar	300	30	1043	0.132	14.417
	600	60	930.3	0.265	25.817
	900	90	857.7	0.397	35.658
	1200	130	785.1	0.525	43.163
	1500	170	706.7	0.652	48.252
	1800	200	672.4	0.785	55.275
	2100	230	592.5	0.917	56.897

ตาราง ก.1.2.2 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 7 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)	
7 bar	360	30	946.8	0.162	16.062	
	600	40	856.8	0.275	24.674	
	900	60	749.6	0.412	32.341	
	1200	90	705.8	0.544	40.208	
	1500	120	641.7	0.677	45.493	
	1800	150	562.1	0.809	47.62	

ตาราง ก.1.2.3 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 6 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)	
6 bar	360	30	855.8	0.162	14.518	
	600	40	799.7	0.275	23.03	
	900	60	705.9	0.412	30.456	
	1200	110	643.7	0.535	36.063	
	1500	160	563.6	0.657	38.776	
	1560	180	514	0.677	36.44	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.2.4 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 5 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
5 bar	360	30	780.5	0.162	13.241
	600	60	723.8	0.265	20.086
	900	80	620.1	0.402	26.105
	1200	140	517.7	0.52	28.191

ตาราง ก.1.2.5 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 4 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
4 bar	360	30	630.5	0.162	10.696
	600	60	585.9	0.265	16.259
	900	90	467.4	0.397	19.432
	1020	110	405.7	0.446	18.948

ตาราง ก.1.2.6 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 ที่ความดัน 3 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
3 bar	240	30	527.2	0.103	5.686
	600	70	395.5	0.26	10.768
	660	70	354.1	0.289	10.716

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.3.1 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 8 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
8 bar	300	30	1020	0.132	14.099
	600	60	931	0.265	25.836
	900	80	859	0.402	36.162
	1200	110	785	0.535	43.98
	1500	150	711	0.662	49.29
	1800	190	675	0.79	55.842
	2100	2100	595	0.927	57.76

ตาราง ก.1.3.2 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 7 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
7 bar	360	30	950	0.162	16.116
	600	40	903	0.275	26.005
	900	60	751	0.412	32.402
	1200	80	706	0.549	40.59
	1500	110	643	0.682	45.922
	1800	130	562	0.819	48.2

ตาราง ก.1.3.3 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 6 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
6 bar	360	30	900	0.162	15.268
	600	40	803	0.275	23.125
	900	60	711	0.412	30.676
	1200	80	656	0.549	37.714
	1500	140	573	0.667	40.023
	1620	160	530	0.716	39.739

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.3.4 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 5 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
5 bar	360	30	781	0.162	13.249
	600	60	724	0.265	20.092
	900	80	623	0.402	26.227
	1200	120	515	0.53	28.583

ตาราง ก.1.3.5 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 4 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
4 bar	360	30	630	0.162	10.688
	600	60	588	0.265	16.317
	900	80	470	0.402	19.786
	960	110	412	0.417	17.991

ตาราง ก.1.3.6 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 ที่ความดัน 3 บาร์

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
3 bar	300	30	530	0.132	7.326
	600	60	401	0.265	11.128
	720	70	354	0.319	11.826

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.4.1 แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 8 บาร์

Pressure	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
8 bar	1021	0.132	14.113
	928.4333	0.265	25.765
	858.0333	0.3987	35.8217
	790.2	0.53	43.8573
	709.2667	0.657	48.7993
	671.2667	0.7867	55.2993
	591.4	0.9203	56.999

ตาราง ก.1.4.2 แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 7 บาร์

Pressure	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)	
7 bar	952.5	0.152	15.1527	
	888.0667	0.2733	25.4167	
	769.4667	0.412	33.9173	
	705.6667	0.5457	40.324	
	636.3	0.6803	45.3317	
	562.8	0.8123	47.8757	

ตาราง ก.1.4.3 แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 6 บาร์

Pressure	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
6 bar	893.2667	0.152	14.186
	807.3333	0.2717	22.9637
	722.6	0.4087	30.9143
	655.7667	0.543	37.2927
	570.5333	0.6637	39.654
	529.4667	0.703	38.9993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1.4.4 แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 5 บาร์

Pressure	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
5 bar	787.6667	0.152	12.523
	732.4	0.265	20.3247
	621.8667	0.402	26.1793
	518.4333	0.525	28.5017

ตาราง ก.1.4.5 แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 4 บาร์

Pressure	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
4 bar	651.3333	0.152	10.3233
	590.9333	0.2633	16.294
	466.8333	0.3987	19.4903
	414.7333	0.4463	19.3997

ตาราง ก.1.4.6 แสดงผลการทดลองเฉลี่ย ที่ความดัน 3 บาร์

Pressure	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
3 bar	523.3	0.1223	6.6997
	397.7333	0.2617	10.899
	362.2333	0.3073	11.6637

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 ตารางแสดงค่าที่วัดความเร็วรอบและความดัน ขณะไร้ภาระ

Pressure (bar)	Speed (rpm.)
8	1125
7	1092
6	1000
5	925
4	828.4
3	685.5

ตาราง ก.3 ตารางแสดงค่าแรงบิดที่ได้จากการทดสอบ 3 ครั้ง

Pressure (bar)	Torque (N.m)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
8	0.917	0.917	0.927
7	0.809	0.809	0.819
6	0.716	0.677	0.716
5	0.525	0.520	0.53
4	0.476	0.446	0.417
3	0.314	0.289	0.319

ตาราง ก.4 ตารางแสดงค่ากำลังที่ได้จากการทดสอบ 3 ครั้ง

Pressure (bar)	Power (Watt)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
8	56.34	56.897	57.76
7	47.807	47.62	48.2
6	40.819	36.44	39.739
5	28.731	28.191	28.583
4	21.26	18.948	17.991
3	12.449	10.716	11.826

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 ตารางแสดงค่าแรงบิดเฉลี่ยและกำลังเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ

Pressure (bar)	Torque (N.m)	Power (Watt)
8	0.9203	56.999
7	0.8123	47.8757
6	0.703	38.9993
5	0.525	28.5017
4	0.4463	19.3997
3	0.3073	11.6637



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

ชุดทดลอง เครื่องยนต์พลังงานอากาศยานอัด



คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คู่มือสำหรับอาจารย์	
- อุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ	T1-T3
- หลักการทำงานของเครื่อง	T4
- ขั้นตอนการทดลอง	T5
- การคำนวณหาแรงบิดและกำลังเบรค	T6
- ผลการทดลอง	T7-T12
- สรุปผลการทดลอง	T13
คู่มือสำหรับนักศึกษา	
- หลักการทำงานของเครื่อง	S1
- ขั้นตอนการทดลอง	S2
- การคำนวณหาแรงบิดและกำลังเบรค	S3
- ผลการทดลอง	S4-S5
- สรุปผลการทดลอง	S6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กรมอำนวยการ

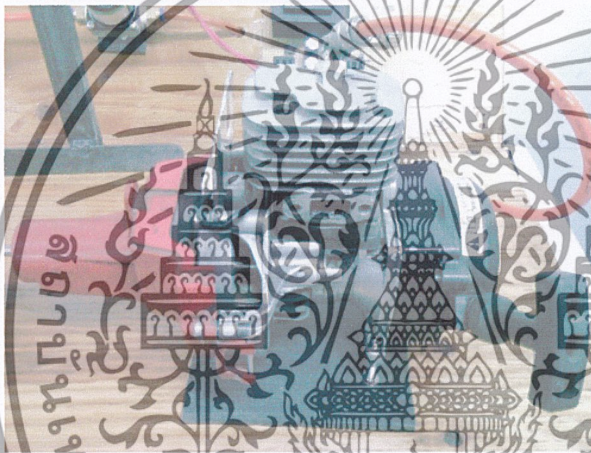
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดการทดลองเครื่องยนต์ที่มีอากาศอัดเป็นต้นกำลัง

จุดประสงค์การทดลอง : เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความดันของอากาศอัดกับตัวแปรต่างๆ ในการทำงานของเครื่องยนต์

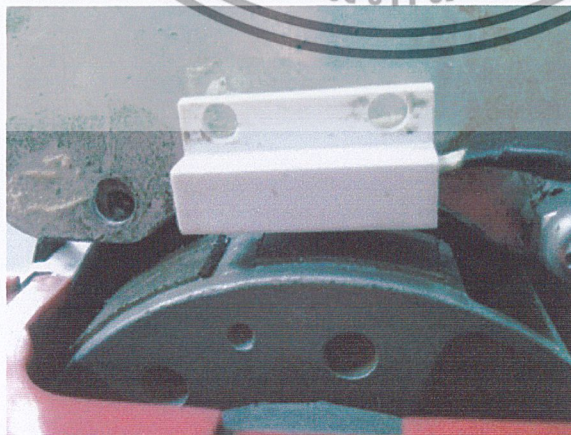
อุปกรณ์และส่วนประกอบต่างๆ

1. เครื่องยนต์ 2 จังหวะ 1 สูบ (เครื่องยนต์เครื่องตัดหญ้า)



รูปที่ 1.1 เครื่องยนต์ 2 จังหวะ 1 สูบ (ที่มา: ภาพจากการทดลอง)

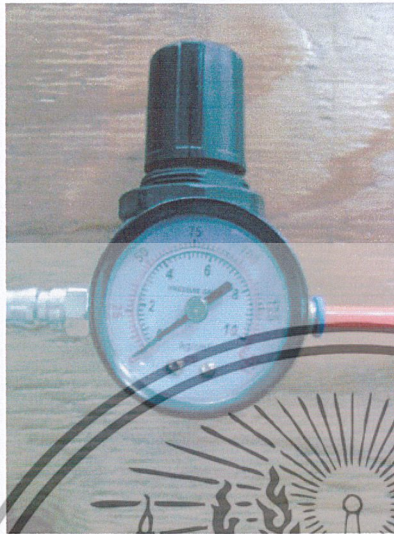
2. สวิตช์แม่เหล็ก (Security Magnetic Switch)



รูปที่ 1.2 สวิตช์แม่เหล็ก (Security Magnetic Switch) (ที่มา: ภาพจากการทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
T1
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure Regulator)



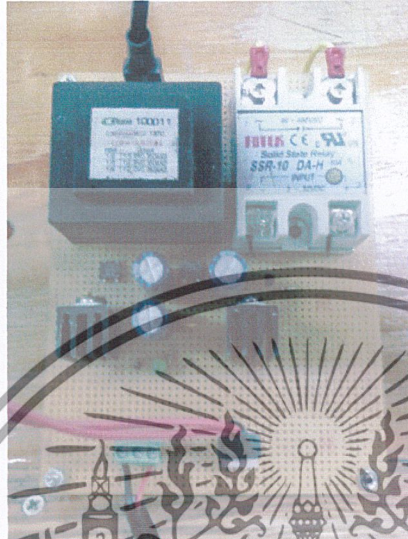
รูปที่ 1.3 อุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure Regulator) (ที่มา: ภาพจากการทดลอง)

4. โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

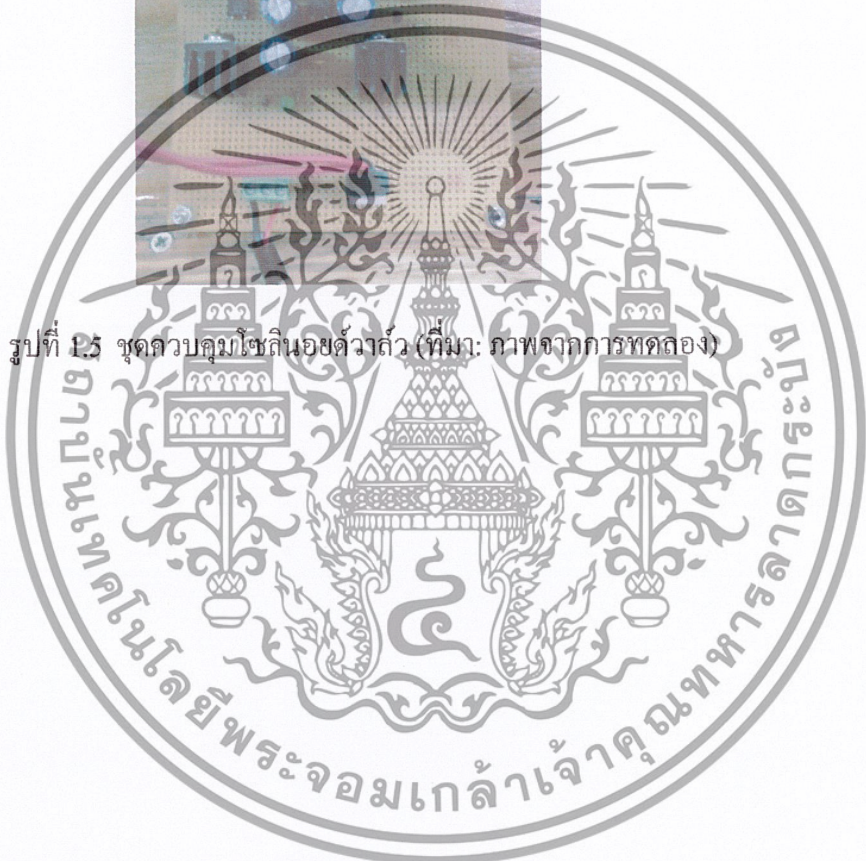


รูปที่ 1.4 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) (ที่มา: ภาพจากการทดลอง)

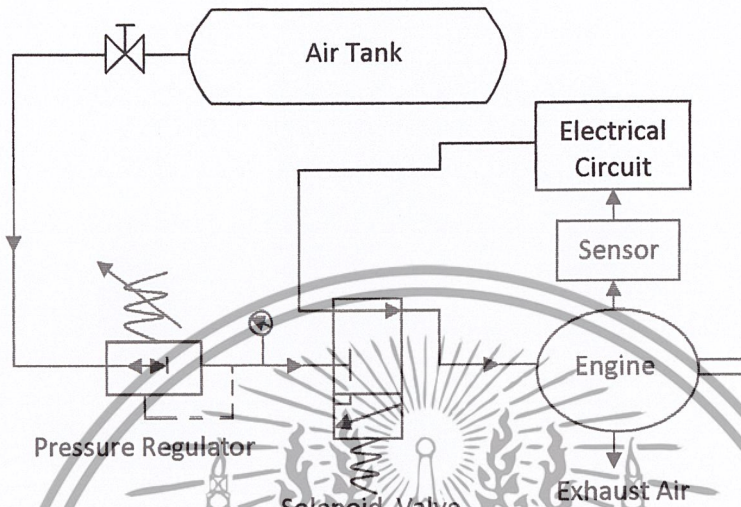
5. ชุดควบคุมโซลินอยด์วาล์ว



รูปที่ 1.5 ชุดควบคุมโซลินอยด์วาล์ว (ที่มา: ภาพจากการทดลอง)



หลักการทำงานของเครื่อง



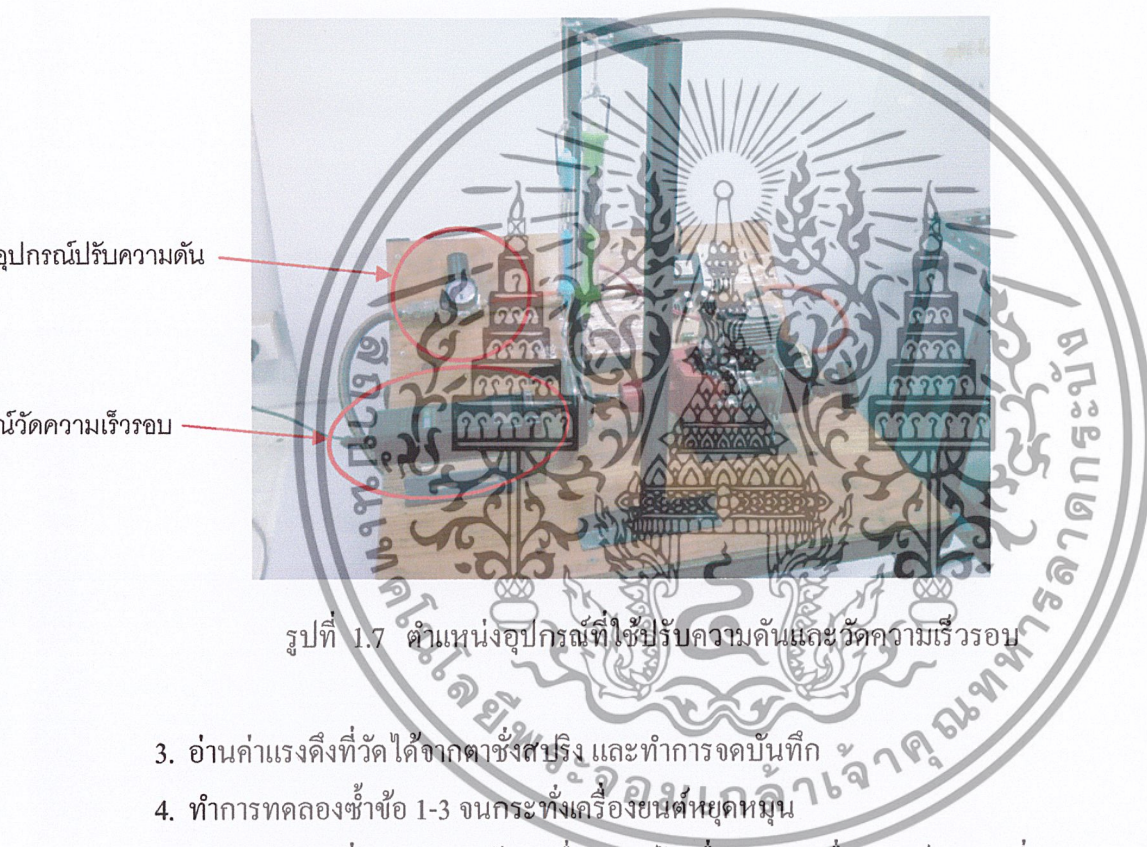
รูปที่ 1.6 ระบบนิวแมติกส์ และการควบคุม

หลักการทำงานของชุดการทดลอง

1. เมื่อลมถูกปล่อยออกจากถังอากาศแรงดันสูงจะถูกควบคุมความดันโดย Pressure Regulator ซึ่งมีช่วงความดันที่ 1-10 บาร์
2. อากาศจะไหลเข้าโซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมให้จ่ายลมเป็นจังหวะ โดยการเปิด-ปิดวาล์ว
3. ลมเข้าสู่เครื่องยนต์เพื่อไปขับเคลื่อนลูกสูบจะทำให้ได้กำลังไปหมุนล้อช่วยแรง
4. ตัวเครื่องยนต์จะติด Sensor ตรวจจับแม่เหล็ก (Security Magnetic Switch) บนล้อช่วยแรง
5. เมื่อ Sensor ตรวจจับแม่เหล็กได้จะส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วให้มีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของล้อช่วยแรง
6. โซลินอยด์วาล์วจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

ขั้นตอนการทดลอง

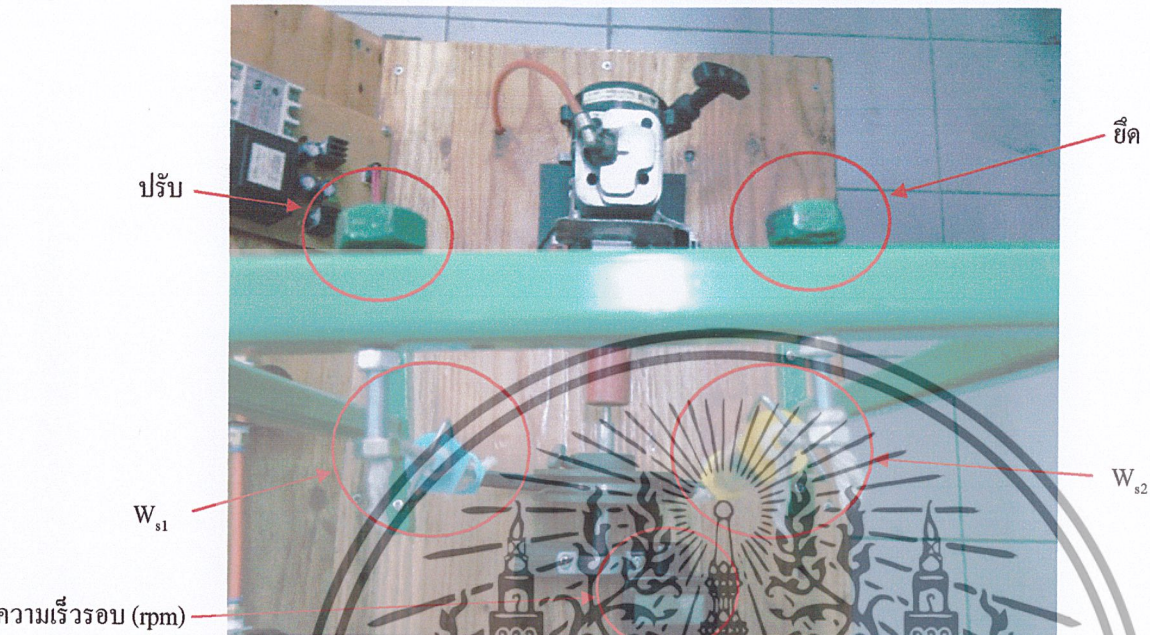
1. ถ่ายอากาศความดันสูงเข้าสู่เครื่องยนต์ ที่ความดันอากาศทางเข้าเท่ากับ 3 บาร์ เพื่อให้เครื่องยนต์เริ่มต้นทำงาน
2. วัดความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะคงที่ โดยใช้อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ Tachometer และทำการจดบันทึก



รูปที่ 1.7 ตำแหน่งอุปกรณ์ที่ใช้ปรับความดันและวัดความเร็วรอบ

3. อ่านค่าแรงดึงที่วัดได้จากตาชั่งสปริง และทำการจดบันทึก
4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 จนกระทั่งเครื่องยนต์หยุดหมุน
5. ถ่ายอากาศเพิ่มความดันเข้าสู่เครื่องยนต์ ไปเรื่อยๆจนเครื่องยนต์ทำงานที่ความดันอากาศเข้าเพิ่มขึ้นจาก 3-8 บาร์
6. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2-5 จนกระทั่งเครื่องยนต์หยุดหมุน
7. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับความเร็วรอบ
8. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับแรงบิด
9. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับกำลังเบรค
10. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิด ที่ความดันต่างๆ
11. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลัง ที่ความดันต่างๆ

การคำนวณหาแรงบิดและกำลัง



รูป 1.8 การจดบันทึกค่า

สำหรับกำลังเบรค หรือกำลังเอาต์พุท ซึ่งเป็นกำลังของเครื่องยนต์จะมีค่าเป็น

แรงบิด (Torque) ; $T = F r$

$T = (W_{s1} - W_{s2}) r$

เมื่อ W_{s1} = แรงดึงจากสปริงตัวที่ 1 [N]

W_{s2} = แรงดึงจากสปริงตัวที่ 2 [N]

r = รัศมีของพูลเลย์ [m]

กำลังเบรค ; $P = T \omega$

$P = 2 \pi N T / 60$

N = รอบการหมุนต่อนาที [rpm]

$\omega = 2 \pi N / 60$ [rad / sec]

ผลการทดลอง

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
8 bar	0	0	1125	0	0
	300	30	1000	0.132	13.823
	600	60	924	0.265	25.642
	900	90	857.4	0.397	35.645
	1200	120	800.5	0.53	44.429
	1500	160	710.1	0.657	48.856
	1800	200	666.4	0.785	54.781
	2100	230	586.7	0.917	56.34
Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
7 bar	0	0	1092	0	0
	300	30	960.7	0.132	13.28
	600	50	904.4	0.27	25.571
	900	60	807.8	0.412	37.009
	1200	90	705.2	0.544	40.174
	1500	110	624.2	0.682	44.58
	1800	150	564.3	0.809	47.807
Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
6 bar	0	0	1000	0	0
	300	30	924	0.132	12.772
	600	60	819.3	0.265	22.736
	900	80	750.9	0.402	31.611
	1200	110	667.6	0.545	38.101
	1500	140	575	0.667	40.163
	1620	160	544.4	0.716	40.819

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

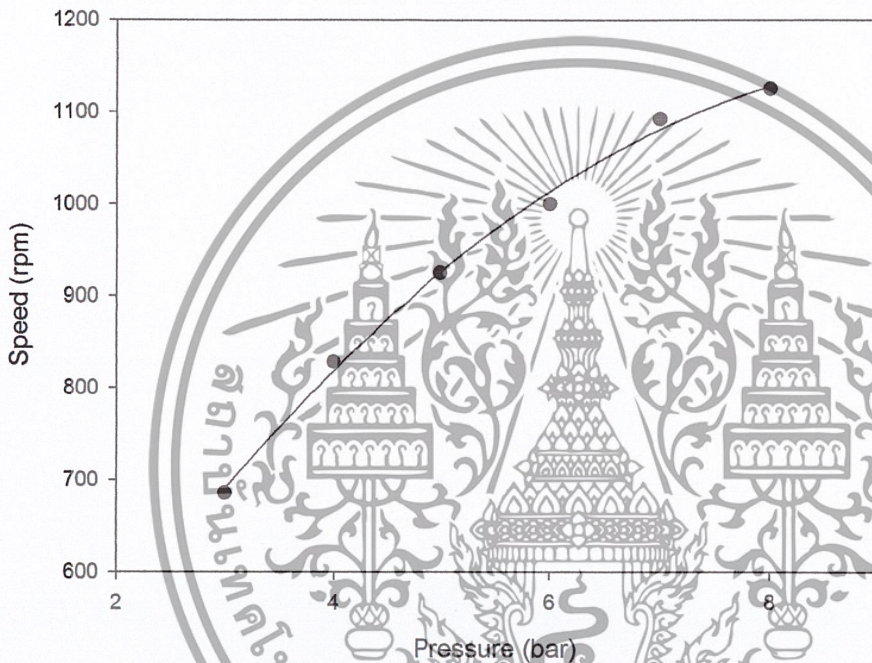
คู่มือการใช้งาน สำหรับอาจารย์
ชุดทดลอง เครื่องยนต์พลังงานอากาศยาน

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
5 bar	0	0	925	0	0
	300	30	801.5	0.132	11.079
	600	60	749.4	0.265	20.796
	900	80	622.5	0.402	26.206
	1200	130	522.6	0.525	28.731
Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
4 bar	0	0	828.4	0	0
	300	30	693.5	0.132	9.586
	600	70	598.9	0.26	16.306
	900	90	463.1	0.397	19.253
	1080	110	426.5	0.476	21.26
Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
3 bar	0	0	685.5	0	0
	300	30	512.7	0.132	7.087
	600	70	396.7	0.26	10.801
	720	80	378.6	0.314	12.449

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดูความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความดันที่ป้อนเข้ากระบอกสูบ

จากการวัดความเร็วรอบที่ความดันต่างๆ โดยยังไม่ทำการเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ ผลการวัดความเร็วรอบที่ความดันต่างๆ จะแสดงในตารางผลการทดลอง ซึ่งนำผลที่ได้มาวาดกราฟได้เป็นดังนี้

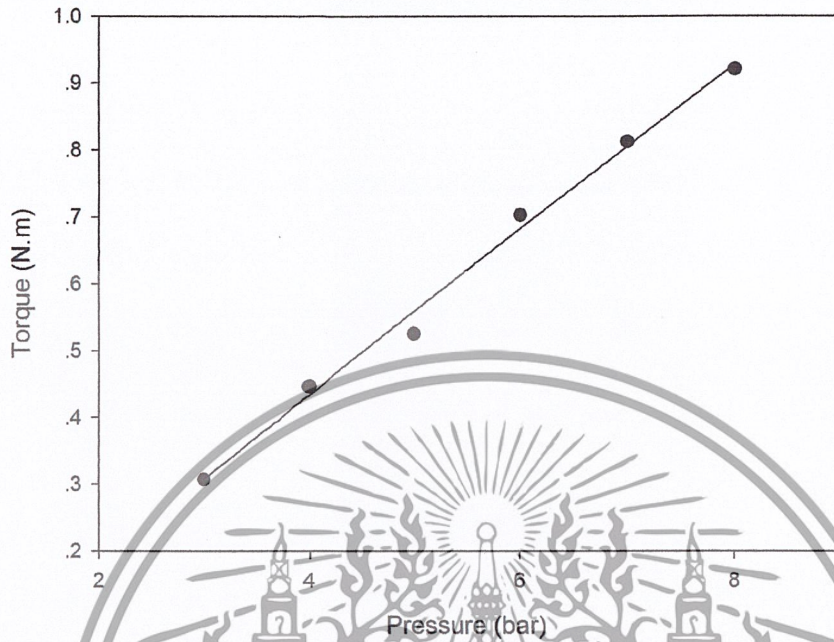


รูปที่ 1.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความดัน

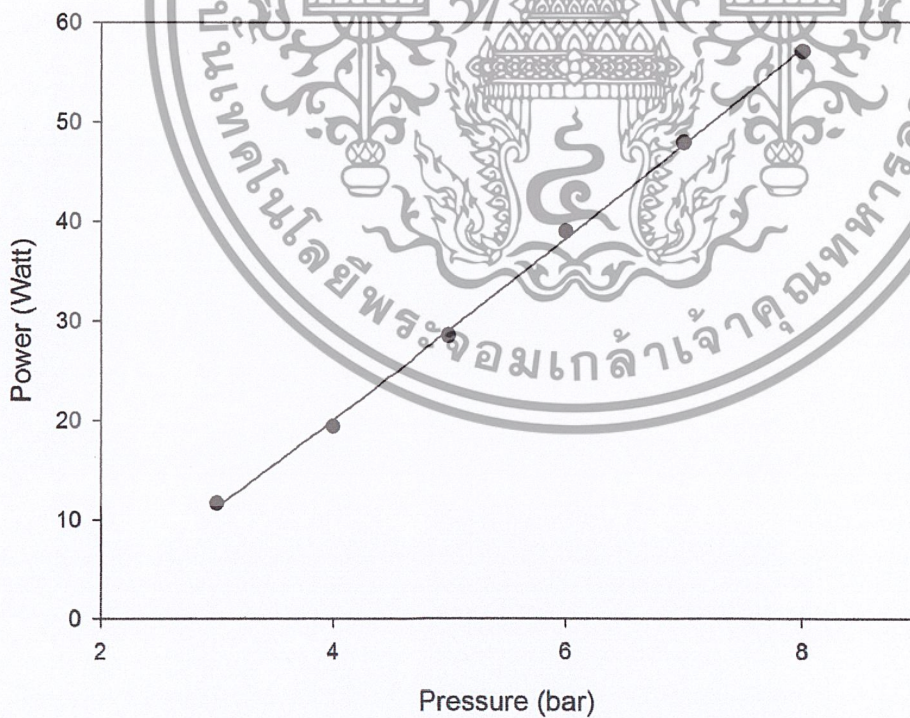
จากกราฟจะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ที่ความดัน 3 บาร์ขึ้นไปจนถึงความดันที่เครื่องยนต์อากาศยานสามารถอัดได้ นั่นก็คือที่ความดัน 8 บาร์ จะได้ความเร็วรอบต่ำสุด 685.5 รอบต่อนาที และ ได้ความเร็วรอบสูงสุด 1125 รอบต่อนาที โดยความเร็วรอบจะแปรผันตามความดันที่ป้อนเข้ามา ยิ่งเพิ่มความดันมากขึ้นจะได้ความเร็วรอบที่สูงขึ้นตามไปด้วย

- ดูความสัมพันธ์ทั้งแรงบิดและกำลังกับความดัน

โดยใช้ค่าของแรงบิดและกำลังเครื่องยนต์ที่ทำการทดลองที่ความดันต่างๆ จะแสดงในตารางผลการทดลอง ซึ่งนำผลที่ได้มาวาดกราฟได้เป็นดังนี้



รูปที่ 1.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด โดยเฉลี่ยกับความดัน



รูปที่ 1.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง โดยเฉลี่ยกับความดัน

จากกราฟความสัมพันธ์ของแรงบิดเฉลี่ยและกำลังเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ จะเห็นได้ว่า ทั้งแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ต่างๆ ก็แปรผันตามความดันที่ป้อนเข้าสู่กระบอกสูบ คือ ยิ่งเพิ่มความดันขึ้นแรงบิดและกำลังที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน

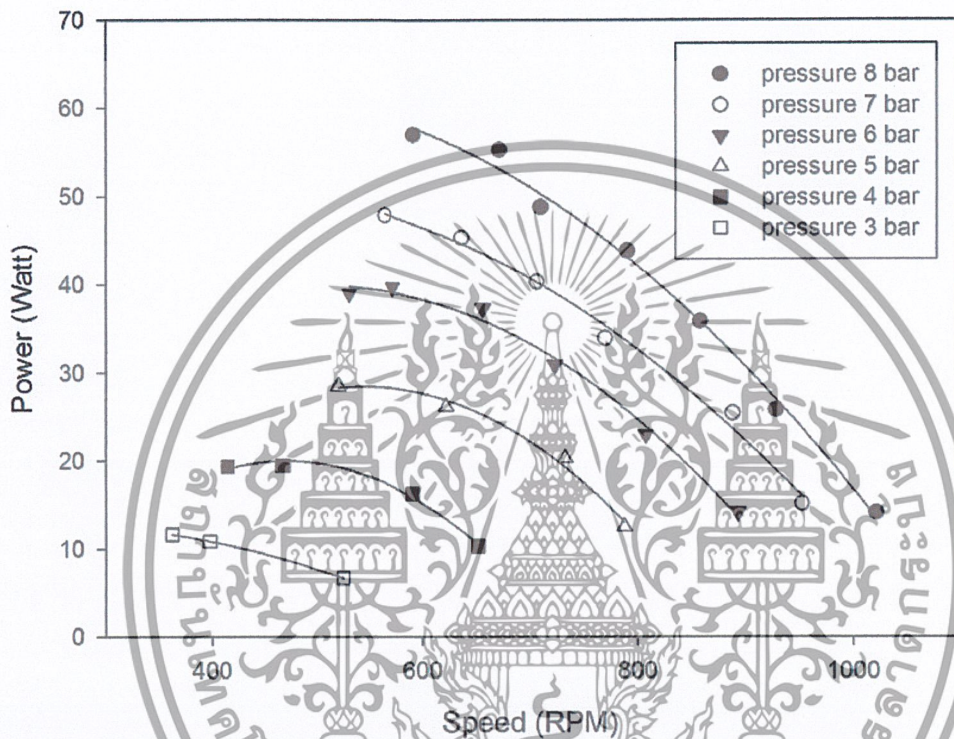
- ความสัมพันธ์ของทั้งแรงบิดและกำลังกับความเร็วรอบ

โดยใช้ค่าที่ได้จากการทดสอบหาแรงบิดและกำลังของการทดสอบที่ค่อยๆ เพิ่มแรงขึ้น นำทั้งค่าของแรงบิด ค่าของกำลัง และค่าของความเร็วรอบ แสดงไว้ในตารางผลการทดลอง แล้วนำที่ได้มาวาดกราฟได้เป็นดังนี้



รูปที่ 1.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเฉลี่ยกับความเร็วรอบเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ

จากกราฟความสัมพันธ์ของแรงบิดเฉลี่ยกับความเร็วรอบเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ จะเห็นได้ว่า จะเหมือนที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ว่า ยิ่งเพิ่มความดันขึ้น แรงบิดที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกันในที่นี้จะได้แรงบิดต่ำสุด ที่ความดัน 3 บาร์ โดยได้ค่าแรงบิดเท่ากับ 0.12 นิวตัน-เมตร ที่ความเร็วรอบ 523 รอบต่อนาที และได้แรงบิดสูงสุด ที่ความดัน 8 บาร์ โดยได้ค่าแรงบิดเท่ากับ 0.92 นิวตัน-เมตร ที่ความเร็วรอบ 591.4 รอบต่อนาที



รูปที่ 1.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเฉลี่ยกับความเร็วรอบเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ

จากกราฟความสัมพันธ์ของกำลังเฉลี่ยกับความเร็วรอบเฉลี่ยที่ความดันต่างๆ จะเห็นได้ว่า จะเหมือนที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ว่า ยิ่งเพิ่มความดันขึ้น กำลังที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน ในที่นี่จะได้กำลังต่ำสุด ที่ความดัน 3 บาร์ โดยได้ค่ากำลังเท่ากับ 7 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 523 รอบต่อนาที และได้กำลังสูงสุด ที่ความดัน 8 บาร์ โดยได้ค่ากำลังเท่ากับ 57 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 592 รอบต่อนาที

สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาและออกแบบชุดการทดลองเครื่องยนต์สองจังหวะแบบหนึ่งสูบทำให้สามารถใช้งานได้กับอากาศยานเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ได้
2. จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าความเร็วรอบจะแปรผันตามความดันที่ป้อนเข้าโดยได้ความเร็วรอบสูงสุดที่ประมาณ 1,125 รอบต่อนาที ที่ความดัน 8 บาร์
3. ค่าแรงบิดของตัวเครื่องจะแปรผันตามค่าความดันของอากาศที่ป้อนให้กับตัวเครื่องโดยได้ค่าแรงบิดสูงสุดประมาณ 1 นิวตัน-เมตร
4. เมื่อเราเพิ่มค่าความดันของอากาศมากขึ้นกำลังของตัวเครื่องก็จะเพิ่มสูงตามไปด้วยโดยให้กำลังสูงสุดประมาณ 57 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที

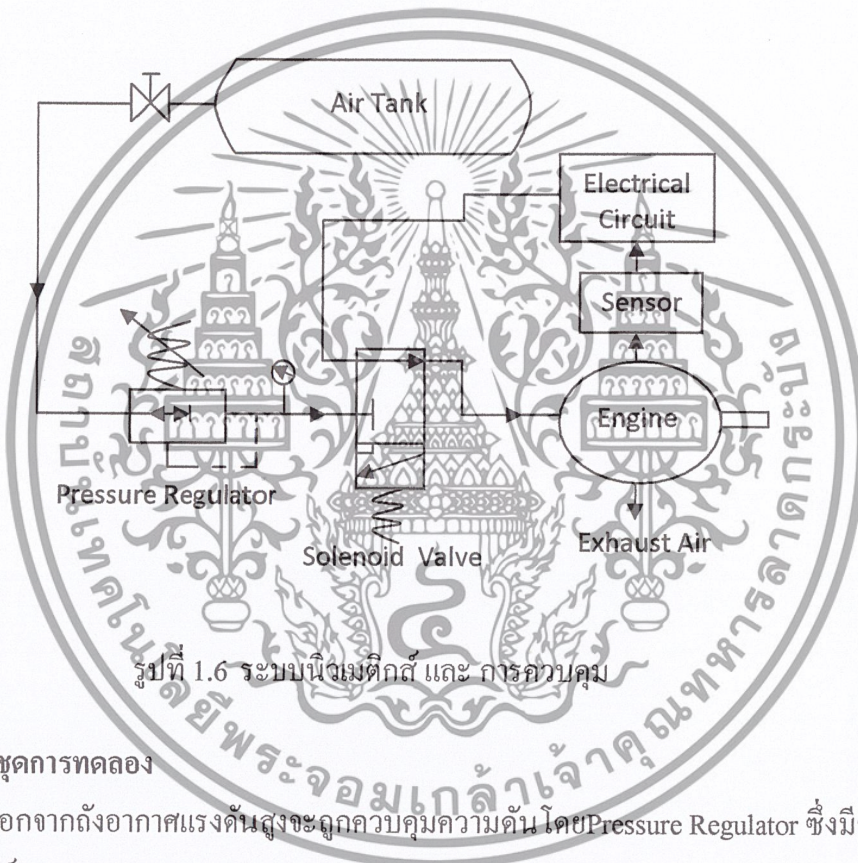


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดการทดลองเครื่องยนต์ที่มีอากาศอัดเป็นต้นกำลัง

จุดประสงค์การทดลอง : เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความดันของอากาศอัดกับตัวแปรต่างๆในการทำงานของเครื่องยนต์

หลักการทำงานของเครื่อง



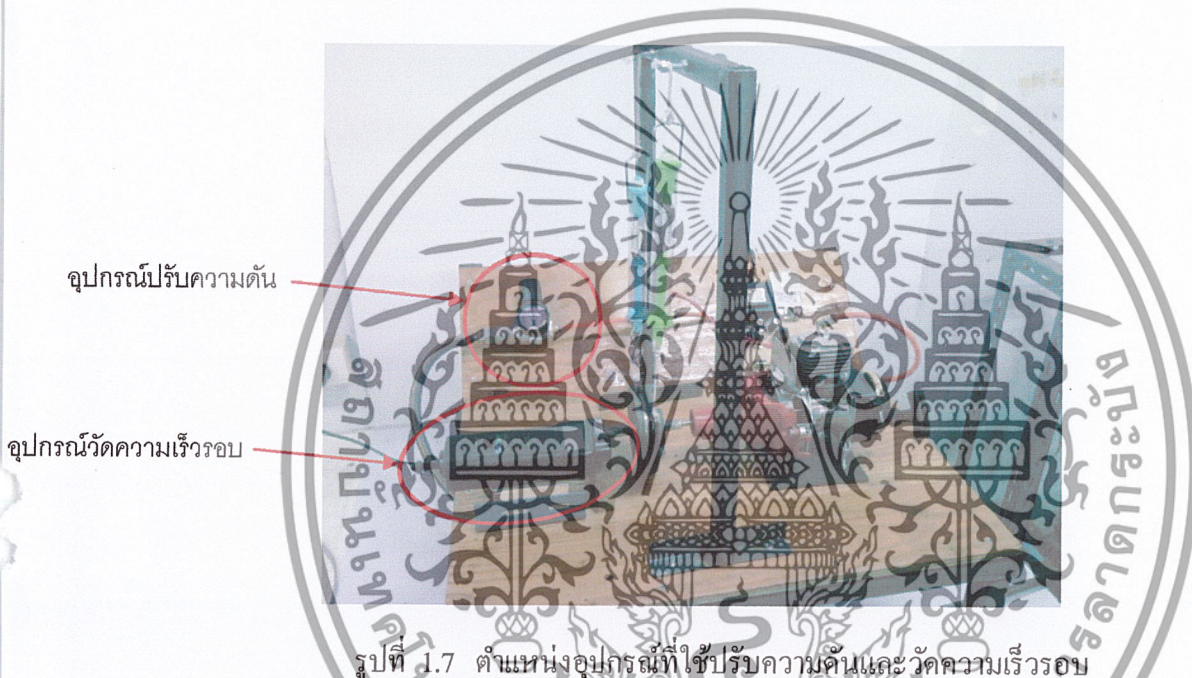
หลักการทำงานของชุดการทดลอง

1. เมื่อลมถูกปล่อยออกจากถังอากาศแรงดันสูงจะถูกควบคุมความดันโดย Pressure Regulator ซึ่งมีช่วงความดันที่ 1-10 บาร์
2. อากาศจะไหลเข้าโซลินอยด์วาล์วเพื่อควบคุมให้จ่ายลมเป็นจังหวะ โดยการเปิด-ปิดวาล์ว
3. ลมเข้าสู่เครื่องยนต์เพื่อไปขับเคลื่อนสูบจะทำให้ได้กำลังไปหมุนล้อช่วยแรง
4. ตัวเครื่องยนต์จะติด Sensor ตรวจจับแม่เหล็ก (Security Magnetic Switch) บนล้อช่วยแรง
5. เมื่อ Sensor ตรวจจับแม่เหล็กได้จะส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วให้มีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของล้อช่วยแรง
6. โซลินอยด์วาล์วจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

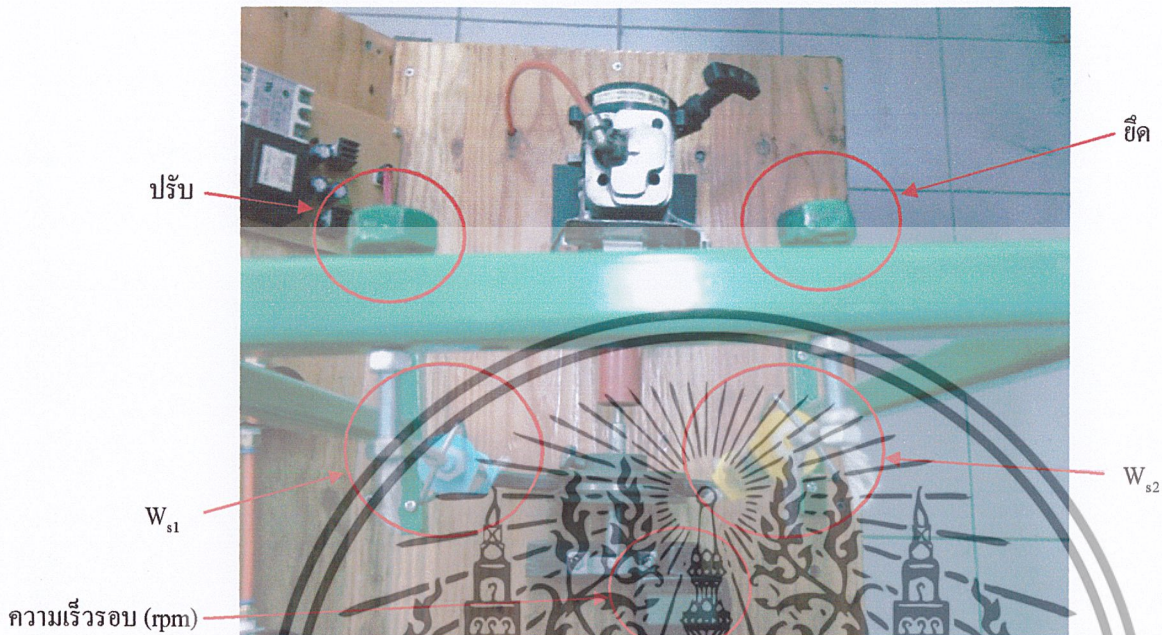
1. ถ่ายอากาศความดันสูงเข้าสู่เครื่องยนต์ ที่ความดันอากาศทางเข้าเท่ากับ 3 บาร์ เพื่อให้เครื่องยนต์เริ่มต้นทำงาน
2. วัดความเร็วรอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่สภาวะคงที่ โดยใช้อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ Tachometer และทำการจดบันทึก



รูปที่ 1.7 ตำแหน่งอุปกรณ์ที่ใช้ปรับความดันและวัดความเร็วรอบ

3. อ่านค่าแรงดึงที่วัดได้จากตาชั่งสปริง และทำการจดบันทึก
4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 จนกระทั่งเครื่องยนต์หยุดหมุน
5. ถ่ายอากาศเพิ่มความดันเข้าสู่เครื่องยนต์ไปเรื่อยๆจนเครื่องยนต์ทำงานที่ความดันอากาศเข้าเพิ่มขึ้นจาก 3-8 บาร์
6. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2-5 จนกระทั่งเครื่องยนต์หยุดหมุน
7. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับความเร็วยรอบ
8. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับแรงบิด
9. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับกำลังเบรค
10. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิด ที่ความดันต่างๆ
11. วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลัง ที่ความดันต่างๆ

การคำนวณหาแรงบิดและกำลัง



รูป 1.8 การจับน้ำหนัก

สำหรับกำลังเบรค หรือกำลังเอาท์พุท ซึ่งเป็นกำลังของเครื่องยนต์จะมีค่าเป็น

แรงบิด (Torque) ; $T = F r$

$$T = (W_{s1} - W_{s2})r$$

เมื่อ W_{s1} = แรงดึงจากสปริงตัวที่ 1 [N]

W_{s2} = แรงดึงจากสปริงตัวที่ 2 [N]

r = รัศมีของพู่ล้อย [m]

กำลังเบรค ; $P = T \omega$

$$P = 2 \pi N T / 60$$

N = รอบการหมุนต่อนาที [rpm]

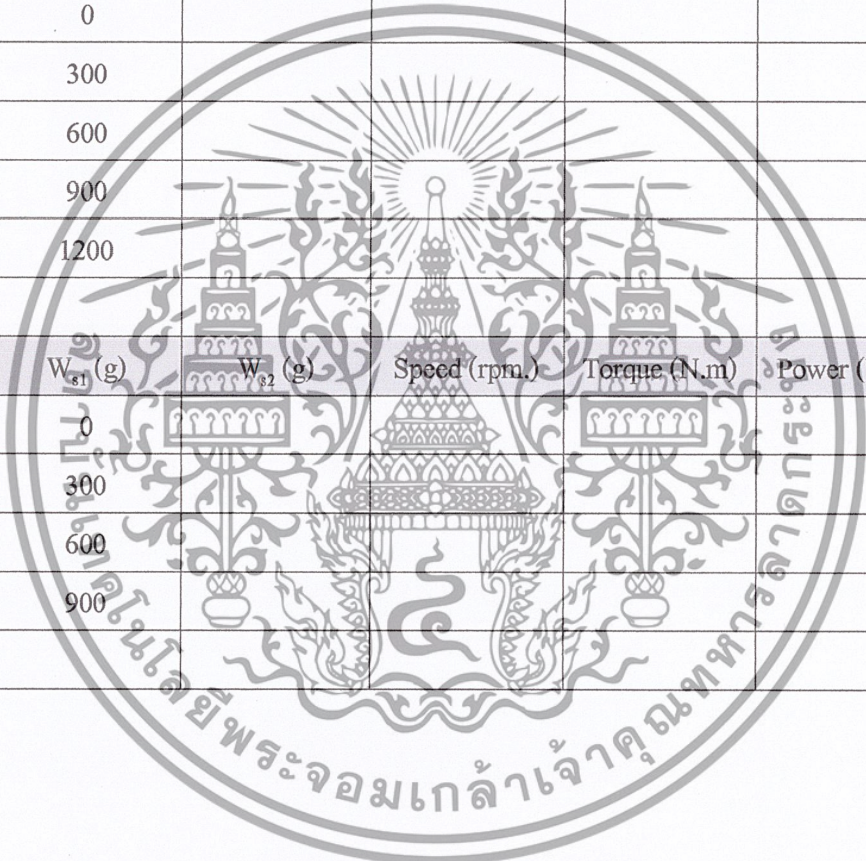
$$\omega = 2 \pi N / 60 \text{ [rad / sec]}$$

ผลการทดลอง

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
8 bar	0				
	300				
	600				
	900				
	1200				
	1500				
	1800				
	2100				
Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
7 bar	0				
	300				
	600				
	900				
	1200				
	1500				
	1800				
Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
6 bar	0				
	300				
	600				
	900				
	1200				
	1500				
	1800				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
5 bar	0				
	300				
	600				
	900				
	1200				
Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
4 bar	0				
	300				
	600				
	900				
	1200				
Pressure	W_{s1} (g)	W_{s2} (g)	Speed (rpm.)	Torque (N.m)	Power (Watt)
3 bar	0				
	300				
	600				
	900				



บรรณานุกรม

- [1] Willard W. Pulkrabek, Engineering Fundamentals of the internal combustion engine.
- [2] Richard E. Sontage, Claus Borgnakke , Gordon J. Van Wylen, Fundamentals of Thermodynamics, Fifth edition USA., John Wiley & Sons, Inc .1998
- [3] <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Compressed-air+vehicle>
- [4] http://pirun.ku.ac.th/~b4655145/new_page_18.htm
- [5] http://pirun.ku.ac.th/~b4655145/new_page_17.htm
- [6] <http://hardcoreengineering.blogspot.com/2009/09/solid-state-relay.html>
- [7] http://pirun.ku.ac.th/~b4655145/new_page_16.htm
- [8] <http://thegreenreaper.new-ones.co.uk/showdetails.asp?id=2339>
- [9] รศ.ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, "วิศวกรรมยานยนต์", บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด

