การศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท

THE STUDY OF PROPELLERS POWER FOR AIRBOAT

เฉลิมศักย์ ด้วงเอียด
CHALERMSAK DOUNG-EIAD
ธนกร รอดเพ็ง
TANAKORN RODPENG
วทัญญู แก้วกลาง
WATUNYOO KEAWKLANG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY OF PROPELLERS POWER FOR AIRBOAT

CHALERMSAK DOUNG-EIAD

THANAKORN RODPENG

WATUNYOO KEAWKLANG

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN

MECHANICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON

2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท
PROJECT TITLE THE STUDY OF PROPELLER POWER FOR AIRBOAT
ชื่อนักศึกษา นายเฉลิมศักย์ ด้วงเอียด **รหัสนักศึกษา** 60512043
นายธนกร รอดเพ็ง **รหัสนักศึกษา** 60512061
นายวทัญญู แก้วกลาง **รหัสนักศึกษา** 60512092
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ปริญญานิพนธ์ ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์			ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ปัญญา	แดงวิไลลักษณ์	กรรมการสอบ	
ดร.วิสิทธิ์	เอกวานิช	กรรมการสอบ	วิสิทธิ์ เอกวานิช
ผศ.ดร.ปราโมทย์	กุศล	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ 15 มิถุนายน 2564 เวลา 9.00-17.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้องประชุมกาสะลอง ชั้น 3 ตึกพระเทพ

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท			
ชื่อนักศึกษา	นายเฉลิมศักย์	ด้วงเอียด	**รหัสนักศึกษา**	60512043
	นายธนกร	รอดเพ็ง	**รหัสนักศึกษา**	60512061
	นายวทัญญู	แก้วกลาง	**รหัสนักศึกษา**	60512092
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล			
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล			

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและศึกษาชุดทดลองสำหรับเรือแอร์โบ๊ท การทดลองนี้ใช้เครื่องยนต์ TOYOTA รุ่น 3E ที่มีความจุ 1,456 ซีซี กำลังสูงสุด 87 แรงม้า ที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาทีและความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที แรงบิดสูงสุด 118 นิวตันเมตร ใบพัดที่ใช้ คือ ยี่ห้อ Warp Drive รุ่น Standard เป็นใบพัด 3 ใบ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 นิ้ว และระยะพิทช์ 6 องศา ถึง 20 องศา การออกแบบเริ่มจากการทำชุดทดลองโดยการสร้างฐานรองรับเครื่องยนต์ ใบพัด และรางสำหรับชุดทดลอง การทดลองเป็นการหาค่าแรงผลักสูงสุดของมุมใบพัด 0 5 10 15 20 องศา โดยเปรียบเทียบระหว่างอัตราทด 2:1 และ 1:1 ที่ความเร็วรอบ 900-3,000 รอบต่อนาที ขั้นตอนการทดลองเริ่มจากการปรับมุมองศาของใบพัดที่ 0 5 10 15 20 องศา โดยใช้ความเร็วรอบ 900 ถึง 3,000 รอบต่อนาที ในแต่ละมุม ผลจากการทดลองพบว่าแรงผลักที่มุม 10 องศา และความเร็วรอบ 2,900 รอบต่อนาที ที่อัตราทด 1:1 มีค่าเท่ากับ 641 นิวตัน เป็นค่าที่ดีที่สุดสำหรับการทดลอง

คำสำคัญ: กำลังของใบพัด,แอร์โบ๊ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	THE STUDY OF PROPELLER POWER FOR AIRBOAT	
Student	Mr. Chalermsak Doungeiad	**Student ID** 60512043
	Mr. Thanakorn Rodpeng	**Student ID** 60512061
	Mr. Watunyoo Keawklang	**Student ID** 60512092
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Mechanical Engineering	
Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Pramote Kuson	

ABSTRACT

The objectives of this research were to design and study an experimental set for an Airboat. The experiment used the TOYOTA 3E engine with a capacity of 1,456 cc maximum powers of 87 horsepower at a speed of 6,000 rpm and a speed of 4000 rpm maximum torque of 118 Nm. The propeller was the Warp Drive brand, Standard model, which was a 3 bladed propeller with a 70-inch diameter and Pitch 6 degrees to 20 degrees. The design started with the experimental set by constructing the engine support, propeller, and rails for the experimental set. The experiment was to determine the maximum thrust of the propeller angle 0 5 10 15 20 degrees by comparing the ratio of 2:1 and 1:1 at 900 - 3,000 rpm. The experimental process started by adjusting the angle of the propeller at 0 5 10 15 20 degrees, which used 900 to 3,000 rpm at each angle. The results showed that the thrust at an angle of 10° and a speed of 2,900 rpm at a ratio of 1:1 were 641 N, which were the best value for the experiment.

Keywords: Thrust of Propeller, Air Boat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ความรู้ต่างๆ ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการในการทำปริญญานิพนธ์

บุคคลที่ขาดมิได้คือ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณและเป็นที่เคารพรัก ที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจแก่คณะผู้จัดทำเสมอ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ นักศึกษาที่คอยช่วยเหลือแนะนำและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมถึงกำลังใจซึ่งทำให้การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ไม่มากก็น้อยต่อผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับการศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท

เฉลิมศักย์ ด้วงเอียด
ธนกร รอดเพ็ง
วทัญญู แก้วกลาง
15 มิถุนายน 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เครื่องยนต์	4
2.1.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	4
2.1.1.1 จังหวะดูด	4
2.1.1.2 จังหวะอัด	4
2.1.1.3 จังหวะจุดระเบิดหรือจังหวะกำลัง	4
2.1.1.4 จังหวะคาย	4
2.2 ใบพัด	5
2.2.1 ประเภท Fixed pitch	5
2.2.1.1 ใบพัดไม้	5
2.2.1.2 ใบพัดโลหะ	6
2.2.2 ประเภท Ground adjustable pitch	6
2.2.2.1 ใบพัด Warp Drive	6
2.2.3 ประเภท Two position	7
2.2.4 ประเภท Controllable pitch	7
2.2.5 ประเภท Constant speed	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.6 ประเภท Full Feathering	8
2.2.7 ประเภท Reversing	8
2.2.8 ประเภท Beta Control	9
2.3 แรงขับ	9
2.3.1 ส่วนประกอบของใบพัด	9
2.3.1.1 Leading Edge	9
2.3.1.2 Blade Face	10
2.3.1.3 Blade Back หรือ Thrust Face	10
2.3.1.4 Blade Shank (Root)	11
2.3.1.5 Blade Tip	11
2.3.1.6 Plane of Rotation	11
2.3.1.7 Blade Angle	11
2.3.1.8 Blade Element	12
2.3.1.9 Relative Wind	13
2.3.1.10 Angle of Attack	13
2.3.1.11 Blade Path	13
2.3.1.12 Pitch	13
2.3.1.13 Geometric Pitch	13
2.3.1.14 Effective Pitch	14
2.3.2 แรง	14
2.3.2.1 แรงผลัก	14
2.3.2.2 Centrifugal force	14
2.3.2.3 Torsion or Twisting forces	14
2.3.3 ความล้า	14
2.3.3.1 Bending stresses	14
2.3.3.2 Tensile stresses	14
2.3.3.3 Torsion stresses	14
2.4 โหลดเซลล์	15
2.4.1 ประเภทของโหลดเซลล์	15
2.4.1.1 โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ	15
2.4.1.1.1 โหลดเซลล์แบบใช้แรงกด	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1.1.1.1 Shear Beam Load Cell 16
2.4.1.1.1.2 Truck Scale Load cell 16
2.4.1.1.1.3 Single Point Load cell 17
2.4.1.1.1.4 Bending Beam Load cell 17
2.4.1.1.1.5 Pancake Load cell 17
2.4.1.1.1.6 Canister Load cell 18
2.4.1.1.2 โหลดเซลล์แบบใช้แรงดึง 18
2.4.1.1.2.1 S Beam Load Cell 18
2.4.1.2 โหลดเซลล์แบบไฮดรอลิก 19
2.4.1.2.1 ข้อดี 19
2.4.1.2.2 ข้อเสีย 20
2.4.1.3 โหลดเซลล์แบบนิวแมติก 20
2.4.1.4 โหลดเซลล์แบบไพโซรีซิสทีฟ 20
2.4.1.5 โหลดเซลล์แบบแมกเนโตสเตร็กทีฟ 21
2.5 สายพานส่งกำลัง 22
2.5.1 หลักการทำงานสายพานส่งกำลัง 22
2.5.2 โครงสร้างพื้นฐานสายพานส่งกำลัง 23
2.5.2.1 ผ้าใบชั้นนอก 23
2.5.2.2 ยางรับแรงอัด 23
2.5.2.3 ยางยึดแรกเกาะเส้นด้าย 23
2.5.2.4 เส้นด้ายรับแรงดึง 23
2.5.3 ชนิดของสายพานส่งกำลัง 24
2.5.3.1 สายพานส่งกำลังตัววีร่องเรียบ 23
2.5.3.2 สายพานส่งกำลังตัววีเปลือยข้าง 24
2.5.3.3 สายพานเปลือยข้าง-มีฟันร่องลึก 25
2.5.3.4 สายพานไทม์มิ่ง 25
2.6 ทฤษฎีด้านแบริ่งลูกปืน 26
2.6.1 แบริ่งเม็ดทรงกระบอก 27
2.6.2 แบริ่งเม็ดโค้งกันรุน 28
2.6.3 แบริ่งเม็ดกลมปรับแนวได้เอง 28
2.6.4 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสี่จุด 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.5 แบริ่งเม็ดกลมกันรุนทิศทางเดียว 29
2.6.6 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถว 30
2.6.7 แบริ่งเม็ดโค้ง 30
2.6.8 แบริ่งประกบคู่ 31
2.6.9 แบริ่งเทเปอร์ 31
2.6.10 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม 32
2.6.11 แบริ่งเม็ดเข็ม 32
2.6.12 แบริ่งแม็กนีโต 33
2.6.13 แบริ่งเม็ดกลมล่องลึกแถวเดียว 33
2.6.13.1 ตลับลูกปืนตุ๊กตา UCP-207 34
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35

บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการ 41
3.1 การสร้างชุดทดลองกำลังใบพัดของเรือแอร์โบ๊ท 42
3.1.1 อุปกรณ์ และวิธีการสร้างชุดทดลองกำลังใบพัดของเรือแอร์โบ๊ท 42
3.2 การทดลองหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และแรงบิดโหลดเซลล์ที่องศาต่างๆที่วัดได้ 54
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 54
3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง 54

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล 58
4.1 ผลการสร้างชุดทดลองหากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท 58
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลองการหากำลังของใบพัดที่มุม 0 5 10 15 20 องศา ที่อัตราทด 2:1 59
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลองการหากำลังของใบพัดที่มุม 0 5 10 15 20 องศา ที่อัตราทด 1:1 59

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 61
5.1 สรุปผลการทดลอง 61
5.2 ปัญหาที่พบ 62
เอกสารอ้างอิง 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบชิ้นส่วนสร้างชุดทดลองหากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท 68

ภาคผนวก ข ผลการทดลองการหาแรงขับของใบพัดที่มุมองศาที่ 0 5 10 15 20 ในแต่ละอัตราทด 72

ประวัติผู้จัดทำ 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนผังการดำเนินงานของการศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท	2
2.1 ตารางเปรียบเทียบประเภทของโหลดเซลล์	21
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	57
ข.1 ตารางผลการทดลองการหาแรงขับของใบพัดที่มุมองศาที่ 0 5 10 15 20 ที่อัตราทดที่ 1:1	73
ข.2 ตารางผลการทดลองการหาแรงขับของใบพัดที่มุมองศาที่ 0 5 10 15 20 ที่อัตราทด 2:1	74
ข.3 ตารางเปรียบเทียบระหว่างอัตราทด 1:1 กับ 2:1 ที่มุมองศาของใบพัด 10 องศา	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงานของการศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท	3
2.1	หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	5
2.2	ใบพัดไม้	6
2.3	ใบพัดโลหะ	6
2.4	ใบพัด Wrap Drive	7
2.5	ใบพัด Full Feathering	8
2.6	แรงขับ	9
2.7	Leading Edge	10
2.8	Blade Face	10
2.9	Blade Back หรือ Thrust Face	11
2.10	Plane of Rotation	12
2.11	Blade Angle	12
2.12	Relative Wind	13
2.13	Geometric Pitch	13
2.14	ความล้า (Stress)	14
2.15	โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ	15
2.16	Shear Beam Load Cell	15
2.17	Truck Scale Load cell	16
2.18	Single Point Load cell	17
2.19	Bending Beam Load cell	17
2.20	Pancake Load cell	18
2.21	Canister Load cell	18
2.22	S Beam Load cell	19
2.23	โหลดเซลล์แบบไฮดรอลิก	19
2.24	โหลดเซลล์แบบนิวแมติก	20
2.25	โหลดเซลล์แบบไพโซรีซิสทีฟ	20
2.26	แมกเนโตสเตร็กทีฟ	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่		หน้า
2.27	หลักการทำงานสายพานส่งกำลัง	23
2.28	โครงสร้างพื้นฐานสายส่งกำลัง	24
2.29	แบบลักษณะเฉพาะของแบริ่งชนิดต่างๆ	27
2.30	แบริ่งเม็ดทรงกระบอก	28
2.31	แบริ่งเม็ดโค้งกันรุน	28
2.32	แบริ่งเม็ดกลมปรับแนวได้เอง	29
2.33	แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสี่จุด	29
2.34	แบริ่งเม็ดกลมกันรุนทิศทางเดียว	30
2.35	แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถว	30
2.36	แบริ่งเม็ดโค้ง	31
2.37	แบริ่งประกบคู่	31
2.38	แบริ่งเทเปอร์	32
2.39	แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม	32
2.40	แบริ่งเม็ดเข็ม	33
2.41	แบริ่งแม็กนีโต	33
2.42	แบริ่งเม็ดกลมล่องลึกแถวเดียว	34
2.43	ตลับลูกปืนตุ๊กตา UCP-207	34
3.1	ภาพแสดงอุปกรณ์ในการทดลอง	41
3.2	ฐานที่ทำเป็นที่รองรับตัวเครื่องยนต์	43
3.3	ล้อร่องกลม	43
3.4	เครื่องยนต์รุ่น TOYOTA 3E	44
3.5	สวิตซ์กุญแจจุดระเบิดเครื่องยนต์	44
3.6	วงจรไฟของระบบ	45
3.7	ฐานวางแบตเตอรี่	45
3.8	แบตเตอรี่ ยี่ห้อ GS Battery รุ่น MFX-185R	46
3.9	หม้อน้ำรถยนต์รุ่น TOTOTA SOLUNA AL50	46
3.10	ปั๊มติ๊กนอกถังรุ่นTPFB-303 ยี่ห้อ PERFORMANCE JAPAN	47
3.11	ถังน้ำมัน	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.12	พูเล่ย์ร่อง B ขนาด 9 นิ้ว และ 18 นิ้ว	48
3.13	สายพานร่อง B เบอร์ 68 ยี่ห้อ ALLIGATOR GLOBE	48
3.14	ลูกรอกสายพาน (ลูกเตะ)	49
3.15	ตลับลูกปืนตุ๊กตา รุ่น UCP-207	49
3.16	ใบพัดยี่ห้อ Warp Drive	50
3.17	ราง	50
3.18	เครื่องวัดความเร็วรอบยี่ห้อ DIGICON รุ่น DT-245P	51
3.19	โหลดเซลล์แบบ bending beamยี่ห้อ MASSIS รุ่น HSX-A	51
3.20	หน้าจอแสดงผลยี่ห้อ SDS รุ่น IDS12-LCD	51
3.21	เครื่องวัดระดับเลเซอร์ 360 องศา ยี่ห้อ ADVANCE รุ่น BR660NM	52
3.22	ที่วัดระดับน้ำอะลูมิเนียม 12 นิ้วยี่ห้อ STANLEY รุ่น 42-072	52
3.23	ชุดบล็อกเอนกประสงค์1/2 นิ้ว ยี่ห้อ KINGTONY	52
3.24	ชุดประแจแหวนข้างปากตายชุด 14 ตัว ยี่ห้อ HACHI	53
3.25	ตู้ชาร์จแบตเตอรี่ รุ่น 30 แอมแปร์ยี่ห้อ BONTA	53
3.26	องศาของใบพัดที่มุม 5 10 15 20 องศา	56
3.27	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	56
4.1	ชุดทดลองหากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท	58
4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร็วรอบ ที่อัตราทด 2:1	59
4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร็วรอบ ที่อัตราทด 1:1	59
ก.1	โครงสร้างฐาน	69
ก.2	เพลาของใบพัด	70
ก.3	รางวิ่งสำหรับชุดทดลอง	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากขนาดของประเทศไทยโดยอ้างอิงจากแผนที่ทหาร ประเทศไทยมีพื้นที่ ประมาณ 511,937 ตารางกิโลเมตร โดยภูมิศาสตร์ของประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศทั้งแบบทุ่งหญ้าเมืองร้อนคือ มีฝนตกปานกลาง ฤดูฝนสั้น ฤดูร้อนยาว พืชพรรณธรรมชาติจะเป็นทุ่งหญ้าสลับด้วยป่าไม้ เช่น ในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน คือ มีฝนตกชุกเกือบตลอดปี เช่น ในภาคใต้ จะมีฤดูฝนยาวนาน [1]

ในสภาวะปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับอุทกภัยส่งผลให้เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือนสิ่งก่อสร้าง ระบบสาธารณูปโภค คนและสัตว์เป็นจำนวนมาก และอีกทั้งยังส่งผลต่อเส้นทางคมนาคมและการขนส่ง พื้นที่การเกษตรและปศุสัตว์นั้นได้รับความเสียหาย [2] นำไปสู่การช่วยเหลือซึ่งเมื่อเกิดอุทกภัยขึ้นจะมีการช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากหน่วยงานต่างๆโดยอย่างที่เห็นได้ชัด คือ การช่วยผู้ประสบอุทกภัยโดยทางเรือหรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่ สามารถลอยน้ำได้ เช่น กระดานโต้คลื่น กระดานเล่นใบ เจ็ทสกี เรือพาย เรือแคนู เรือกรรเชียง เรือใบ เรือท้องแบน ฯลฯ [3] โดยรูปแบบของเรือที่เหมาะสมในการช่วยเหลือนั้นจะเป็นประเภทเรือท้องแบนเป็นประเภทเรือ Flat Boats เรือประเภทนี้เป็นเรือที่เหมาะสำหรับน้ำจืดโดยเฉพาะ เพราะสู้คลื่นได้ไม่ดี แต่ก็มีเรือท้องแบนหลายยี่ห้อที่ออกแบบท้องให้สามารถสู้คลื่นได้ เพราะเรือท้องแบนนั้นมีข้อดีคือ สามารถเข้าไปในบริเวณน้ำตื้นๆได้ดีและสามารถรับน้ำหนักได้มาก [4] ต่อมาได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบในการขับเคลื่อนจากการขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เรือซึ่งมีใบพัดใช้หมุนใต้น้ำมาปรับเปลี่ยนเป็นการติดตั้งเครื่องยนต์และใบพัดบนตัวเรือท้องแบนขับเคลื่อนด้วยพลังงานลม โดยเรือประเภทนี้เรียกว่า เรือแอร์โบ๊ท เป็นเรือที่ใช้ในการขับขี่บนแหล่งน้ำที่มีความตื้นในระดับที่จำกัด ป่าชายเลน หรือทุ่งที่มีน้ำท่วมตลอดทั้งปี โดยเรือประเภทนี้ขับเคลื่อนด้วยพลังงานลมที่เกิดจากใบพัดบริเวณด้านท้ายเรือ ในลักษณะการผลักตัวเรือด้วยพลังงานลมออกบริเวณท้ายเรือไปทำให้ตัวเรือเคลื่อนที่ไปในทิศทางข้างหน้า [5]

ในโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ทโดยการศึกษาเกี่ยวกับองศาของใบพัดเรือแอร์โบ๊ทเพื่อหาประสิทธิภาพของแรงผลักที่ดีที่สุดของใบพัดโดยได้ทำการสร้างเป็นชุดทดลองของใบพัด ในการศึกษาครั้งนี้ยังศึกษาไปถึงค่าพารามิเตอร์ต่างๆและศึกษาในเรื่องทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับใบพัด เพื่อจะนำใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพของเรือแอร์โบ๊ทในปัจจุบันต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาแรงขับของใบพัดเรือแอร์โบ๊ท

1.2.2 เพื่อศึกษาและหาประสิทธิภาพของใบพัดเรือแอร์โบ๊ทโดยประเมินจากความเร็วรอบและมุมของใบพัด

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1.3.1 เครื่องยนต์ TOYOTA 3E

1.3.2 ใบกังหันยี่ห้อ WRAP DRIVE 3 ใบ

1.3.3 โหลดเซลล์ 200 กิโลกรัม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถหาองศาที่ดีที่สุดของใบพัดได้

1.4.2 เพื่อเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพของเรือแอร์โบ๊ท

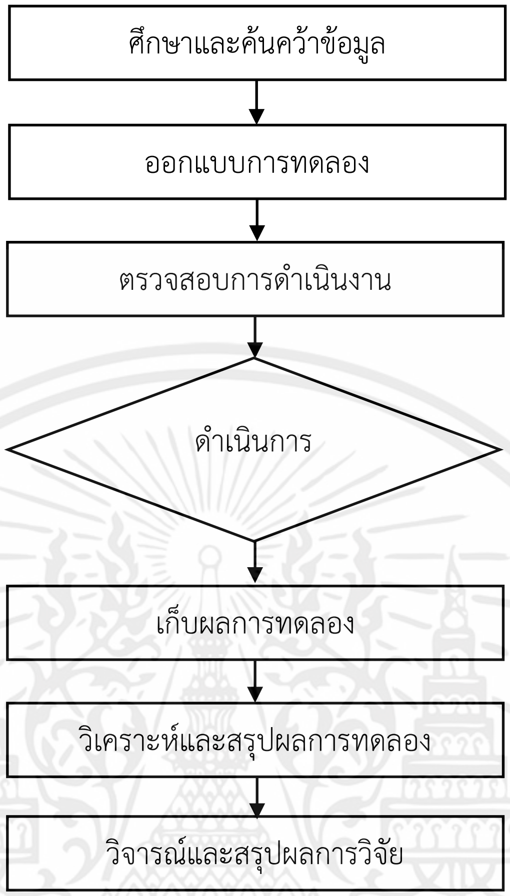
1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานของการศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท

กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินการ 2563-2564										
	ส.ค. 63	ก.ย. 63	ต.ค. 63	พ.ย. 63	ธ.ค. 63	ม.ค. 64	ก.พ. 64	มี.ค. 64	เม.ย. 64	พ.ค. 64	มิ.ย 64.
1.ศึกษาและค้นคว้าข้อมูล	↔	↔									
2.ออกแบบและวางแผนการทดลอง			↔	↔							
3.ทำการทดลองและรวบรวมเก็บข้อมูล				↔	↔	↔	↔				
4.เก็บผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง								↔	↔		
5.สรุปผลและจัดทำเล่มปริญญานิพนธ์								↔	↔	↔	↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานของการศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ หมายถึง เครื่องจักรหรือเครื่องมือกลที่สามารถเปลี่ยนพลังงาน ความร้อนเป็นพลังงานกล

เครื่องยนต์เป็นส่วนหนึ่งในเครื่องต้นกำลังที่สำคัญ ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบันเนื่องจากสามารถจัดส่งกำลังให้กับส่วนต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการ ขับเคลื่อนหรือทำงานได้จึงถือได้ว่าเครื่องยนต์เป็นสิ่งหนึ่ง ที่สามารถทำประโยชน์ให้กับมนุษย์ได้อย่างมหาศาล [6]

2.1.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ คือ เครื่องยนต์ 4 จังหวะจะมีจังหวะการทำงานทั้ง 4 ที่ทำให้ครบรอบการทำงานคือ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลังและจังหวะคาย การประจุไอดีและคายไอเสียจะใช้กลไกช่วยให้เกิดการเปิดปิดวาล์วไอดีและไอเสียทำงานจนครบรอบการทำงาน เครื่องยนต์ 4 จังหวะจะทำงานครบรอบการทำงานเมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบจุดระเบิด 1 ครั้ง ประกอบด้วย [7]

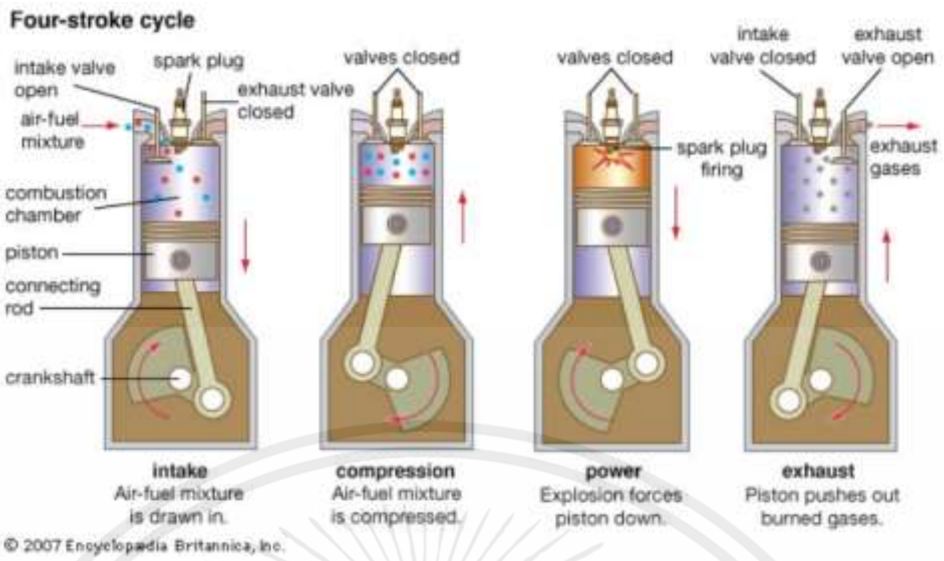
2.1.1.1 จังหวะดูด (Suction Stroke) ลูกสูบเลื่อนลงสู่ศูนย์ตายล่าง (Bottom Dead Center, BDC) วาล์วไอดีเปิด วาล์วไอเสียปิด เพื่อดูดไอดีผ่านทางวาล์วไอดีเข้าไปในกระบอกสูบ ซึ่งในจังหวะนี้ ความดันตันภายในกระบอกสูบจะต่ำกว่าบรรยากาศ

2.1.1.2 จังหวะอัด (Compression Stroke) เมื่อลูกสูบผ่านศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบน (Top Dead Center, TDC) ในจังหวะอัดวาล์วไอดีและไอเสียจะปิด ไอดีจะถูกอัดตัวให้มีปริมาตรน้อยลง ทำให้ไอดีมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น

2.1.1.3 จังหวะจุดระเบิดหรือจังหวะกำลัง (Power Stroke) ลูกสูบเลื่อนขึ้นก่อนถึงศูนย์ตายบนใน จังหวะอักเล็กน้อย (วาล์วไอดีและไอเสียยังคงปิดอยู่) หัวเทียนจะจุดประกายไฟ ทำให้ไอดีเกิดการ ลุกไหม้อย่างรวดเร็วทำให้ความดันและอุณหภูมิภายในกระบอกสูบเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว กำลัง งานที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ก็จะดันลูกสูบให้เลื่อนลงอย่างรุนแรง ทำให้ได้งานออกมาจากการ เคลื่อนที่ลงของลูกสูบในจังหวะนี้

2.1.1.4 จังหวะคาย (Exhaust Stroke) เมื่อลูกสูบเลื่อนลงมาก่อนถึงศูนย์ตายล่างเล็กน้อยวาล์วไอ เสียจะเปิดและเมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้น ในจังหวะคายไอเสีย ลูกสูบจะดันไอเสียออกไปจากกระบอกสูบ ทางช่องวาล์วไอเสีย ก่อนที่ลูกสูบจะเลื่อนขึ้นถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อย วาล์ว ไอดีก็จะเปิด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายบนและเลื่อนลงสู่ศูนย์ตายล่างก็จะดูดไอดีเข้ามาใน กระบอกสูบเป็นการเริ่มต้นจังหวะดูดอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การจำแนกเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ประกอบด้วย (a) จังหวะดูด (b) จังหวะอัด (c) จังหวะจุดระเบิดหรือจังหวะกำลัง และ (d) จังหวะคาย [7]

2.2 ใบพัด

ใบพัด (propeller) หมายถึง ใบพัด ตั้งแต่ 2 ใบขึ้นไป ที่ติดอยู่บนเพลาหมุน (shaft) สำหรับขับเคลื่อนของไหล เช่น ใบพัดที่ติดตั้งภายในถังผสมของเหลว (mixer) พัดลม (fan) ปั๊ม (pump) เพื่อทำให้ของเหลว หรืออากาศ เกิดการเคลื่อนที่ในแนวแกน (axial flow) [8] ใบพัดสามารถแบ่งประเภทได้ออกเป็น 8 ประเภท ได้แก่

2.2.1 Fixed pitch คือ ใบพัดแบบมุมคงที่ ซึ่งสร้างขึ้นเป็นชิ้นๆเดียวที่มีมุม หรือ Pitch คงที่ และทั่วไปจะเป็นใบพัดที่มี สองกลีบ หรือสองใบ และทำด้วยไม้ หรือโลหะ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.2.1.1 ใบพัดไม้ (Wooden Propellers) หรือ ใบพัดที่ทำจากไม้ โดยทั่วไปจะใช้กับเครื่องบินส่วนตัว หรือเครื่องธุรกิจก่อนสงครามโลกครั้งที่สอง ใบพัดไม้ไม่ได้ตัดมาจากไม้ท่อนเดียวเป็นแท่ง แต่สร้างขึ้นมาจากการประกอบกันขึ้น จากชิ้นไม้หลายๆชั้น ที่ได้คัดเลือกแล้วไม้ที่ยอมรับและใช้ในการทำใบพัด ได้แก่ yellow birch, sugar marple, black cherry, และ black walnut การใช้ไม้มาเป็นชั้นๆ (Laminated) ก็เพื่อลดโอกาสที่ไม้ หรือใบพัดจะโก่งงอ สำหรับมาตรฐานทั่วๆไป ใบพัดหนึ่งใบจะประกอบด้วยไม้เป็นชั้นๆ ประมาณ 5 ถึง 9 ชั้น สำหรับความหนา 3/4 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 ใบพัดไม้ (Wooden Propellers) [8]

2.2.1.2 ใบพัดโลหะ (Metal Propellers) ใบพัดที่ทำจากเหล็ก มีใช้แล้วสำหรับทหาร แต่ใบพัดที่ทันสมัย ในปัจจุบัน ใช้ ทำมาจาก อลูมินัมอัลลอยล์ ที่มีความเหนียว ผ่านกระบวนการชุบแข็ง และอัดขึ้นรูป จากอลูมินัมท่อนเดียว ตามรูปแบบที่ต้องการ ปัจจุบันใบพัดที่ทำจากโลหะ ได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย กับอากาศยานทุกแบบ จากสายตาใบพัดที่ทำด้วยโลหะ ก็คล้ายกับใบพัดที่ทำด้วยไม้ นอกจากว่า ใบพัดที่ทำด้วยโลหะจะบางกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ใบพัดโลหะ (Metal Propellers) [8]

2.2.2 Ground adjustable pitch คือ การตั้งค่า pitch หรือมุมของใบพัด สามารถกระทำได้ด้วยเครื่องมือ ขณะที่เครื่องจอดอยู่บนพื้น ก่อนที่จะติดเครื่องยนต์ ใบพัดชนิดนี้ โดยทั่วไปแล้วที่ HUB จะสามารถแยกออกจากกันได้ มุมของใบพัดจะตั้งค่าเท่าไรนั้น บริษัทผู้สร้าง เครื่องบินจะเป็นผู้กำหนด การตั้งค่า Pitch หรือ มุมของใบพัด ก็เพื่อชดเชย ค่าความสูงของสนามบินแต่ละแห่ง หรือเพื่อ คุณลักษณะ ของเครื่องบินต่างชนิดกัน แต่ใช้เครื่องยนต์ แบบเดียวกัน การตั้งมุม ของใบพัด ก็โดย หลวมแหวนรัด ที่ HUB แล้วก็หมุนใบพัดไปตามมุมที่ต้องการ แล้วก็ขัน แหวนรัดให้แน่นดังเดิม

2.2.2.1 ใบพัด Warp Drive มีระยะพิทช์คงที่และปรับพื้นได้ ใบพัดทั้งหมดผลิตในสหรัฐอเมริกาโดยใช้วัสดุเกรดอากาศยานที่มาจากสหรัฐอเมริกากระบวนการที่เป็นกรรมสิทธิ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูง ใบมีด Warp Drive ทั้งหมดเป็นเส้นใยคาร์บอนที่เป็นของแข็ง ไม่กลวง ไม่มีโฟม ไม่มีไฟเบอร์กลาส เส้นใยคาร์บอนหลายชั้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและทนทานเป็นพิเศษ ใบมีดทั้งหมดทาสีด้วยแลคเกอร์สีดำแบนซึ่งให้การปกป้องรังสียูวีและสิ่งแวดล้อม มีการใช้สีประเภทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะมีจำหน่ายทั่วโลก ทำให้สามารถซ่อมแซมได้ในพื้นที่ ขอบชั้นนำของนิกเกิลฝังเสริมช่วยป้องกันฝน น้ำแข็ง ทราย หรือสภาพแวดล้อมที่มีการเสียดสีสูงอื่นๆ แผนใบมีดเรียวที่เป็นตัวเลือกช่วยลดพื้นที่ใบมีดซึ่งช่วยให้มีระยะพิทช์สูงขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการล่องเรือเพิ่มขึ้น ฮับ HPL และ HP ผลิตจากอะลูมิเนียมแท่งยาวที่มาจากสหรัฐอเมริกา ระยะพิทช์ใบมีดที่ใช้งานได้คือ 6 องศาถึง 20 องศา ระยะห่างที่แนะนำของใบพัดขึ้นอยู่กับความเร็วของยานพาหนะข้อมูลจำเพาะของ powerplant เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดและตัวเลือกใบพัด Warp Drive Professional Protractor มาพร้อมกับใบพัดทุกตัวเพื่อกำหนดระยะห่างของใบมีดอย่างแม่นยำ [9] ดังแสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 ใบพัด Wrap Drive [10]

2.2.3 Two-position คือ ใบพัดที่สามารถเปลี่ยน pitch จากตำแหน่งหนึ่ง ไป อีกตำแหน่งหนึ่ง โดยนักบิน ขณะที่กำลังทำการบินอยู่

2.2.4 Controllable pitch คือ นักบินสามารถที่จะเปลี่ยน pitch ของใบพัด ได้ในขณะที่กำลังทำการบินอยู่ ด้วยระบบการเปลี่ยน pitch ซึ่งอาจจะเป็นระบบ Hydraulic ก็ได้ และเปลี่ยนมุมได้มากกว่าสอง ตำแหน่ง

2.2.5 Constant speed คือ ใบพัดที่หมุนด้วยรอบคงที่จะใช้ระบบ hydraulically หรือ electrically ในการเปลี่ยน pitch ของใบพัด และระบบนี้จะถูกควบคุมโดย อุปกรณ์ที่เรียกว่า governor การตั้งค่าของ governor กระทำโดยนักบิน ผ่านคันบังคับรอบ rpm ในห้องนักบิน ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน ใบพัดจะรักษาให้รอบเครื่องยนต์ หรือรอบของใบพัดคงที่อัตโนมัติ โดยการเปลี่ยนมุมของใบพัดให้มากขึ้น หรือน้อยลงเพื่อรักษารอบของ เครื่องยนต์เอาไว้ ถ้ากำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น (เช่นขึ้นที่สูง อากาศเบาบาง) มุมของใบพัดก็จะเพิ่มขึ้น เพื่อให้ใบพัดรับกับแรงของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น rpm ก็จะรักษาให้คงที่ได้ ในทางตรงกันข้าม ถ้ากำลังเครื่องยนต์ตกลงไป มุมของใบพัดก็จะลดลง เพื่อทำให้กินอากาศน้อยลง เพื่อ รักษารอบ เครื่องยนต์ให้คงที่ นักบินจะเป็นผู้เลือก ความเร็วรอบเครื่องยนต์ตามที่ต้องการเพื่อให้เป็นไปตามที่กำหนด แต่ละเงื่อนไข ที่ต้องการ

2.2.6 Full Feathering คือ ใบพัดชนิดความเร็วรอบคงที่ แต่สามารถที่จะหันสันของใบพัด (edge) เข้าหาลม เพื่อไม่ให้เกิดแรงต้าน หรือเกิดการหมุนของใบพัดขึ้น ขณะที่ เครื่องยนต์มีปัญหา หรือ เครื่องยนต์ดับขณะทำการบิน คำว่า Feathering หมายถึงการดำเนินการหมุนกลีบใบพัดเข้าหาลม เพื่อจุดประสงค์ หยุดการหมุนของใบพัด เพื่อลดแรงต้านดังนั้น Feathered blade กลีบใบพัดจะประมาณ อยู่ในแนวทิศทางของการบิน หรือปรับ ใบพัดให้อยู่ในตำแหน่งมุมสูงสุด (turned the blades to a very high pitch) Feathering มีความจำเป็นเมื่อเครื่องยนต์เสียขณะทำการบิน หรือต้องการดับเครื่องยนต์ ขณะทำการบิน ดังแสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 Full Feathering [8]

2.2.7 Reversing คือ ใบพัดชนิดความเร็วรอบคงที่ แต่สามารถที่จะบังคับให้มุมของใบพัดอยู่ในตำแหน่ง negative เพื่อทำให้เกิดแรงถอยหลัง เมื่อมุมของใบพัดอยู่ในตำแหน่ง reversed กลีบใบพัดก็จะหมุนไปต่ำกว่า มุมที่เป็นบวกจนกระทั่งเป็นมุมลบ เพื่อให้ได้มาซึ่ง Negative Thrust นั่นเอง Reverse Thrust โดยปกติจะใช้กับเครื่องบินขนาดใหญ่ในขณะที่ลงจอด เพื่อลดระยะทางในการวิ่งขณะลงจอด

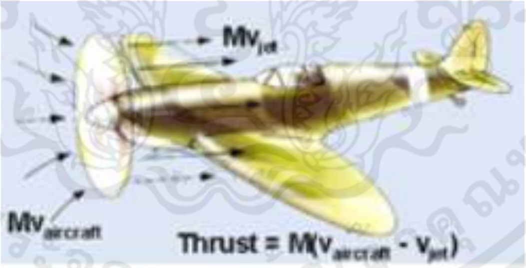
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.8 Beta Control คือ ใบพัดที่อนุญาตให้นักบิน สามารถปรับตำแหน่งมุมของใบพัด ได้มากกว่าตำแหน่ง limit ปกติ (Normal Low Pitch Stop) ซึ่งโดยปกติจะใช้ เวลา taxiing ในเครื่องที่ Thrust สามารถควบคุมด้วยการ ปรับมุมของใบพัดที่คันบังคับกำลัง

2.3 แรงขับ

แรงขับ เป็นแรงที่ใช้ขับเคลื่อน อากาศยานไปในอากาศ แรงขับ เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ผลักดันอากาศยาน ซึ่งมีอยู่หลายแบบและหลายวิธีการในการสร้างระบบผลักดันนี้ขึ้นมา ถึงแม้ว่ามันจะอาศัย โดยใช้ กฎของนิวตัน ข้อที่สาม ใบพัดก็เป็นหนึ่งในระบบขับเคลื่อนอากาศยาน จุดมุ่งหมายของ ใบพัดก็คือการขับเคลื่อนอากาศยาน ให้เคลื่อนที่ไปในอากาศ ใบพัดประกอบใบด้วยใบ หรือกลีบตั้งแต่สองกลีบ หรือสองใบขึ้นไป ต่อกันด้วยที่ศูนย์กลาง ซึ่งเรียกว่า HUB และ HUB นี้ทำหน้าที่ยึดใบพัดแต่ละกลีบ หรือแต่ละใบ เข้ากับเพลาของเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

ใบพัด สร้างขึ้นให้มีลักษณะหรือรูปร่าง เป็น Airfoil คล้ายกับลักษณะของปีกเครื่องบิน เมื่อใบพัดหมุนโดยการหมุนของเครื่องยนต์ ใบพัดก็จะสร้าง แรง ยก ไปทางด้านหน้าของเครื่องบิน และแรงยกส่วนนี้เราเรียกว่า thrust ที่จะทำให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปข้างหน้า อากาศยานส่วนใหญ่ มีใบพัดแบบที่ใช้ดึง เครื่องบิน ผ่านไปในอากาศ ใบพัดประเภทนี้เรียกว่า ใบพัดแบบ tractor อากาศยานบางเครื่อง ใช้ใบพัดแบบผลัก ให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปในอากาศ เรียกใบพัด ประเภทนี้ว่า pusher [11]

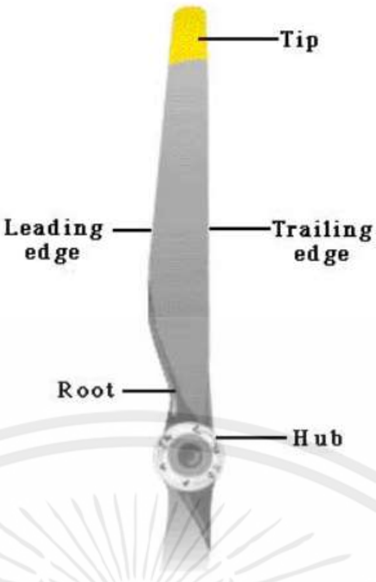


รูปที่ 2.6 แรงขับ [11]

2.3.1 ส่วนประกอบของใบพัด

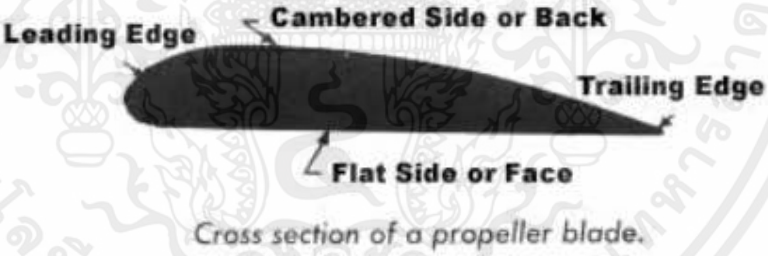
2.3.1.1 Leading Edge คือ ส่วนแรกของใบพัดที่หมุนตัดกับอากาศ เมื่อใบพัดตัดอากาศ อากาศก็จะไหลผ่านบนด้านหน้าของใบพัดและส่วนที่เป็นส่วนโค้งของใบพัด ดังแสดงในรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 Leading Edge [11]

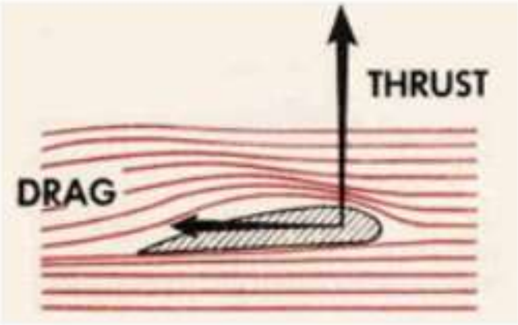
2.3.1.2 Blade Face คือ ส่วนล่างของใบพัด หรือส่วนล่างของ Airfoil ส่วนนี้ไม่ใช่ส่วนโค้งจะมีพื้นราบเรียบหรือ flat แต่อาจจะเรียกว่าเป็นด้านหลังของใบพัด ซึ่งไม่ใช้แท้จริงแล้วเป็นด้านหน้า ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 Blade Face [11]

2.3.1.3 Blade Back หรือ Thrust Face คือ ส่วนที่มีความโค้งพื้นผิวหรือ camber ของใบพัดหรือบางทีเราเรียกว่าด้านหน้าของใบพัดซึ่งผิดความจริงมันคือด้านหลังของใบพัด ดังแสดงในรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

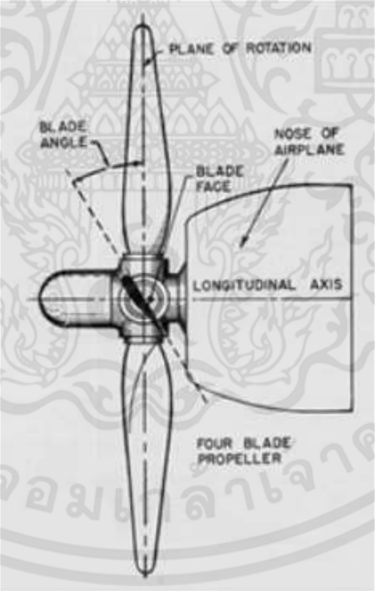


รูปที่ 2.9 Blade Back หรือ Thrust Face [11]

2.3.1.4 Blade Shank (Root) คือส่วนของกลีบใบพัดที่อยู่ที่ส่วนหัว หรือ ส่วนที่อยู่ติดกับส่วนตรงกลาง (hub)

2.3.1.5 Blade Tip คือ ส่วนปลายสุดของใบพัด

2.3.1.6 Plane of Rotation คือ ระนาบจินตนาการของการหมุนของใบพัดที่ตั้งฉากกับ แกนของเครื่องยนต์ ระนาบนี้จะเป็นระนาบวงกลม ตามที่ใบพัดหมุน ดังแสดงในรูปที่ 2.10

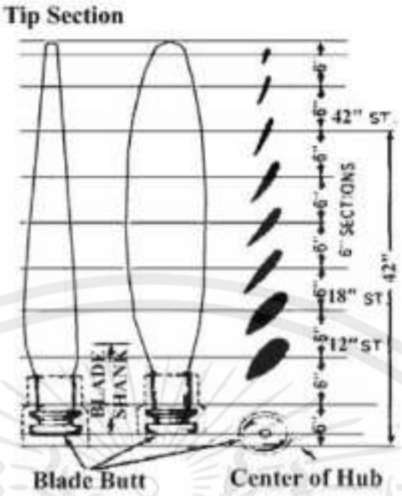


รูปที่ 2.10 Plane of Rotation [11]

2.3.1.7 Blade Angle คือมุมที่เกิดจาก ส่วนของด้านหลังของใบพัด หรือ Blade Face กับ ระนาบการหมุนของใบพัด มุมที่เกิดขึ้นตลอดระยะ ความยาวของใบพัด ตั้งแต่โคนถึงปลายใบพัดจะไม่เท่ากัน เหตุผลในการที่มุมตลอดใบพัด มีค่าต่างกัน เพราะว่า ระยะความยาวของใบพัดจากแกนศูนย์กลางการหมุนไม่เท่ากัน ทำให้ความเร็วของใบพัดแต่ละส่วนมีความเร็วไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลกับแรงที่เกิดขึ้น ดังนั้นการออกแบบจึง ต้องการให้ทุกๆ ส่วนของใบพัด มี มุม Angle of Attack ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของตัวเองที่มี ประสิทธิภาพที่สุด ที่สามารถสร้างแรงผลัก ตามความเร็วรอบที่ออกแบบมา ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 Blade Angle [11]

2.3.1.8 Blade Element คือ ส่วนย่อยๆ ของความยาวของใบพัดเสมือนนำส่วนย่อยๆ นี้มาต่อกัน ขึ้นมาเป็นใบพัดหรือ blade airfoil ส่วนย่อยๆ นี้วางอยู่ในตำแหน่ง ที่ทำมุมกับระนาบการหมุนที่ต่างกันเหตุผลในการวางส่วนต่างๆที่มุมต่างกัน

เพราะว่าส่วนย่อยๆต่างๆของใบพัดนั้นมีความเร็วในการหมุนที่ต่างกัน ส่วนของใบพัดที่อยู่ด้านในติดกับศูนย์กลางจะมีความเร็วที่ช้ากว่า ส่วนที่อยู่ไกลออกไปที่ ส่วนปลายของใบพัด ถ้าหากว่าทุกส่วนตลอดความยาวของใบพัด มีมุมเท่ากันหมดทิศทางของลมที่กระทบกับใบพัดก็จะไม่กระทบกับใบพัด ที่มุม Angle of Attack ที่เท่ากันเป็นเพราะ ความเร็วของใบพัดตลอดระยะความยาวจะไม่เท่ากัน

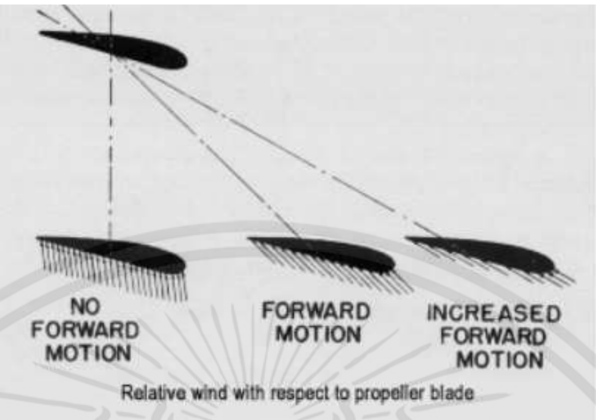
ใบพัดจะมีลักษณะบิดเป็นเกลียวเล็กน้อย (เนื่องจากการมีมุมที่ต่างกันในแต่ละส่วน ของใบพัด) ในตัวของมัน ด้วยเหตุผลที่สำคัญ เมื่อใบพัดหมุนไปรอบๆ แต่ละส่วนของใบพัด หมุนด้วยความเร็วที่ต่างกัน การที่ใบพัด บิดเล็กน้อย นั่นหมายความว่า แต่ละส่วน ที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ด้วยความเร็วเท่ากัน จึงทำให้ไม่เกิดแรง ที่ส่วนใดส่วนหนึ่ง ของใบพัด มากกว่ากัน ซึ่งจะทำให้เกิดอาการงอได้ (bending)

แรงผลัก ที่เกิดจากใบพัดที่ติดอยู่กับเพลาของเครื่องยนต์ขณะที่ใบพัดหมุนขณะทำการบินแต่ละส่วนเคลื่อนไหวพร้อมกับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของเครื่องบินและ การหมุนรอบของใบพัดส่วนที่หมุนช้าก็จะมีมุม Angle of Attack ที่มากกว่าในการสร้างแรงผลัก ดังนั้น รูปร่าง (cross section) ของใบพัด จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงจาก โคนใบพัดไปจนถึงปลายของใบพัด และการเปลี่ยนรูปร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นนี้ ทำให้ใบพัดมีลักษณะ บิด (Twist) ของใบพัด

2.3.1.9 Relative Wind คือ ลมที่กระทบและผ่าน airfoil เมื่อ airfoil เคลื่อนที่ผ่านอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.12



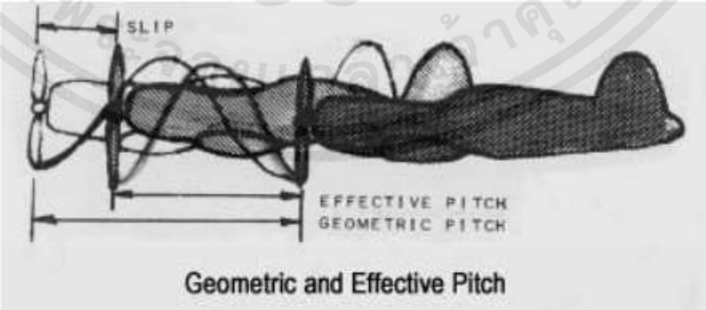
รูปที่ 2.12 Relative Wind [11]

2.3.1.10 Angle of Attack เป็นมุมระหว่าง chord ของ element กับ relative wind สำหรับใบพัดแล้ว มุมที่มีประสิทธิภาพจะอยู่ระหว่าง 2 ถึง 4 องศา

2.3.1.11 Blade Path เป็นทางเดินที่ใบพัดเคลื่อนที่ไป

2.3.1.12 Pitch อ้างถึง ระยะทาง ที่เป็นเกลียว เหมือน เกลียวของสกรู ที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้า หนึ่งรอบ ซึ่งก็เหมือนใบพัด เคลื่อนที่ไปข้างหน้า เมื่อหมุนอยู่ในอากาศ

2.3.1.13 Geometric Pitch เป็นระยะทางในทาง ทฤษฎี ที่ใบพัดควรจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อใบพัดหมุนไป หนึ่งรอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 Geometric Pitch [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.14 Effective Pitch เป็นระยะทางในทางปฏิบัติจริงๆ เมื่อใบพัดหมุนหนึ่งรอบ ในขณะทำการบินในอากาศ effective pitch จะมีระยะทางสั้นกว่า geometric pitch เสมอ เนื่องจาก อากาศที่เป็นของไหลจะลื่นไถล (slip)

2.3.2 แรง (Force)

แรง (Force) คือ การกระทำต่อใบพัดขณะทำการบิน ประกอบด้วย 3 แรงดังนี้

2.3.2.1 แรงผลัก เป็นแรงของอากาศบนใบพัด ซึ่ง ขนานกับ ทิศทางที่ไปข้างหน้า และก่อให้เกิด แรงที่ทำให้ใบพัดมีอาการที่จะงอ

2.3.2.2 Centrifugal force เป็นแรงหนีศูนย์กลาง เกิดจากการหมุนของใบพัด มีอาการที่พยายามเหวี่ยงใบพัดออกไปจากศูนย์กลาง

2.3.2.3 Torsion or Twisting forces ภายในตัวของใบพัดเอง ซึ่งเกิดจากผลของแรงที่เกิดจากอากาศ ที่พยายามจะบิดใบของใบพัดไปหามุมที่ต่ำกว่า หรือไปหามุมที่แบน

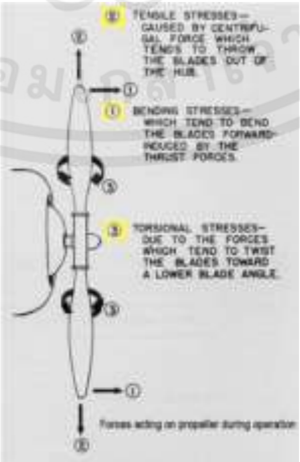
2.3.3 ความล้า (The stress)

ความล้า (The stress) คือ ที่กระทำต่อใบพัดขณะทำการบิน ดังแสดงในรูปที่ 2.14 ประกอบด้วย 3 แรง ดังนี้

2.3.3.1 Bending stresses ซึ่งเกิดจากแรง trust ที่กระทำต่อใบพัด stresses อันนี้พยายามที่จะโค้งงอ ใบพัดไปข้างหน้า ขณะที่เครื่องบินเคลื่อนที่ไป ในอากาศ ด้วยใบพัด

2.3.3.2 Tensile stresses เกิดจากแรงหนีศูนย์กลางของใบพัดเอง

2.3.3.3 Torsion stresses แรงบิดนี้เกิดจากการ หมุนของใบพัดเอง ด้วยแรงบิดสองแรง แรงแรก เกิดจากแรงที่กระทำตอบโต้กับแรงลมที่เกิดจากใบพัด ที่เรียกว่า aerodynamic twisting moment อีกแรงหนึ่ง เกิดจากแรงหนีศูนย์กลาง และเรียกแรงนี้ว่า centrifugal twisting moment



รูปที่ 2.14 ความล้า (Stress) [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

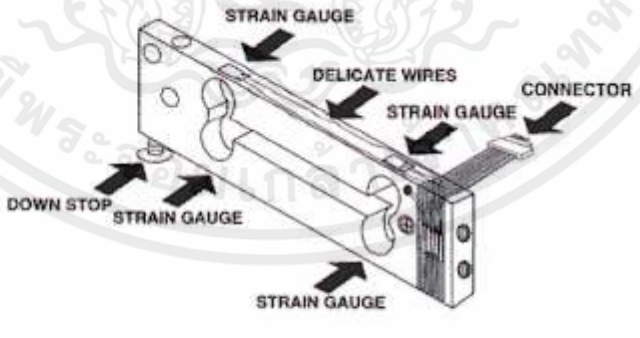
2.4 โหลดเซลล์

โหลดเซลล์ (Load Cell) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนจากแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อตัวโหลดเซลล์ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ทางเราสามารถนำสัญญาณทางไฟฟ้านี้ไปจ่ายเข้าจอแสดงผล Display แสดงค่าเป็นน้ำหนักหรือแรงที่กระทำให้คนเห็นได้ โหลดเซลล์ถูกสร้างมาจาก Strain Gauge ที่จัดเรียงวงจรในรูปแบบวงจรวิจสโตน บริดจ์ (Wheatstone Bridge) ซึ่งสามารถแปลงค่าแรงกดหรือแรงดึง ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า [12]

โหลดเซลล์ สามารถเอาไปประยุกต์ทำเครื่องชั่งตวงในอุตสาหกรรมได้ วัดแรงกด (Compression) หรือ ใช้ทดสอบวัสดุ วัดแรงดึง (Tensile) ได้อีกด้วย การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน การทดสอบการเข้ารูปชิ้นงาน (Press fit) ใช้สำหรับงานทางด้านวัสดุ โลหะ ทดสอบโลหะ ชิ้นส่วนรถยนต์ วิศวกรรมโยธา ทดสอบคอนกรีต ทดสอบไม้ ฯลฯ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากงานภาคอุตสาหกรรม

2.4.1 ประเภทของโหลดเซลล์

2.4.1.1 โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ (Strain Gauge Load cell) หลักการของโหลดเซลล์ประเภทนี้ก็คือ เมื่อมีน้ำหนักมากระทำความเครียด (Strain) จะเปลี่ยนเป็นความต้านทานทางไฟฟ้าในสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่มากระทำ ปกติแล้วมักจะใช้เกจวัดความเครียด 4 ตัว (วงจร Wheatstone Bridge Circuit) ในการวัดโดยเกจตัวต้านทานทั้งสี่จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อใช้แปลงแรงที่กระทำกับตัวของมันไม่ว่าจะเป็นแรงกดหรือแรงดึงส่ง สัญญาณออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า [13] ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1.1 โหลดเซลล์แบบใช้แรงกด คือ เป็นโหลดเซลล์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แรงกดลงบนตัวโหลดเซลล์ ซึ่งมีชื่อเรียกตามรูปร่างและการใช้ แบ่งออกเป็น 8 ประเภทดังนี้ [14]

2.4.1.1.1.1 Shear Beam Load Cell โดยปกติจะเรียก Shear Beam เป็น Load cell ที่ใช้งานโดยยึดปลายด้านหนึ่งเข้ากับฐานและนำถังวางลงบนปลายอีกด้านหนึ่ง เพื่อวัดแรงกด ซึ่งจะใช้ 4 ตัวต่อ 1 ถัง นิยมใช้มากในการชั่งน้ำหนักในถัง เช่น การชั่งน้ำหนักหินทรายในถังก่อนปล่อยลงไปผสมกับซิเมนต์และน้ำในแพลนคอนกรีตผสมเสร็จ มีขนาดตั้งแต่ 250 กิโลกรัม ถึง 10 ตัน ดังแสดงในรูปที่ 2.16

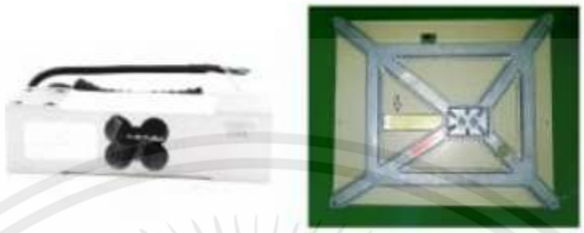
รูปที่ 2.16 Shear Beam Load Cell [14]

2.4.1.1.1.2 Truck Scale Load cell เป็นโหลดเซลล์ที่เหมือนกับนำ Single End Shear Beam จำนวน 2 ตัวมากรวมกัน ซึ่งจะทำให้มีจำนวน Strain Gauge มากขึ้นทำให้ได้ความละเอียดมากขึ้น การติดตั้งโดยยึดปลายทั้งสองข้างด้วยสกรูติดกับฐาน และนำถังมาวางตรงกลางโดยมีลูกบอลและเบ้ายึดกับ ถัง และ Load Cell เพื่อให้ถังสามารถขยับได้แต่ไม่หลุดหล่นไป นิยมใช้ในงานชั่งที่มีน้ำหนักมาก ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้ชั่งถัง หรือไซโลที่มีขนาดใหญ่ จะติดตั้งไว้ที่ขาของถังหรือไซโล มีขนาดตั้งแต่ 10 ตัน ถึง 50 ตัน ดังแสดงในรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 Truck Scale Load cell [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1.1.3 Single Point Load cell เป็นโหลดเซลล์ที่ออกแบบมาเพื่อให้ใช้กับ Platform ขนาดเล็ก สำหรับงานชั่งที่น้ำหนักน้อยกว่า 1 ตัน โดยใช้ Load cell เพียงตัวเดียว โดยยึด Load cell เข้าที่จุดศูนย์กลางของ Platform มีขนาดน้ำหนัก ตั้งแต่ 2 กิโลกรัม ถึง 800 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 Single Point Load cell [14]

2.4.1.1.1.4 Bending Beam Load cell เป็นโหลดเซลล์ที่ออกแบบมาโดยการแปลงแรงบิดที่กดที่ปลายด้านหนึ่งและอีกด้านยึดตึดกับฐานและมีโครงสร้างคล้ายสปริง ซึ่งจะให้สัญญาณได้ดีที่ขนาดแรงกดไม่มาก ตั้งแต่ 25 กิโลกรัม ถึง 500 กิโลกรัมดังแสดงในรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 Bending Beam Load cell [14]

2.4.1.1.1.5 Pancake Load cell เป็นโหลดเซลล์ที่มีรูปร่างคล้ายขนมแพนเค้ก สามารถใช้ได้ทั้งแรงกดและแรงดึงมีแม่นยำสูง ค่า Linearity และ Hysteresis ในระดับ 0.05% เนื่องจากมีจำนวน Stain Gauge มากกว่า Load cell ชนิดอื่น นิยมใช้สำหรับงานเครื่องทดสอบแรงกดหรือแรงดึง มีขนาดตั้งแต่ 500 กิโลกรัม ถึง 500 ตัน ดังแสดงในรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.20 Pancake Load cell [14]

2.4.1.1.1.6 Canister Load cell เป็นโหลดเซลล์ที่รูปร่างเหมือนกระป๋อง ใช้รับแรงกด มีแม่นยำสูง ค่า Linearity และ Hysteresis ในระดับ 0.05 เปอร์เซ็น โดยนิยมใช้ทำเครื่องชั่งทั่วไปที่ต้องการความแม่นยำสูง รวมถึงเครื่องชั่งรถบรรทุก มีขนาดตั้งแต่ 200 กิโลกรัม ถึง 20 ตัน ดังแสดงในรูปที่ 2.21

รูปที่ 2.21 Canister Load cell [14]

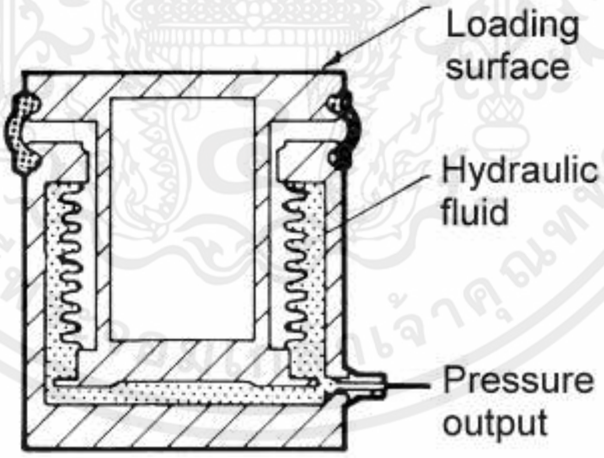
2.4.1.1.2 โหลดเซลล์แบบใช้แรงดึง เป็นโหลดเซลล์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แรงดึงตัวโหลดเซลล์ออกจากกัน ซึ่งมีชื่อเรียกตามรูปร่างและการใช้ แบ่งออกเป็นดังนี้

2.4.1.1.2.1 S Beam Load cell เป็นโหลดเซลล์ที่ใช้งานโดยยึดด้านบนกับโครงสร้างโดยใช้ลูกปืนตาเหลือก (Rod end) ส่วนด้านล่างใช้แขวนถังที่ต้องการชั่ง ซึ่งจะทำให้ถังสามารถแกว่งตัวเล็กน้อยได้โดยที่ไม่มีผลกับการชั่ง มีขนาดตั้งแต่ 2 กิโลกรัม ถึง 5 ตัน ดังแสดงในรูปที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.22 S Beam Load cell [14]

2.4.1.2 โหลดเซลล์แบบไฮดรอลิก (Hydraulic Load Cell) ลักษณะของการทำงานก็คือจะวัดน้ำหนักจากการเปลี่ยนแปลงความดันของของเหลวภายในระบบเมื่อมีแรงมากระทำที่แท่นรับน้ำหนักในโหลดเซลล์แบบไฮดรอลิกที่มีแผ่นไดอะแฟรม โดยแรงจะถูกส่งผ่านลูกสูบเป็นผลให้ของเหลวภายในช่องแผ่นไดอะแฟรมถูกกดอัด ซึ่งการวัดแรงที่เกิดขึ้นสามารถวัดได้จากความดันของของเหลวความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับแรงดันของของเหลวนี้ มีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้นและไม่ขึ้นกับอุณหภูมิและปริมาณของของเหลวในกระบอกสูบโดยปกติโหลดเซลล์แบบนี้จะความแม่นยำ (Accuracy) ในการวัดอยู่ที่ประมาณ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ที่ Full Scale ซึ่ง ระดับความแม่นยำนี้ก็เป็นที่ยอมรับได้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป [13] ดังแสดงในรูปที่ 2.23



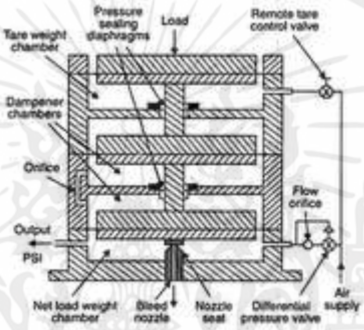
รูปที่ 2.23 โหลดเซลล์แบบไฮดรอลิก (Hydraulic Load Cell) [13]

2.4.1.2.1 ข้อดี ของโหลดเซลล์แบบนี้คือ สามารถที่จะใช้ในพื้นที่ที่อันตราย (Hazardous Area) เช่น พวกโรงงานที่มีวัตถุไวไฟต่างๆ เนื่องจาก Load cell แบบนี้ไม่ต้องใช้ไฟฟ้าในการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2.2 ข้อเสีย ของโหลดเซลล์แบบไดอะแฟรมนี้ คือสามารถรับแรงสูงสุดได้ไม่เกิน 1000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psig) เท่านั้นครับซึ่งจะไม่เหมาะกับการใช้ในงานที่ต้องการวัดแรงดันสูง

2.4.1.3 โหลดเซลล์แบบนิวแมติก (Pneumatic Load cell) ซึ่งจะทำงานโดย ใช้หลักการสมดุลแรงเช่นเดียวกับแบบไฮดรอลิก แต่ต่างกันที่ โหลดเซลล์แบบนี้จะมีความแม่นยำกว่าแบบไฮดรอลิก เพราะว่า มีการใช้ช่องว่างหลายช่อง ในการหน่วงความดันของของเหลวเพื่อลดแรงสั่นสะเทือน โหลดเซลล์แบบนี้ มักจะใช้วัดสิ่งของที่มีน้ำหนักไม่มากนักในงาน อุตสาหกรรมที่ต้องการความสะอาดและความปลอดภัยสูง [13] ดังแสดงในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 โหลดเซลล์แบบนิวแมติก (Pneumatic Load cell) [13]

2.4.1.4 โหลดเซลล์แบบไพโซรีซิสทีฟ (Piezoresistive) ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับวัดความเครียด แต่ไพโซรซิสทีฟ สามารถผลิตสัญญาณออกมาได้ในระดับสูงจึงเหมาะสำหรับ เครื่องชั่งน้ำหนักที่ไม่ซับซ้อนในการวัดเนื่องจากสามารถต่อเข้าโดยตรงกับส่วนแสดงผล อย่างไรก็ตามเครื่องมือวัดลักษณะนี้ได้รับความนิยมลดลงเรื่อยๆ เพราะตัวขยายสัญญาณที่มีคุณภาพดีนั้นมีราคาถูกลง นอกจากนี้ ไพโซรีซิสทีฟ (Piezoresistive) ยังมีข้อเสียคือความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณที่ออกกับน้ำหนักที่ วัดมีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น [13] ดังแสดงในรูปที่ 2.25

รูปที่ 2.25 โหลดเซลล์แบบไพโซรีซิสทีฟ (Piezoresistive) [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.5 โหลดเซลล์แบบแมกเนโตสเตร็กทีฟ (Magneto strictive) การทำงานของเซนเซอร์แบบนี้ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงในการแผ่สัญญาณแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรที่อยู่ภายใต้แรงที่มากระทำแรงทำให้เกิดการผิดรูปของสนามแม่เหล็กและจะให้เกิดสัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงต่อแรงที่มากระทำ ซึ่งจะใช้ หลักการการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กนั่นเองครับโดยอุปกรณ์ลักษณะนี้จะตรวจวัดการเคลื่อนที่ของแกนแม่เหล็ก และวัดการเหนี่ยวนำของขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป ในที่นี้การเคลื่อนที่ของแกนเหล็กจะแปรผันโดยตรงกับน้ำหนักที่วัดนั่นเองสำหรับโหลดเซลล์รูปแบบนี้มีความทนทานมากและยังคงมีใช้อยู่มากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมรีดโลหะ [13] ดังแสดงในรูป 2.26

รูปที่ 2.26 โหลดเซลล์แบบแมกเนโตสเตร็กทีฟ (Magneto strictive) [13]

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบประเภทของโหลดเซลล์ [14]

ประเภทที่	ประเภทโหลดเซลล์	ความจุน้ำหนัก	ความเที่ยงตรง (FS)	การใช้งาน
1	Bending Beam	25 – 500 กิโลกรัม	0.02%	เครื่องชั่งน้ำหนักแบบแพลตฟอร์ม เครื่องชั่งน้ำหนักถัง
2	Canister	0.2 – 20 ตัน	0.05%	ชั่งรถบรรทุก เครื่องชั่งน้ำหนักถัง
3	Pancake	0.5 – 500 ตัน	0.05%	เครื่องชั่งถัง เครื่องชั่งน้ำหนัก
4	S-beam	2 – 5000 กิโลกรัม	0.03 %	เครื่องชั่งน้ำหนักถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	Shear Beam	0.25 – 10 ตัน	0.03%	เครื่องชั่งน้ำหนักแบบแพลตฟอร์ม เครื่องชั่งน้ำหนักถัง
6	Single point	0.25 – 10 ตัน	0.03%	สำหรับงานชั่งน้ำหนักน้อยๆ เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับนับจำนวน
7	Double End Shear Beam	10 – 50 ตัน	0.02%	สำหรับใช้งานที่ต้องการชั่งน้ำหนักมากๆ เช่น ชั่งรถบรรทุก ชั่งถัง

2.5 สายพานส่งกำลัง

สายพานส่งกำลัง (Transmission Belt) คือ เป็นอีกหนึ่งชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เครื่องยนต์ ระบบกำลังขับเคลื่อนเกิดการขับเคลื่อนจากแหล่งพลังงานกลหนึ่ง ให้เกิดพลังงานกลเคลื่อนที่อีกที่หนึ่ง หรือสรุปง่ายก็คือ ใช้ส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง ลักษณะเช่นเดียวกับเฟืองส่งกำลัง สายพาน (Belt) เป็นที่นิยมนำมาใช้งานอย่างมากในโรงงาน อุตสาหกรรม เครื่องจักรกล เครื่องยนต์ เครื่องมือการเกษตร ฯลฯ การส่งกำลังด้วยสายพานเป็นการส่งกำลังชนิดแบบอ่อนตัวได้ซึ่งมีข้อดีข้อเสียหลายอย่าง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการส่งกำลังแบบเฟืองและการส่งกำลังแบบโซ่ ข้อดีคือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลัง ระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมากๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามข้อเสียของ การขับด้วยสายพานก็มี คือ อัตราการทดที่ไม่แน่นอนนักเนื่องจาก การสลิป (Slip) และการครีฟ (Creep) ของ สายพานและต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพานระหว่าง การใช้งาน นอกจากนั้นยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้ [15]

2.5.1 หลักการทำงานสายพานส่งกำลัง (Basic of Transmission Belt) สายพานส่งกำลัง (Transmission Belt) จะทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยผ่านลูกล้อหรือที่เรียกว่า พูลเล่ย์ (Pulley) ตั้งแต่ 2 ลูกขึ้นไป ลูกล้อหรือพูลเล่ย์ (Pulley) ที่เป็นจุดกำเนิดต้นกำลังเราจะเรียกว่า พูลเล่ย์ขับ (Drive Pulley) และลูกล้อหรือพูลเล่pN (Pulley) ที่รับแรงขับที่ส่งผ่านมาจากสายพานส่งกำลัง (TransmissionBelt) จะเรียกว่า พูลเล่ตาม (Tail Pulley) นอกจากนี้อาจจะมีลูกล้อหรือพูลเล่ย์ (Pulley) ที่เป็นตัวปรับตั้งแรงตึงสายพาน หมุนฟรีอยู่กับที่ตัวเปล่าเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พูลเล่ย์กลาง (Idle Pulley) โดยทั้งหมดจะมีสายพานส่งกำลัง (Transmission Belt) เป็นตัวส่งผ่านแรงจากแหล่งกำเนิด ส่งผ่านลูกล้อหรือพูลเล่ย์ (Pulley) ในแต่ละลูกทำให้กลไกใน ส่วนอื่นๆ ทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.27

รูปที่ 2.27 หลักการทำงานสายพานส่งกำลัง [15]

2.5.2 โครงสร้างพื้นฐานสายพานส่งกำลัง (Structure of Belt) ส่วนประกอบสายพานในแต่ละเส้นจะมีโครงสร้างภายในคล้ายๆ กัน ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุทีเลือกใช้ที่นำมาผลิตเป็นสายพานส่งกำลัง (Transmission Belt) เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานที่เหมาะสมดังนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.28

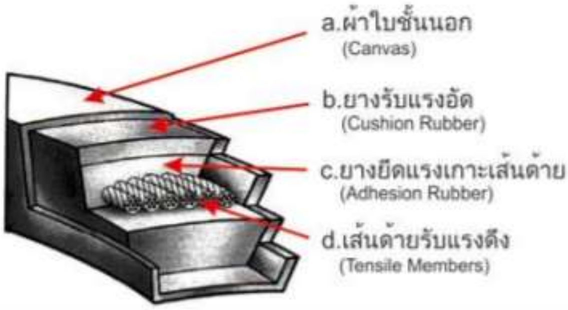
2.5.2.1 ผ้าใบชั้นนอก (Canvas) เป็นผ้าใบฝ้ายเคลือบด้วยยางเคมีที่มีความคงทนต่อการ เสียดสีและการล้าตัว

2.5.2.2 ยางรับแรงอัด (Cushion Rubber) มีหน้าที่รับแรงอัดแรงขับและทนความร้อนได้ดี

2.5.2.3 ยางยึดแรกเกาะเส้นด้าย (Adhesion Rubber) โดยรักษาแนวเส้นด้ายและประสาน ส่วนเส้นด้ายกับยางรับแรงอัด

2.5.2.4 เส้นด้ายรับแรงดึง (Tensile Members) เป็นหัวใจการ ส่งผ่านกำลัง ทนต่อแรงดึง สูงไม่ยืดตัวและล้าตัวขณะขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 โครงสร้างพื้นฐานสายส่งกำลัง (a) ผ้าใบชั้นนอก (Canvas) (b) ยางรับแรงอัด (Cushion Rubber) (c) ยางยึดแรกเกาะเส้นด้าย (Adhesion Rubber) (d) เส้นด้ายรับแรงดึง (Tensile Members) [15]

2.5.3 ชนิดของสายพานส่งกำลัง (Type of Transmission belt) สายพานส่งกำลังสามารถแบ่งตามกระบวนการผลิตสายพานและตามลักษณะการใช้งานแบ่งชนิดสายพานออกได้เป็น 4 ชนิด

2.5.3.1 สายพานส่งกำลังตัววีร่องเรียบ (Wrapped V-Belt)

- เป็นสายพานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ราคาประหยัด
- สายพานมีการหุ้มผ้าใบทั้งเส้น มีความเสถียรสูงด้านขนาด
- ทนความร้อนทนน้ำมัน รับโหลดได้ดีป้องกันไฟฟ้าสถิต
- เหมาะกับการใช้งานในอุตสาหกรรมทั่วไป
- มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมาก ใช้งานได้หลากหลายเป็นสายพานที่ใช้งานกันโดยทั่วไปกับเครื่องจักรกลธรรมดา ที่ใช้ความเร็วรอบไม่มากนักทำด้วยแผ่น ยางสลับกับผ้าใบเป็นชั้นๆ

2.5.3.2 สายพานส่งกำลังตัววีเปลือยข้าง (Raw Edge V-Belt)

- เป็นสายพานร่องวี (V-Belt) อีกชนิดหนึ่งที่ใช้กันแพร่หลาย
- แต่ต่างจาก Wrapped V-Belt ที่เทคนิคการผลิต
- Raw Edge ผลิตเป็นผืนใหญ่ๆและผ่าแบ่งตามชนิดเกรด
- ด้านข้างจะเห็นเส้นยางรับแรงอัดและเส้นด้านชัดเจน
- ทนต่อแรงเสียดสีเสียดทานได้น้อยกว่าเล็กน้อยเท่านั้น เป็นสายพานร่องวี (V-Belt) อีกชนิดหนึ่งที่ใช้กันแพร่หลายด้านข้างจะเห็นเส้นยางรับแรงอัดและเส้น ด้านชัดเจนสามารถทนต่อแรงเสียดสีเสียดทานได้น้อยกว่าเล็กน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.3 สายพานเปลือยข้าง-มีฟันร่องลึก (Cog Raw Edge V-Belt)

- เป็นสายพานที่มีร่องฟัน เพิ่มความแม่นยำในการขับเคลื่อน
- ใช้ในกลุ่มเครื่องจักรที่ต้องการความแม่นยำสูง
- การส่งกำลังจะอาศัยร่องฟัน และผิวข้าง ขับเคลื่อน
- ร่องฟัน มีหลากหลายขนาดขึ้นอยู่กับพูเล่ย์เฟืองขับและตาม เป็นสายพานที่สร้างลิ่มหลายลิ่มมารวมกันในเส้นเดียว ปัจจุบันนิยมใช้มาก สายพานแบบนี้จะมีแผ่น ปิดยางสังเคราะห์ จึงเหมาะสมกับงานที่มีการถ่ายเทโมเมนต์หมุนที่ไม่สม่ำเสมอ และระยะห่าง แกนเพลามีค่ามากๆ

2.5.3.4 สายพานไทม์มิ่ง (Timing-Belt)

- เป็นสายพานที่ใช้ร่องฟันในการขับเคลื่อนเป็นหลักเท่านั้น
- เส้นคอร์ดไฟเบอร์มีความแข็งแรงและทนแรงบิดสูง
- ร่องฟันสายพาน ออกแบบให้สัมผัสกับร่องพูเลย์ทั้งหมด
- ร่องฟันสายพานจะหุ้มด้วยผ้าใบ หรือไนล่อนอีกครั้งหนึ่ง
- มีความยืดหยุ่นสูง ทุนต่อการสึกหรอ สิ่งสกปรกได้ดี สายพานไทมิ่งมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู และจะมีฟันเฟืองตลอดความยาวของสายพาน เป็นสายพานที่มีแกนรับแรงด้วยลวดเหล็กกล้า หรือทำด้วยลวดไฟเบอร์ฝังอยู่ในยางเทียม ฟันของสายพาน ทำด้วยยางเทียม แต่สูตรประสมพิเศษเพื่อให้คงรูปพอดีกับล้อของพูลเลย์ ซึ่งจะหุ้มด้วยเส้นใยไนลอนเพื่อลดการสึกหรอ สายพานชนิดนี้สามารถงอตัวได้ดี ใช้กับพูลเลย์ล้อเล็กๆ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรได้ เนื่องจากร่องสายพานจะมีขนาดเดียวกับบนร่องพูลเลย์ ทำให้เกิดการขบกันเหมือน ฟันเฟือง จึงไม่เกิดการลื่นไถลขณะส่งกำลัง สามารถใช้เป็นตัวส่งกำลังงานในเครื่องยนต์ โดยเป็นตัวขับ เฟืองเพลาข้อเหวี่ยงและเพลาราวลิ้น และจะไม่เสียงดังขณะทำงาน

อัตราทดความเร็วรอบของล้อสายพาน อัตราทดเกิดขึ้นจากการใช้งานที่มีล้อขับกับล้อตามความเร็วไม่เท่ากัน การที่จะใช้อัตราทดความเร็วรอบของล้อสายพานนั้น เพื่อต้องการให้ล้อหมุนตามเร็วกว่าหรือช้ากว่าล้อขับซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานค่าต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราทดความเร็วรอบของล้อสายพานสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i = \frac{N_D}{N_d} \tag{2.1}$$

เมื่อ I คือ อัตราทดของสายพา

N_D คือ ความเร็วรอบของล้อสายพานขับ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาท

N_d คือ ความเร็วรอบของล้อสายพานตาม มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

ความเร็วรอบของล้อสายพาน สามารถคำนวณได้จาก

$$N_2 = \frac{N_1 \times D_1}{D_2} \tag{2.2}$$

เมื่อ N_1 คือ ความเร็วรอบล้อสายพานขับ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

N_2 คือ ความเร็วรอบล้อสายพานตาม มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

D_1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานขับ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

D_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานตาม มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

การคำนวณหาความยาวของสายพาน สามารถคำนวณได้จาก

$$L = 2C+0.25\ (D\text{-}d^2/C) + 1.75 \times (\ D+d\ ) \tag{2.3}$$

เมื่อ L คือ ความยาวของสายพาน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางล้อโต มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางล้อเล็ก มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

C คือ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลา มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

2.6 ทฤษฎีด้านแบริ่งลูกปืน

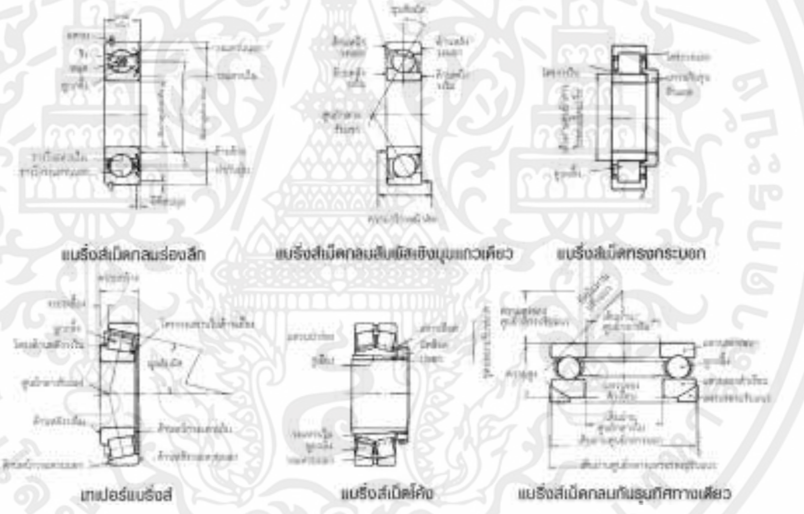
แบริ่ง (bearing) คือ ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลที่ใช้รองรับเพลาให้เที่ยงตรงทั้งแนวรัศมีและแนวแกน มีหน้าที่หลักในการรับน้ำหนักและถ่ายทอดแรงที่เกิดขึ้นจากเพลาลงไปสู่อุปกรณ์ต่างๆของเครื่องจักรที่มีการหมุนช่วยลดแรงเสียดทานหรือลดความฝืด (friction) ระหว่างการหมุนหรือการเลื่อนชิ้นส่วนอื่นสามารถถอดเปลี่ยนได้เมื่อเกิดการสึกหรอกหรือชำรุดประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายโดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนเพลาหรือเฟือง แบริ่งเป็นส่วนที่ต้องมีการเสียดสีมากจะสึกหรอเร็วต้องถูกหล่อลื่นด้วยสารหล่อลื่น (lubricant) ทำให้การหมุนคล่องตัวและตรวจสอบเปลี่ยนใหม่เมื่อสึกหรอหรือชำรุด [16]

แบริ่งโดยทั่วๆ ไปแล้วจะประกอบด้วยวงแหวน 2 วง เม็ดลูกกลิ้งและรังแบริ่งกันรุนนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางของแรงหลักที่กระทบนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดเม็ดลูกกลิ้งโดยแบ่งเป็น แบริ่งเม็ดกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือแบริ่งเม็ดหมอน แบริ่งยังสามารถแบ่งออกไปได้อีกซึ่งแบ่งตามการออกแบบหรือวัตถุประสงค์เฉพาะอย่างไป แบริ่งที่ใช้กันโดยทั่วไปและการกำหนดชื่อส่วนต่างๆของแบริ่ง [17] ดังแสดงในรูปที่ 2.29 เมื่อเปรียบเทียบแบริ่งเม็ดลูกกลิ้ง กับ แบริ่งกาบ แบริ่งเม็ดลูกกลิ้งมีข้อดีหลักๆ อยู่ดังนี้

- แรงบิด หรือความเสียดทานเบื้องต้นมีค่าต่ำและความแตกต่างระหว่างแรงบิด เริ่มต้นกับแรงบิดขณะหมุนมีน้อย
- แบริ่งที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดทั่วโลก และสามารถใช้แทนกันได้เนื่องจากมีมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก
- การตรวจสอบ การเปลี่ยน การบำรุงรักษาทำได้ง่ายเนื่องจากโครงสร้างที่ล้อมรอบตลับแบริ่งไม่มีความซับซ้อนมาก
- แบริ่งสามารถรับแรงแนวรัศมีและแรงแนวแกนได้พร้อมๆ กันหรือเป็นอิสระจากกันก็ได้
- สามารถใช้แบริ่งกับช่วงอุณหภูมิที่กว้าง
- สามารถทำพรีโหลดกับแบริงส์ เพื่อลดช่องว่างภายในและเพิ่มความแข็งเกร็งและยิ่งไปกว่านั้นแบริ่งในแต่ละแบบมีข้อดีโดดเด่นไปเฉพาะตัว



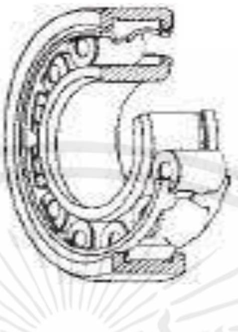
รูปที่ 2.29 แบบลักษณะเฉพาะของแบริ่งชนิดต่างๆ [17]

2.6.1 แบริ่งเม็ดทรงกระบอก

แบริ่งแบบนี้เม็ดลูกกลิ้ง ซึ่งมีลักษณะทรงกระบอกยาวจะสัมผัสเป็นเส้นตรงกับรางวิ่ง มีความสามารถในการรับแรงในแนวรัศมีได้สูงและเหมาะกับงานความเร็วสูง ลักษณะของแบริ่งมีหลายแบบทั้ง NU NJ NUP N NF สำหรับแบริ่งแถวเดียว และ NNU NN สำหรับแบริ่งสองแถว วงแหวนนอกและวงแหวนในของทุกแบบสามารถถอดแยกได้ แบริ่งเม็ดทรงกระบอกบางแบบไม่มีโครงหรือสันขอบที่วงแหวนใน หรือวงแหวนนอกดังนั้นวงแหวนสามารถ เคลื่อนที่ตามแนวแกนได้ เมื่อเทียบกับอีกวงหนึ่ง (เคลื่อนที่สัมพัทธ์กัน) ซึ่งสามารถใช้เป็นตลับลูกที่ไม่กำหนดตำแหน่ง แบริ่งเม็ดทรงกระบอกไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่า วงแหวนในหรือนอกมีโครง 2 ด้านหรือวงแหวนหนึ่งมีหนึ่งด้านก็สามารถรับแรงในแนวแกนได้ทิศทางเดียว แบริ่งเม็ดทรงกระบอก 2 แถว มีความแข็งเกร็งแนวรัศมีสูงและใช้กับเครื่องมือกลที่มีความเที่ยงตรงสูงปกติทั่วไปแล้วจะใช้รังเหล็ก หรือทองเหลืองกลึงขึ้นรูปแต่ในบางครั้งก็ใช้รังโพลียามายด์หล่อขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 แบริ่งเม็ดทรงกระบอก [17]

2.6.2 แบริ่งเม็ดโค้งกันรุน

แบริ่งชนิดนี้มีรางวิ่งโค้งหนึ่งรางอยู่ที่แหวนรองตัวเรือนและมีเม็ดลูกกลิ้งรูปโค้งวางเรียงอยู่โดยรอบรางวิ่งที่มีลักษณะโค้งของแหวนรองตัวเสื้อนี้นั้นทำให้แบริ่งปรับแนวได้เอง และสามารถรับแรงในแนวแกนที่สูงมากๆ ได้ ทั้งยังสามารถรับแรงในแนวรัศมีได้ปานกลาง ในขณะที่รับแรงในแนวแกนอยู่ด้วยโดยทั่วไปใช้รังเหล็กปั๊มขึ้นรูป หรือรังทองเหลืองกลึงขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 2.31

รูปที่ 2.31 แบริ่งเม็ดโค้งกันรุน [17]

2.6.3 แบริ่งเม็ดกลมปรับแนวได้เอง

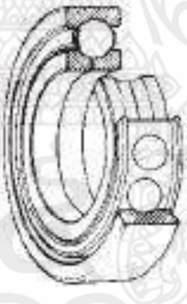
วงแหวนในมีสองรางวิ่ง และวงแหวนนอกมีรางวิ่งลักษณะโค้งอยู่หนึ่งรางวิ่ง ซึ่งจุดศูนย์กลางของความโค้งเป็นจุดเดียวกับแนวแกนของแบริ่งนั่นคือแนวแกนของวงแหวนใน เม็ดลูกกลิ้งและรังสามารถหันเหได้รอบศูนย์กลางของแบริ่ง ดังนั้นการเยื้องแนวมุมเล็กๆ น้อยๆ ของเพลาและตัวเสื้อ ที่ซึ่งมีสาเหตุมาจากการกลึงไสหรือการติดตั้งที่ไม่ดีพอนั้นสามารถแก้ไขได้โดยอัตโนมัติ แบริ่งชนิดนี้มักมีรูเพลาเอียงไว้สาหรับใช้กับปลอกปรับขนาด ดังแสดงในรูปที่ 2.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.32 แบริ่งเม็ดกลมปรับแนวได้เอง [17]

2.6.4 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสี่จุด

แบริ่งสัมผัสเชิงมุมสี่จุดนั้น วงแหวนในและวงแหวนนอกแยกออกจากกันได้ เนื่องจากในวงแหวนในแยกออกจากกันในระนาบรัศมี สามารถรับแรงในแนวแกนได้สองทิศทาง ลูกกลิ้งทำมุม 35 องศากับวงแหวนแต่ละวง แบริ่งสัมผัสเชิงมุมสี่จุด เพียงหนึ่งตลับเท่านั้นที่สามารถทดแทนแบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมแถวเดียวที่ประกบ แบบหน้าชนหน้า หรือหลังชนหลัง รังที่ใช้ทั่วไปมักเป็นทองเหลืองกลึงขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 2.33



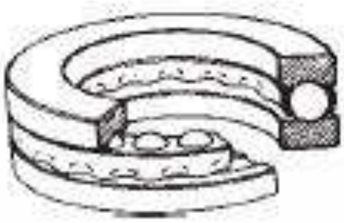
รูปที่ 2.33 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสี่จุด [17]

2.6.5 แบริ่งเม็ดกลมกันรุนทิศทางเดียว

แบริ่งเม็ดกลมกันรุนรับแรงทิศทางเดียวประกอบด้วยวงแหวนที่มีลักษณะคล้ายแหวนรอง มีร่องรับแรงทิศทางดียว รางวิ่งวงแหวนที่สวมติดกับเพลาเรียกว่า แหวนรองเพลา หรือวงแหวนใน ส่วนวงแหวนที่สวมติดกับตัวเสื้อ เรียกว่า วงแหวนรองตัวเสื้อหรือวงแหวนนอก สำหรับแบริ่งกันรุนเม็ดกลมกันรุนรับแรงสองทิศทางนั้นจะมี วงแหวนสามวง วงแหวนกลาง จะสวมติดกับเพลา ยังมีแบริ่งเม็ดกลมกันรุนที่มีแหวนรองปรับแนวได้เองอีกด้วย ซึ่งแหวนนี้จะอยู่ส่วนล่างของแหวนรองตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสื้อ เพื่อรับการเยื้องแนวของเพลา หรือการติดตั้งที่ไม่พอดี โดยปกติ แล้วจะใช้รังเหล็กปั๊มขึ้นรูปในแบริ่งขนาดเล็ก และรังกลึงขึ้นรูป ใช้กับแบริ่งขนาดใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 แบริ่งเม็ดกลมกันรุนทิศทางเดียว [17]

2.6.6 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถว

แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถวนั้น โดยพื้นฐานแล้วคือแบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมแถวเดียวติดตั้งแบบ หลังชนหลัง ต่างกันที่แบบสองแถวนั้นมีวงแหวนในหนึ่งวง วงแหวนนอกหนึ่งวง และแต่ละวงมีรางวิ่งของตัวเอง แบริ่งแบบนี้สามารถรับแรงแนวแกนได้สองทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.35

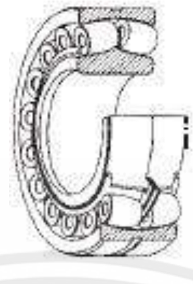
รูปที่ 2.35 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถว [17]

2.6.7 แบริ่งเม็ดโค้ง

แบริ่งชนิดนี้เม็ดแบริ่งมีลักษณะคล้ายถังไม้โค้ง หรือเรียกว่า barrel shaped roller อยู่ระหว่างวงแหวนใน ซึ่งมีสองรางวิ่ง และวงแหวนนอกซึ่งมีหนึ่งรางวิ่ง การที่ศูนย์กลาง ความโค้งของผิวหน้ารางวิ่งของวงแหวนนอก เป็นจุดเดียวกับแกนของแบริ่งทำให้แบริ่งปรับแนวได้เอง ดังนั้น หากเพลาหรือแบริ่งเกิดโก่งตัว หรือเกิดการ เยื้องแนวจากแนวแกน ก็จะสามารถปรับตัวเองได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ไม่เกิดแรงที่สูงเกินไปมากระทบต่อแบริ่ง แบริ่งเม็ดโค้งนั้นไม่เพียงแต่สามารถรับแรงแนวรัศมีได้สูง แต่ยังสามารถรับแรงในแนวแกนได้สอง ทิศทางอีกด้วย มีความสามารถในการรับแรงแนวรัศมีได้อย่างดีเยี่ยม และเหมาะสำหรับการใช้งานที่มีแรงกระทำ หรือกระแทกสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

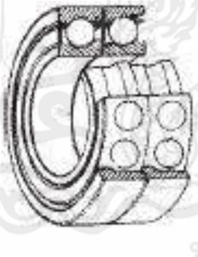
บางแบบอาจมีรูในเอียง ซึ่งอาจใช้ติดตั้งโดยตรงบนเพลาเอียงหรือติดตั้งบนเพลาตรง โดยใช้ปลอกปรับขนาด หรือปลอกสวม ปกติใช้เหล็กปั๊มขึ้นรูปรังโพลียามายด์หล่อและรังทองเหลืองกลึงขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 แบริ่งเม็ดโค้ง [17]

2.6.8 แบริ่งประกบคู่

การนำแบริ่งแนวรัศมี 2 ตลับมารวมกันในการใช้งานเราเรียกว่าการประกบคู่ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้แบริ่งเม็ดกลม สัมผัสเชิงมุม หรือแบริ่งเทเปอร์มาทำการประกอบ การประกบคู่ทำได้ทั้งแบบหน้าชนหน้า ซึ่งวงแหวนนอกหัน หน้าชนกัน (แบบ DF) แบบหลังชนหลัง (แบบ DB) หรือหันหน้าเรียงตามกัน ในทิศทางเดียว (DT) การประกบแบบ DF และ DB สามารถรับแรงแนวรัศมีและแนวแกนได้สองทิศทาง แบบ DT จะใช้เมื่อมีแรงใน แนวแกนแรงหนึ่งซึ่งมีค่าสูงมากในทิศทางเดียว จึงเป็นต้องกำหนดให้รับแรงเท่ากันในแบริ่งแต่ละตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 แบริ่งประกบคู่ [17]

2.6.9 แบริ่งเทเปอร์

แบริ่งชนิดนี้ใช้เม็ดลูกกลิ้งเป็นรูปกรวย มีตัวนำร่องคือโครงของขอบวงแหวนด้านในแบริ่งเทเปอร์สามารถ รับแรงแนวรัศมีได้สูง และรับแรงในแนวแกนได้ทิศทางเดียว ในอนุกรม HR มีการเพิ่มขนาดและจำนวนเม็ด ลูกกลิ้ง ทาให้สามารถรับแรงได้สูงขึ้นไปอีก การใช้งานโดยทั่วไปมักจะใช้เป็นคู่ คล้ายกับแบริ่งสัมผัสเชิงมุม แถวเดียว ซึ่งจะมีการปรับช่องว่างภายในแบริ่งให้เหมาะสมโดยการปรับระยะแนวแกนระหว่างวงแหวนใน หรือวงแหวนนอก ของแบริ่งที่ประกบกันทั้ง 2 ตลับ วงแหวนในและวงแหวนนอกสามารถแยกประกอบได้อย่างอิสระ แบริ่งชนิดนี้แบ่งออกเป็น 3 แบบตาม

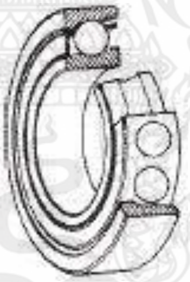
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมสัมผัสได้ดังนี้ มุมปกติ มุมปานกลาง และมุมชัน อีกทั้งยังมีแบบสองแถวและสี่แถวให้เลือกใช้อีกด้วย รังที่ใช้โดยมากจะเป็น รังเหล็กปั๊มขึ้นรูป ดังแสดงในรูปที่ 2.38

รูปที่ 2.38 แบริ่งเทเปอร์ [17]

2.6.10 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม

แบริ่งแบบนี้สามารถรับแรงในแนวรัศมีและแนวแกนได้ทิศทางเดียว มุมสัมผัสมีทั้ง 15 25 30 40 องศา มุมสัมผัสยิ่งมากก็ยิ่งสามารถรับแรงในแนวแกนได้มาก ค่ามุมสัมผัสน้อยเหมาะสาหรับงานที่ต้องการความเร็วสูง โดยทั่วไปมักใช้แบริ่งชนิดนี้เป็นคู่ โดยจะมีการปรับช่องว่างภายในอย่างเหมาะสม มักใช้รังเหล็กสำหรับงาน ทั่วไป สำหรับแบริ่งที่มีความเที่ยงตรงสูงจะมีมุมสัมผัสน้อยกว่า 30 และใช้รังโพลียามายด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.39

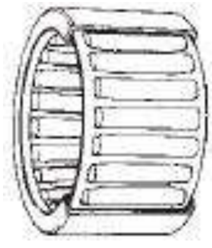


รูปที่ 2.39 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม [17]

2.6.11 แบริ่งเม็ดเข็ม

แบริ่งประกอบด้วยลูกกลิ้งเม็ดเรียวยาวมีขนาดความยาวประมาณ 3 ถึง 10 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางนอก ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมใน มีค่าน้อย มีความสามารถในการแรงใน แนวรัศมีค่อนข้างสูงแบริ่งชนิดนี้มีหลายแบบให้เลือก โดยมากไม่มีวงแหวนใน แบริ่งแบบ drawn-cup นั้นมีวงแหวนนอกเป็นเหล็กปั๊ม ส่วนแบบ solid type ผลิตจากเหล็กกลึงขึ้นรูปยังมีแบริ่งที่เรียกโดยทั่วไปว่า แบริ่งกรงนรก ซึ่งจะไม่มีวงแหวนทั้งในและนอกมาด้วยมีเพียงรังและเม็ดลูกกลิ้งเท่านั้น รังเป็นเหล็กปั๊มขึ้นรูป แต่ในบางแบบจะไม่มีรัง ดังแสดงในรูป 2.40

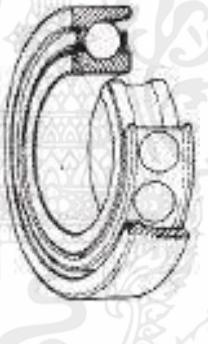
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.40 แบริ่งเม็ดเข็ม [17]

2.6.12 แบริ่งแม็กนีโต

ร่องรางวิ่งของแบริ่งแม็กนีโตจะแคบกว่าของแบริ่งเม็ดกลมแถวเดียวเล็กน้อย วงแหวนนอก มีบ่าอยู่เพียงด้านเดียว ซึ่งอาจแยกวงแหวนนอกออกได้ จุดนี้จะทำให้การติดตั้งทำได้ง่าย โดยทั่วไปใช้แบริ่งชนิดนี้ 2 ตัวมาทำการประกบคู่ แบริ่งแม็กนีโตเป็นแบริ่งขนาดเล็ก มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางวงแหวนในประมาณ 4 มม. ถึง 20 มม. โดยส่วนใหญ่ใช้ในแม็กนีโตขนาดเล็ก ไจโรสโคป และอุปกรณ์ต่างๆ โดยมากใช้รังทองเหลือง ดังแสดงในรูปที่ 2.41

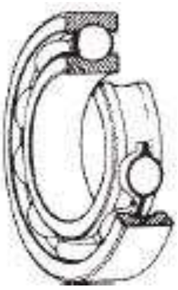


รูปที่ 2.41 แบริ่งแม็กนีโต [17]

2.6.13 แบริ่งเม็ดกลมล่องลึกแถวเดียว

แบริ่งเม็ดกลมร่องลึกแถวเดียวเป็นแบริ่งที่ธรรมดาสามัญมากที่สุด มีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางร่องรางวิ่งของทั้งวงแหวนในและนอกมีลักษณะเป็นวงโค้ง ซึ่งรัศมีโตกว่าของเม็ดบอล นอกเหนือจากแรงในแนวรัศมีที่รับได้แล้ว ยังสามารถรับแรงในแนวแกนได้ทั้งสองทิศทางด้วย ในงานที่ต้องการความเร็วสูงและสูญเสียพลังงานต่างๆ แบริ่งชนิดนี้จะเหมาะสมมาก เนื่องจากแรง บิดต่ำ แบริ่งนี้มีทั้งแบบเปิด ฝาเหล็ก ซีลยาง ซึ่งอาจติดตั้งทั้งสองด้านของแบริ่ง โดยภายในบรรจุจาระบีเอาไว้ ในบางครั้งอาจมีแหวนล็อค อยู่ที่ผิวนอกวงแหวนนอก รังที่ใช้โดยมากเป็นรังเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 แบริ่งเม็ดกลมล่องลึกแถวเดียว [17]

2.6.13.1 ตลับลูกปืนตุ๊กตา UCP-207 ดังแสดงในรูปที่ 2.43

ข้อกำหนดทางเทคนิค [18]

- การปฏิบัติตามมาตรฐาน : JIS
- วัตถุประสงค์เฉพาะ : สำหรับงานขนถ่ายวัสดุ
- วัสดุ : เหล็กหล่อ
- ระบบป้องกันรั่วซึม : มาตรฐานกันรั่วซึม additional flingers

ข้อมูลการคำนวณ

- อัตราโหลดไดนามิกส์พื้นฐาน (C) : 25.5 กิโลนิวตัน
- อัตราคงที่พื้นฐาน (C_0) : 15.3 กิโลนิวตัน
- ขีดจำกัดความล้า (P_u) : 0.655 กิโลนิวตัน
- ความเร็วจำกัด : 4,300 รอบต่อนาที

รูปที่ 2.43 ตลับลูกปืนตุ๊กตา UCP-207 [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรวัฒน์ มีชัย และ ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์ [19] ได้ศึกษาพลศาสตร์เรือเคลื่อนที่อัตโนมัติให้สามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่และความเร็วของเรือให้เคลื่อนที่ตามจุดพิกัดและความเร็วที่กำหนดโดยใช้ พอดพอเพาชั่น (podded propulsion) เข้ามา ควบคุมความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของเรือโดยอาศัยสมการเชิงอนุพันธ์เพื่อสร้างแบบจำลองของการ เคลื่อนที่ในระนาบ xy ของเรือตามจุดพิกัดต่างๆ ในคอมพิวเตอร์ โดยที่มุมเอียงของหัวเรือและความเร็วของเรือ สามารถควบคุมได้โดย แรงผลักและแรงบิดที่ได้จากพอดพอเพาชั่น การสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่โดยใช้ cubic interpolation และ spline interpolation แล้วนำผลทั้งสองแบบมาเปรียบเทียบกัน โดยแบบ spline interpolation จะมีความราบเรียบกว่าแบบ cubic interpolation และวิเคราะห์สมการพลศาสตร์การเคลื่อนที่ของเรือเมื่อ พอดพอเพาชั่น หันมุมเอียง 30 องศาและ 0 องศา เมื่อเทียบกับแกนสมมาตรของเรือ โดยความเร็วในพิกัดต่างๆ จะแปรผันตามเวลาที่เปลี่ยนไปเรือที่ใช้ทดสอบเป็น เรือคายัคยาว 3.85 เมตร กว้าง 0.68 เมตร พอดพอเพาชั่นมีแรงผลักสูงสุด 244.64 นิวตัน

Chad M. Berman [20] ได้ศึกษาการทำนายประสิทธิภาพโดย โค้ดพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) รหัสที่ใช้สำหรับการศึกษานี้คือ VSAERO โดย VSAERO เป็นรหัสแผงสามมิติที่ใช้ศักยภาพความเร็วในการจำลองการไหลความสามารถในการบีบอัดและความหนืด ในการศึกษานี้ คือ รูปทรงบิดและรูพรุน ในการดำเนินการนี้ข้อมูลรหัสแผงจะถูกเปรียบเทียบกับไฟล์ข้อมูลการทดลองเพื่อค้นหาพื้นที่ของการดำเนินการ จากนั้นข้อมูลรหัสแผงจะถูกวิเคราะห์ในหลายส่วนตามรัศมีใบพัด เงื่อนไขการทดสอบสำหรับการทดลองอยู่ที่ระดับความสูง 318 ฟุตและอุณหภูมิ 65 องศาฟาเรนไฮต์ ใบพัดที่ใช้ คือ Whirl Wind AB 400 ที่มีหน้าตัดของ Clark-Y airfoil เป็นใบพัด 4 ใบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 นิ้ว และระยะพิทช์ 55 นิ้ว การทดสอบทำบนเรือแอร์โบ๊ทที่ติดตั้งเครื่องยนต์เชฟโรเลต V8 ขนาด 454 ลูกบาศก์นิ้วพร้อมอัตราทดเกียร์ 2:1 กระบอกไฮดรอลิกถูกยึดเข้ากับโซ่ระหว่างเรือและจุดยึด ในระหว่างการทดสอบจะได้รับการวัดความดันจากกระบอกสูบ จากนั้นการวัดความดันเหล่านี้จะถูกคูณด้วยพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบเพื่อทำการวัดแรงผลัก นอกจากนี้ยังติดตั้งท่อ Pitot ขนาด 6 นิ้วด้านหลังพื้นที่ดิสก์ใบพัดที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ของรัศมี ในขณะที่ท่อ Pitot ให้ผลลัพธ์ความดันและความเร็วอากาศที่เหมาะสม งานวิจัยนี้จะเกี่ยวข้องกับการวัดความดันจำนวนหนึ่งในสนามการไหลทั้งหมดด้านหน้าและด้านหลังใบพัดหมุนเพื่อดูการไหลเข้าและการไหลของตัวแปรในทิศทางรัศมี ทำการวัดที่มุมพิทช์ 12.5 องศา 14.7 องศา 16.9 องศา และ 18.6 องศา เมื่อวัดที่รัศมีร้อยละ 75 ของแต่ละใบมีด ตรวจสอบรอบเครื่องยนต์และบันทึกพร้อมกับการวัดความดันจากกระบอกไฮดรอลิกและท่อ Pitot ในช่วงเวลา 500 รอบต่อนาที ขึ้นไปสูงสุดสำหรับแต่ละกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mehdi Sabzehparvar [21] ได้ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองใบพัดที่สามารถทำนายแรงขับและแรงบิดคงที่และไดนามิกส์ของเครื่องยนต์ พบว่าแบบจำลองใบพัดองค์ประกอบเดียวที่ลดลักษณะใบพัดเป็นค่าสัมประสิทธิ์การยกและลากเทียบกับสูตรมุมปะทะ การตรวจสอบแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าค่าที่คาดการณ์และวัดได้ของแรงขับสถิต แรงบิด และแรงขับแบบไดนามิกส์อยู่ภายในน้อยกว่าร้อยละ 2 ในช่วงอัตราส่วนขั้นสูงที่กว้าง ซึ่งจะมีผลกระทบอย่างมากต่อทั้งความสามารถในการตรวจสอบการซ้อมรบของเครื่องบิน และความปลอดภัยของเที่ยวบินในระหว่างขั้นตอนการกู้คืน วิธีการทดสอบการบินปกติที่ใช้ในการกำหนดแรงลากของเครื่องบินคือการสร้างเส้นโค้งที่ต้องการพลังงานสำหรับเครื่องบิน กำลังของเพลาเครื่องยนต์ถูกวัดโดยใช้เส้นโค้งการปรับเทียบหรือติดตั้งเครื่องวัดแรงบิด และความเร็วลมจะแปรผันตามขอบเขตประสิทธิภาพของเครื่องบิน ประสิทธิภาพของใบพัดใช้วิธีการมาตรฐานของแฮมิลตัน หรือแผนภูมิใบพัด Hewes ค้นพบแบบจำลองของ Lock สำหรับแรงขับของใบพัดและเพลา เห็นได้ชัดว่าคุณลักษณะของใบพัดสามารถจำลองเป็นฟังก์ชันที่เหมาะสมกับวิธีการระบุพารามิเตอร์ได้ Ohad Gur and Aviv Rosenw [22] ได้ศึกษาทฤษฎี Borst นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีนี้กับการออกแบบใบพัดสำหรับยานพาหนะที่ขับจากระยะไกลและเครื่องบินการบินทั่วไป ลาร์ราบีนำเสนออีกตัวอย่างหนึ่งของแนวทางดั้งเดิมในการออกแบบใบพัด วิธีการทั้งหมดเหล่านี้อิงจากผลงานที่รู้จักกันดีของ Betz จากปี 1919 ซึ่งมีการกำหนดเงื่อนไขสำหรับใบพัดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เบตซ์ใช้วิธีการแปรผันเพื่อกำหนดใบพัดที่เหมาะสมที่สุดหลังจากใช้สมมติฐานสองสามข้อแล้ว เขาพบว่าแผ่นวอร์เท็กซ์ที่ขับเคลื่อนด้วยใบพัดที่เหมาะสมที่สุดจะเคลื่อนไปข้างหลังในแนวแกนเหมือนพื้นผิวสกรูที่แข็งผลลัพธ์นี้ถูกใช้ในภายหลังโดยผู้อื่น เช่น Goldstein ผู้ซึ่งได้รับนิพจน์สำหรับความเร็วที่เกิดจากการศึกษาดังกล่าวในกรณีของใบพัดที่รับน้ำหนักน้อย และ Theodorsen ผู้ซึ่งขยายงานของ Goldstein เพื่อรวมใบพัดที่รับน้ำหนักมาก เบตซ์กำหนดเกณฑ์สำหรับประสิทธิภาพสูงสุดของใบพัดภายใต้สภาวะการทำงานบางอย่าง (ความเร็วลม VF และความเร็วในการหมุนของใบพัด) เขาพิจารณาสองกรณี: กำลังขั้นต่ำสำหรับแรงขับที่จำเป็นที่กำหนดไว้ล่วงหน้า T (ความทนทานที่ดีที่สุด) และแรงขับสูงสุดสำหรับกำลังบางอย่าง (ความเร็วสูงสุด) วิธีการของเบตซ์ยังคงใช้ค่อนข้างบ่อยสำหรับการออกแบบใบพัด การออกแบบใบพัดที่เหมาะสมในทางปฏิบัตินั้นซับซ้อนกว่าเนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้ ในหลายกรณี เป้าหมายการออกแบบมีความซับซ้อนมากกว่าการลดกำลังของใบพัดหรือการเพิ่มแรงผลักดันสูงสุดในสภาวะการทำงานบางอย่าง ประการแรก ผู้ออกแบบต้องพิจารณายานพาหนะทางอากาศทั้งหมด ซึ่งรวมถึงลักษณะแอโรไดนามิกส์ (ขั้วลาก) และระบบขับเคลื่อนที่สมบูรณ์ (ใบพัด เครื่องยนต์ กระปุกเกียร์ และแหล่งพลังงาน) แทนที่จะเป็นเพียงใบพัดเพียงอย่างเดียว ประเด็นสำคัญคือการปรับแต่งเครื่องยนต์และใบพัด ดังนั้น เพื่อเพิ่มความทนทาน เราควรต้องมีอัตราการใช้แหล่งพลังงานขั้นต่ำ แทนที่จะลดกำลังของใบพัดที่ต้องการให้น้อยที่สุด ข้อกำหนดนี้เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของเครื่องยนต์ที่เป็นหน้าที่ของสภาพการทำงาน นอกจากนี้ ในหลายกรณี การออกแบบที่เหมาะสมที่สุดหมายถึงสภาพการทำงานที่หลากหลายและแง่มุมต่างๆ Aron Jon Brezina [23] ได้ศึกษายานพาหนะทางอากาศไร้คนขับ จุดมุ่งหมายของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจัยในปัจจุบันคือการกำหนดประสิทธิภาพของใบพัดขนาดเล็กต่างๆ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0 ถึง 6.0 นิ้ว ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแท่นทดสอบทดลองได้รับการออกแบบและสร้างโดยติดตั้งใบพัดและมอเตอร์ไฟฟ้าในอุโมงค์ลมสำหรับการทดสอบทั้งแบบสถิตและไดนามิกส์ ผลลัพธ์ทั้งแบบสถิตและไดนามิกส์จากการทดลองปัจจุบันถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลจากการศึกษาก่อนหน้านี้ สำหรับการทดสอบแบบสถิต ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงขับ ค่าสัมประสิทธิ์กำลังของใบพัด และประสิทธิภาพโดยรวม ซึ่งกำหนดเป็นอัตราส่วนของกำลังขับของใบพัดต่อกำลังไฟฟ้าเข้า ถูกพล็อตเทียบกับความเร็วในการหมุนของใบพัดสำหรับการทดสอบแบบไดนามิกส์ ความเร็วในการหมุนของใบพัดจะคงที่ในช่วงเวลาปกติในขณะที่ความเร็วลมอิสระเพิ่มขึ้นจากศูนย์เป็นสถานะกังหันลมค่าสัมประสิทธิ์แรงขับ ค่าสัมประสิทธิ์กำลัง ประสิทธิภาพของใบพัด และประสิทธิภาพโดยรวม เทียบกับอัตราส่วนขั้นสูงสำหรับความเร็วรอบต่างๆพบว่าแรงขับและแรงบิดเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบระยะพิทช์และเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด และลดลงตามความเร็วลม จากข้อมูลปัจจุบันและข้อมูลจากแหล่งเก็บถาวร พบว่าสัมประสิทธิ์แรงขับเพิ่มขึ้นตามเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดสำหรับใบพัดสี่เหลี่ยม โดยที่ D = P ค่าสัมประสิทธิ์แรงขับสำหรับตระกูลใบพัด พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสภาวะคงที่กับสภาวะของกังหันลมแม้ว่าประสิทธิภาพของใบพัดจะมีความสัมพันธ์กันดีสำหรับตระกูลใบพัดนี้ แต่ค่าพารามิเตอร์ความพอดีก็ดีขึ้นโดยการปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพของใบพัดด้วย D/P

Jurij Sodja and Tadej Kosel [24] ได้ศึกษาทฤษฎีของ Larrabee, Adkins และ Liebeck และ Gur และ Rosen แสดงให้เห็นแล้วว่าแบบจำลองโมเมนตัมของใบมีด (BEM) ทำงานได้ดีในการทำนายแรงขับที่เกิดขึ้นและกำลังที่ต้องการโดยใบพัด.การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) ที่พิจารณาคุณสมบัติเชิงปริพันธ์ของใบพัดถูกนำเสนอโดยเวสต์มอร์แลนด์และคณะ และ SezerUzol และ Long ชี้ให้เห็นว่าข้อตกลงที่สำคัญระหว่าง CFD และผลการทดลองควรเกิดขึ้น นอกจากนี้ Roosenboom และคณะเปรียบเทียบผลลัพธ์ CFD สำหรับความเร็วและความแรงของสนามในการปลุกของใบพัด โดยที่ข้อมูลได้มาจากวิธีการวัดความเร็วภาพอนุภาคแบบล็อกเฟส โดยรวมแล้วมีการรายงานข้อตกลงที่เพียงพอ ความตั้งใจของการตรวจสอบในปัจจุบันคือเพื่อแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการออกแบบตามแบบจำลอง BEM สามารถให้คำอธิบายที่เพียงพอของปริมาณการแจกจ่ายเช่นแรงขับและกำลังการกระจาย ความรู้เกี่ยวกับการแจกแจงที่ใกล้เคียงกันอย่างใกล้ชิดกับผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ CFD นั้นมีความสำคัญ เช่น เมื่อการเพิ่มประสิทธิภาพแอโรไดนามิกต้องควบคู่ไปกับการปรับโครงสร้างให้เหมาะสมเชิงตัวเลขหรือเชิงวิเคราะห์ ดังนั้น การวิเคราะห์ CFD จึงถูกใช้ที่นี่เป็นวิธีการวิเคราะห์ภายหลังสำหรับการประเมินผลลัพธ์ BEM

Chen Mingtai [25] ในวิทยานิพนธ์นี้อุปกรณ์ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อวัดแรงขับแบบสถิตของเครื่องบินเบาที่ขับเคลื่อนด้วยใบพัด นอกจากนี้ยังมีการสร้างแบบจำลองแรงขับแบบสถิตของเครื่องบินเบาที่ขับเคลื่อนด้วยใบพัดเพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบเครื่องบินเบาที่ขับเคลื่อนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบพัดสามลำได้รับการทดสอบด้วยใบพัดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน ใบพัดของเครื่องบินทั้งสามลำเชื่อมต่อกับเพลาเครื่องยนต์โดยตรงโดยไม่มีกล่องเกียร์ระหว่างใบพัดกับเพลาเครื่องยนต์ ดังนั้นความเร็วในการหมุนของใบพัดจึงเท่ากับความเร็วรอบเครื่องยนต์ (RPM) เครื่องยนต์ที่ใช้กันทั่วไปในเครื่องบิน ได้แก่ เครื่องยนต์ลูกสูบ เทอร์โบเจ็ต เทอร์โบแฟน และเทอร์โบพร็อพ พูดถึงเครื่องยนต์ลูกสูบที่ขับเคลื่อนด้วยใบพัดเพียงเพราะจุดมุ่งหมายของวิทยานิพนธ์คือการวัดแรงขับแบบสถิตของเครื่องบินเบาที่ขับเคลื่อนด้วยใบพัด

S. Subhas et at. [26] ได้ศึกษาเกี่ยวข้องกับโซลูชันการคำนวณที่สมบูรณ์สำหรับการไหลโดยใช้ซอฟต์แวร์ Fluent 6.3 เมื่อแรงดันใช้งานลดลงต่ำกว่าความดันไอของของเหลวโดยรอบ จะเป็นการจำลองสภาวะการเกิดโพรงอากาศ ในงานปัจจุบัน ซอฟต์แวร์ Fluent 6.3 ยังใช้เพื่อแก้ปัญหาปรากฏการณ์ขั้นสูง เช่น การเกิดโพรงของใบพัด ผลการจำลองการเกิดคาวิเทชั่นและลักษณะน้ำเปิดของใบพัดถูกนำมาเปรียบเทียบกับการคาดคะเนเชิงทดลอง ที่ได้จากงานวิจัยนี้ ดังนั้นในเอกสารฉบับปัจจุบัน ซอฟต์แวร์ CFD code Fluent 6.3 จึงถูกใช้เพื่อแก้ปัญหาปรากฏการณ์ขั้นสูง เช่น การเกิดโพรงของใบพัดการตรวจสอบอิงตามแบบจำลองความปั่นป่วน มาตรฐานร่วมกับปริมาณการใช้ของไหลเพื่อจับส่วนต่อประสานระหว่างของเหลวและไอ คุณสมบัติน้ำเปิดของใบพัดถูกประเมินในแง่ของค่าสัมประสิทธิ์ล่วงหน้า J ค่าสัมประสิทธิ์แรงขับ K_T ค่าสัมประสิทธิ์แรงบิด K_Q และประสิทธิภาพน้ำเปิด ในสภาวะที่ไม่มีการเกิดคาวิเทตและการเกิดคาวิเทตของใบพัด ผลการจำลองการเกิดคาวิเทชั่นและลักษณะน้ำเปิดของใบพัดถูกนำมาเปรียบเทียบกับการคาดคะเนเชิงทดลอง ที่ได้จากงานวิจัย

Shaik Azmatullah Rahaman et at. [27] ได้ศึกษาการออกแบบพัฒนา และวิเคราะห์ใบพัดโดยใช้วัสดุเส้นใยไม้ไผ่ผสมกับใบพัดเรือลมล่วงหน้าที่หมุนสวนทางกัน ใบพัดเรือลมแสดงลักษณะของการใช้งานที่ไม่ใช่การบิน การออกแบบใบพัดเป็นแบบกว้าง ใบมีดแบน และเหลี่ยม วิธีในการทำนายประสิทธิภาพของใบพัดคือการใช้ทฤษฎีองค์ประกอบของใบมีด ในวิธีนี้ ใบพัดจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ที่เป็นอิสระตามความยาว ในแต่ละส่วนจะมีการปรับสมดุลแรงที่เกี่ยวข้องกับการยกและลากส่วน 2D ด้วยแรงขับและแรงบิดที่เกิดจากส่วน ในขณะเดียวกันก็ให้สมดุลของแกนและ ใช้โมเมนตัมเชิงมุม ซึ่งจะสร้างชุดสมการไม่เชิงเส้นที่แก้ได้ด้วยการวนซ้ำสำหรับส่วนของใบมีดแต่ละส่วน ค่าผลลัพธ์ของแรงขับส่วนและแรงบิดสามารถสรุปผลเพื่อคาดการณ์ประสิทธิภาพโดยรวมของใบพัดได้ จากการวิเคราะห์และกราฟข้างต้น จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าประสิทธิภาพใบพัดสูงสุด คือ ร้อยละ 59.8 (ร้อยละ 60) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพสูงสุดเกิดขึ้นที่ 4000 รอบต่อนาที คือ รอบต่อนาทีที่ต่ำกว่าสำหรับการใช้งานเรือ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพต้องเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น มีความพยายามในการเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบใบพัดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่สูงขึ้นและรอบต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาทีของการออกแบบที่สูงขึ้น ลักษณะการออกแบบได้รับการศึกษาและสรุปได้ว่าการเปลี่ยนช่วงโดยรวมของใบพัดอาจเพิ่มแรงขับได้ เนื่องจากช่วงนั้นถูกจำกัดสำหรับเรือลมบางลำ

Hairuniza Ahmed Kutty and Parvathy Rajendran [28] ได้ศึกษาวิธีการทำนายเชิงตัวเลขเพื่อกำหนดประสิทธิภาพของใบพัดขนาดเล็ก การศึกษาดำเนินการโดยใช้โปรแกรมแก้ไขไดนามิกส์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) นั่นคือ FLUENT ผลลัพธ์เชิงตัวเลขจะถูกเปรียบเทียบกับข้อมูลการทดลองที่มีอยู่สำหรับใบพัดใบพัดแบบ Slow Flyer คอมโพสิตที่มีความแม่นยำขั้นสูง (APC) เพื่อกำหนดความคลาดเคลื่อนของค่าสัมประสิทธิ์แรงขับ ค่าสัมประสิทธิ์กำลัง และประสิทธิภาพการศึกษานี้ใช้การประสานกันของจัตุรมุขที่ไม่มีโครงสร้างตลอดการวิเคราะห์ด้วยค่า k มาตรฐานแบบจำลองความ เพื่อเสนอวิธีการตรวจสอบและการตั้งค่าที่สามารถประเมินประสิทธิภาพของใบพัดโดยใช้ CFD Fluent ดังนั้นการวิจัยเพิ่มเติมจึงไม่จำเป็นต้องทำการศึกษาการตั้งค่า CFD และการตรวจสอบก่อนที่จะมีการวิเคราะห์การออกแบบใบพัดแบบใหม่ การจำลอง CFD ที่ใช้ในการศึกษานี้จำลองผลการทดลองได้สำเร็จ ซึ่งอาจปรับปรุงความแม่นยำในการคำนวณได้อย่างมาก การศึกษาในปัจจุบันเปิดโอกาสให้ตรวจสอบโครงแบบใบพัดต่างๆ อาจมีการรวบรวมชุดข้อมูลที่เชื่อถือได้สำหรับใบพัดขนาดเล็กที่มีหมายเลข Reynolds รหัส CFD เชิงพาณิชย์ เช่น FLUENT พบว่ามีความน่าเชื่อถือในการให้การคาดการณ์เบื้องต้นที่ดี จึงสามารถแทนที่การวิเคราะห์เชิงทดลองซึ่งใช้เวลานานและมีราคาแพงกว่า วิธีการที่เสนอในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองความปั่นป่วน มาตรฐานและแบบจำลองกรอบอ้างอิงหลายตัวเพื่อรวมผลการหมุนของใบพัด การศึกษา meshing อิสระได้ตรวจสอบผลกระทบของหมายเลข meshing บนทั้งโดเมน เช่นเดียวกับข้อผิดพลาดและเวลาในการคำนวณที่จำเป็นสำหรับการตัดสินใจในการ meshing ขั้นสุดท้าย ผลลัพธ์ของค่าสัมประสิทธิ์แรงขับแสดงให้เห็นการทำนายที่ต่ำกว่าเล็กน้อยสำหรับการล่วงหน้าที่ต่ำ อัตราส่วน ในขณะที่ผลลัพธ์ของค่าสัมประสิทธิ์กำลังแสดงทั้งการทำนายที่ต่ำกว่าสำหรับอัตราส่วนล่วงหน้าที่ต่ำ และค่าที่คาดการณ์มากเกินไปสำหรับอัตราส่วนล่วงหน้าที่สูงขึ้น ประสิทธิภาพอยู่ในระดับสูงตลอดอัตราส่วนล่วงหน้า โดยมีการคาดการณ์มากเกินไปเพียงเล็กน้อยในอัตราส่วนล่วงหน้าที่สูงขึ้น ผลลัพธ์โดยรวมแสดงให้เห็นความสามารถที่เชื่อถือได้ในการทำนายประสิทธิภาพของใบพัดขนาดเล็กที่มีความเร็วต่ำและหมายเลข Reynolds

Rajan Gill and Raffaello D’Andrea [29] ได้ศึกษาวิธีการสำหรับแบบจำลองแรงขับ แรงต้าน และแรงบิดของใบพัดที่ใช้กับยานพาหนะไร้คนขับ (UAV) โมเดลนี้สามารถใช้ได้ในการบินที่กว้างตั้งแต่โฮเวอร์ไปจนถึงการบินไปข้างหน้าด้วยความเร็วสูง และได้มาจากหลักการแรกโดยใช้ทฤษฎี

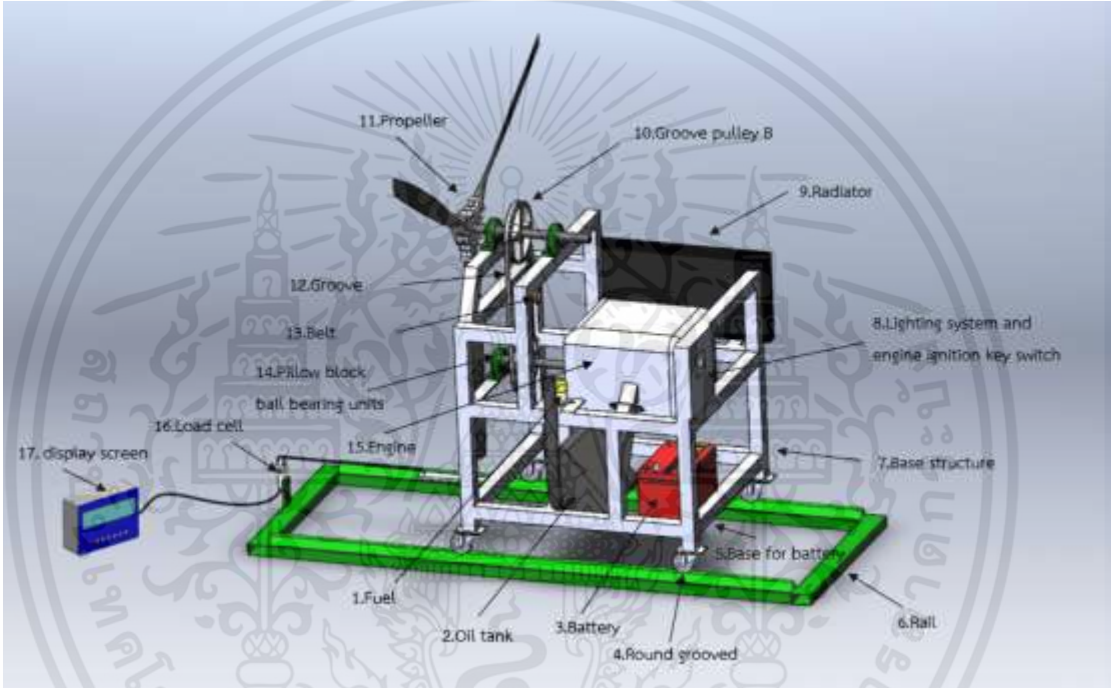
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของใบมีด (BET) ทฤษฎีโมเมนตัมของใบมีด (BEMT) และขั้นตอนการปรับพารามิเตอร์เพื่อกำหนดพารามิเตอร์ตามหลักอากาศพลศาสตร์ วิธีการนี้ใช้กับใบพัดสามประเภทเพื่อแสดงความเก่งกาจ และการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนสามารถทำนายแรงของโรเตอร์ได้อย่างแม่นยำ รวมถึงการวัดอุโมงค์ลมเพื่อใช้เป็นพื้นฐานเพิ่มเติมสำหรับการเปรียบเทียบ มีการเปรียบเทียบกับแบบจำลองแรงขับแบบสถิตที่มักใช้โดยหุ่นยนต์ ระเบียบวิธีนำเสนอโดยอิงจากแบบจำลองตามหลักการประการแรกและการปรับพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับข้อมูลการบินที่ระดับเพื่อทำนายแรงแอโรไดนามิกที่เกิดจากโรเตอร์ในระบบการบินที่กว้างซึ่งรวมถึงการบินแบบโฮเวอร์และบินไปข้างหน้า การทดลองทำบนใบพัดสองแบบที่แตกต่างกันเพื่อทำให้วิธีการนั้นถูกต้องตามกฎหมาย และแบบจำลองนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับการวัดโหลดจากการทดลองในอุโมงค์ลมบนใบพัดที่สามแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นแสดงการปรับปรุงเหนือแบบจำลองโฮเวอร์ ที่มักใช้ในวรรณคดีเมื่อบินด้วยความเร็วสูง แผนที่แรงขับของโรเตอร์และการลากที่พัฒนาขึ้นในบทความนี้สามารถใช้สำหรับการออกแบบและการควบคุม UAV โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการบินด้วยความเร็วสูงเนื่องจากเวลาในการคำนวณอยู่ในลำดับวินาที จึงสามารถใช้ตารางค้นหาเพื่อวัตถุประสงค์แบบเรียลไทม์ การใช้แบบจำลองแรงขับและการลากที่แม่นยำยิ่งขึ้นสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของ UAV ด้วยความเร็วสูงเหล่านี้ นอกจากนี้แผนที่ยังช่วยในการระบุโมเดลไดนามิกทั้งหมดของ UAV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ และวิธีการ

การศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท ทำโดยการออกแบบ และสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาองศาของใบพัด (รูปที่ 3.1) โดยมีการออกแบบกลไกโดยใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับเคลื่อนใบพัดให้เกิดการหมุน เพื่อการขับเคลื่อนไปข้างหน้าโดยใช้แรงลมเป็นหลัก โดยวิธีการทดลองนั้นจะใช้ชุดทดลองวิ่งบนรางโดยใช้โหลดเซลล์ในการวัดกำลังขับของใบพัด



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงอุปกรณ์ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบ และการสร้างชุดทดลองกำลังใบพัดของเรือแอร์โบ๊ท

3.1.1 อุปกรณ์ และวิธีการสร้างชุดทดลองกำลังใบพัดของเรือแอร์โบ๊ท

3.1.1.1 โครงสร้างฐานประกอบไปด้วย เหล็กกล่องขนาด 5×5 เซนติเมตร (รูปที่ 3.2) และล้อร่องกลมขนาด 3 นิ้ว จำนวน 4 ล้อ (รูปที่ 3.3)

3.1.1.2 ติดตั้งเครื่องยนต์ขนาด 1.5 ลิตร 78 ถึง 87 แรงม้า รุ่น TOYOTA 3E (รูปที่ 3.4)

3.1.1.3 ติดตั้งระบบไฟและสวิตซ์กุญแจจุดระเบิดเครื่องยนต์ (รูปที่ 3.5) พร้อมทั้งแผนภาพแสดงวงจรไฟของระบบ (รูปที่ 3.6)

3.1.1.5 ทำฐานสำหรับวางแบตเตอรี่ขนาด 180×310×5 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.7) และติดตั้งแบตเตอรี่ขนาด 173×305×225 มิลลิเมตร ยี่ห้อ GS Battery รุ่น MFX-185R (รูปที่ 3.8)

3.1.1.6 ติดตั้งหม้อน้ำขนาด 43×65×5 เซนติเมตร ของรถยนต์รุ่น TOYOTA SOLUNA AL50 ชนิดเกียร์ออโต้ (รูปที่ 3.9)

3.1.1.7 ติดตั้งปั๊มติ๊กนอกถังชนิด 12 โวลต์ ยี่ห้อ Top Performance (รูปที่ 3.10) และถังน้ำมัน (รูปที่ 3.11)

3.1.1.8 ติดตั้งพูเล่ย์ร่อง B ขนาด 9 นิ้ว จำนวน 1 ตัว และ 18 นิ้ว ด้วยอัตราทด 2:1 และติดตั้งพูเล่ย์จำนวน 2 ตัว อัตราทด 2:1 (รูปที่ 3.12) และสายพานร่อง B เบอร์ 68 ยี่ห้อ ALLIGATOR GLOBE จำนวน 1 เส้น (รูปที่ 3.13)

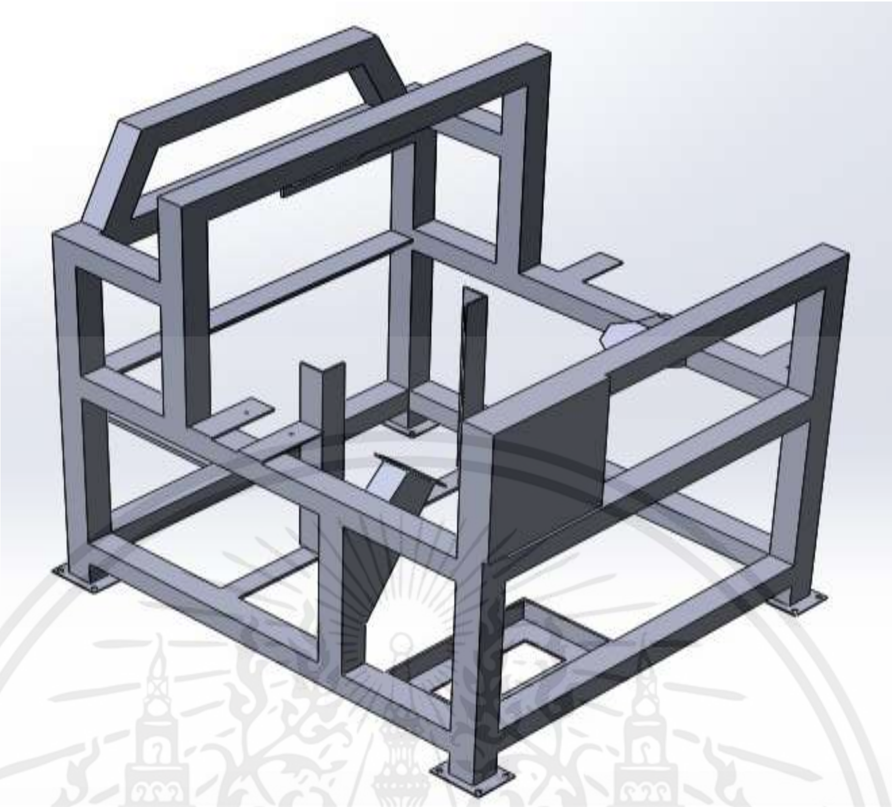
3.1.1.9 ติดตั้งลูกรอกดันสายพานขนาด 2 นิ้ว (รูปที่ 3.14)

3.1.2.10 ติดตั้งตลับลูกปืนตุ๊กตายี่ห้อ SKF รุ่น UCP-207 จำนวน 3 ตัว (รูปที่ 3.15)

3.1.2.11 ติดตั้งใบพัดเครื่องบินขนาด 70 นิ้ว ชนิด 3 ใบพัด ยี่ห้อ Warp Drive รุ่น Standard (รูปที่ 3.16)

3.1.2.12 รางวิ่งสำหรับชุดทดลอง ความยาวขนาด 0.85×2 เมตร ประกอบด้วยเหล็กกล่องขนาด 4 มิลลิเมตร เหล็กฉากขนาด 40×40 มิลลิเมตร และเหล็กเส้นขนาด 3 หุน (รูปที่ 3.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ฐานที่ทำเป็นที่รองรับตัวเครื่องยนต์

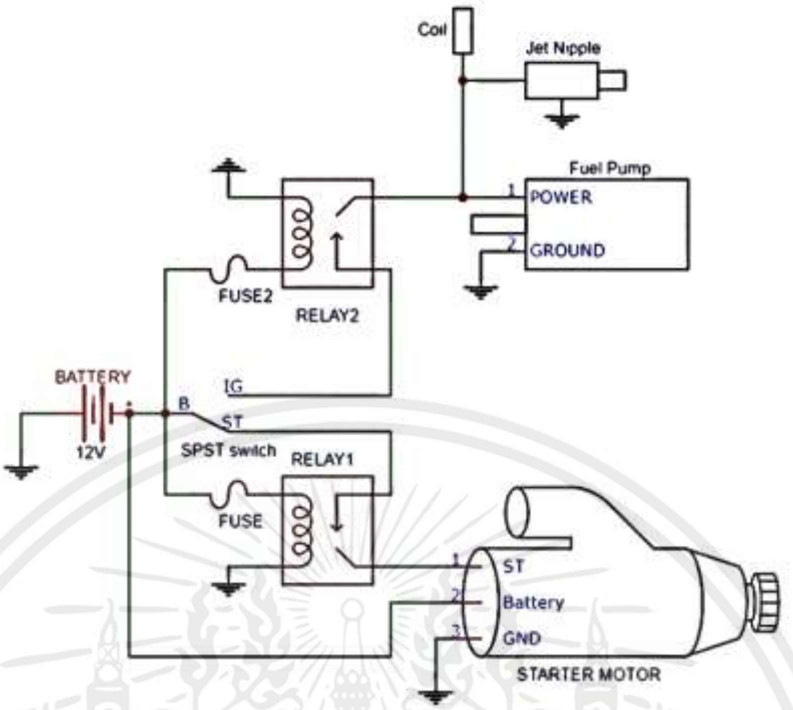
รูปที่ 3.3 ล้อร่องกลม [29]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 เครื่องยนต์รุ่น TOYOTA 3E [30]

รูปที่ 3.5 สวิตซ์กุญแจจุดระเบิดเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรไฟของระบบ

รูปที่ 3.7 ฐานวางแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 แบตเตอรี่ ยี่ห้อ GS Battery รุ่น MFX-185R [31]

รูปที่ 3.9 หม้อน้ำรถยนต์รุ่น TOTOTA SOLUNA AL50 [32]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 ปั๊มติ๊กนอกถังรุ่นTPFB-303 ยี่ห้อ PERFORMANCE JAPAN [33]

รูปที่ 3.11 ถังน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 พูเล่ย์ร่อง B ขนาด 9 นิ้ว และ 18 นิ้ว

รูปที่ 3.13 สายพานร่อง B เบอร์ 68 ยี่ห้อ ALLIGATOR GLOBE [34]

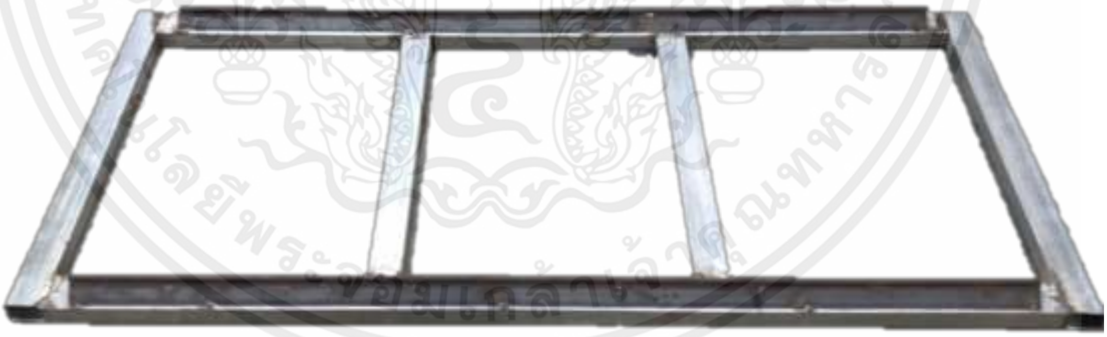
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 ลูกรอกสายพาน (ลูกเตะ)

รูปที่ 3.15 ตลับลูกปืนตุ๊กตา รุ่น UCP-207 [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 ใบพัดยี่ห้อ Warp Drive [10]



รูปที่ 3.17 ราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 เครื่องวัดความเร็วรอบยี่ห้อ DIGICON รุ่น DT-245P [35]

รูปที่ 3.19 โหลดเซลล์แบบ bending beamยี่ห้อ MASSIS รุ่น HSX-A [36]

รูปที่ 3.20 หน้าจอแสดงผลยี่ห้อ SDS รุ่น IDS12-LCD [37]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 เครื่องวัดระดับเลเซอร์ 360 องศา ยี่ห้อ ADVANCE รุ่น BR660NM [38]

รูปที่ 3.22 ที่วัดระดับน้ำอะลูมิเนียม 12 นิ้วยี่ห้อ STANLEY รุ่น 42-072 [39]

รูปที่ 3.23 ชุดบล็อกเอนกประสงค์ 1/2 นิ้ว ยี่ห้อ KINGTONY [40]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.24 ชุดประแจแหวนข้างปากตายชุด 14 ตัว ยี่ห้อ HACHI [41]

รูปที่ 3.25 ตู้ชาร์จแบตเตอรี่ รุ่น 30 แอมแปร์ ยี่ห้อ BONTA [42]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดลองหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของเครื่องยนต์และแรงบิดโหลดเซลล์ที่องศาต่างๆที่วัดได้

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1.1 ชุดทดลองทดสอบกำลังใบพัดที่สร้างขึ้น

3.2.1.2 เครื่องวัดความเร็วรอบยี่ห้อ DIGICON รุ่น DT-245P (รูปที่ 3.18)

3.2.1.3 โหลดเซลล์ขนาด 200 กิโลกรัม แบบ bending beam ยี่ห้อ MASSIS รุ่น HSX-A (รูปที่ 3.19)

3.2.1.4 หน้าจอแสดงผลยี่ห้อ SDS รุ่น IDS12-LCD (รูปที่ 3.20)

3.2.1.5 เครื่องวัดระดับเลเซอร์ 360 องศา ยี่ห้อ ADVANCE รุ่น BR660NM (รูปที่ 3.21)

3.2.1.6 ที่วัดระดับน้ำอะลูมิเนียม 12 นิ้ว ยี่ห้อ STANLEY รุ่น 42-072 (รูปที่ 3.22)

3.2.1.7 ชุดบล็อกเอนกประสงค์ 1/2 นิ้ว ยี่ห้อ KINGTONY รุ่น 4526MR (รูปที่ 3.23)

3.2.1.8 ชุดประแจแหวนข้างปากตายชุด 14 ตัว ยี่ห้อ HACHI (รูปที่ 3.24)

3.2.1.9 ตู้ชาร์จแบตเตอรี่ ยี่ห้อ BONTA รุ่น 30 แอมแปร์ ผลิตโดย บริษัท วิเศษสิริ จำกัด (รูปที่ 3.25)

3.2.1.10 ชุดทดลองหากำลังของใบพัด (รูปที่ 3.27)

3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.2.1 นำแบตเตอรี่ (รูปที่ 3.8) มาใส่ในฐานวางแบตเตอรี่ที่ได้ทำการสร้างขึ้น (รูปที่ 3.7)

3.2.2.2 เติมน้ำมันจำนวน 3 ลิตร ลงในถังน้ำมัน (รูปที่ 3.11)

3.2.2.3 ใช้พูเล่ย์ขนาด 9 นิ้ว และ 18 นิ้ว (รูปที่ 3.12) จำนวนอย่างละ 1 ตัว มีขนาดรูเพลา 35 มิลลิเมตร ใส่ที่ตำแหน่งหน้า Fly wheel และตำแหน่งที่ติดตั้งใบพัด (รูปที่ 3.16)

3.2.2.4 นำลูกรอกดันสายพานมาติดตั้ง (รูปที่ 3.14) และทำการเลื่อนลูกรอกเพื่อทำให้สายพานตึง (รูปที่ 3.13)

3.2.2.5 ทำการตรวจเช็คสภาพเครื่องยนต์ก่อนจะสตาร์ท (รูปที่ 3.4)

3.2.2.6 เมื่อตรวจสอบเครื่องยนต์เสร็จเรียบร้อยแล้วทำการติดตั้งใบพัดโดยใช้ประแจเบอร์ 14 จำนวน 2 ตัว นำมาขันน็อตบริเวณใบพัดให้แน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.7 นำเครื่องตั้งวัดระดับเลเซอร์ 360 องศา มาใช้ในการปรับหามุมของใบพัด โดยเริ่มจากที่มุม 0 องศา (รูปที่ 3.21)

3.2.2.8 ทำการตั้งระดับพื้นและรางที่ใช้ในการทดลองด้วยที่วัดระดับน้ำอะลูมิเนียม ให้มีระดับที่เท่ากันทุกด้านก่อนนำชุดทดทองบนราง (รูปที่ 3.22)

3.2.2.9 ทำการติดตั้งโหลดเซลล์ขนาด 200 กิโลกรัม (รูปที่ 3.19) บริเวณด้านท้ายของราง จากนั้นทำการตรวจสอบจอแสดงผลโดยการตั้งค่าเซ็ตศูนย์ของเครื่องอ่านค่าจากโหลดเซลล์ (รูปที่ 3.20)

3.2.2.10 ทำการทดลองด้วยอัตราทดของพูเล่ย์ 1:1

3.2.2.11 สตาร์ทเครื่องยนต์ให้เครื่องยนต์มีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 850 รอบต่อวินาที (รอบเดินเบา)

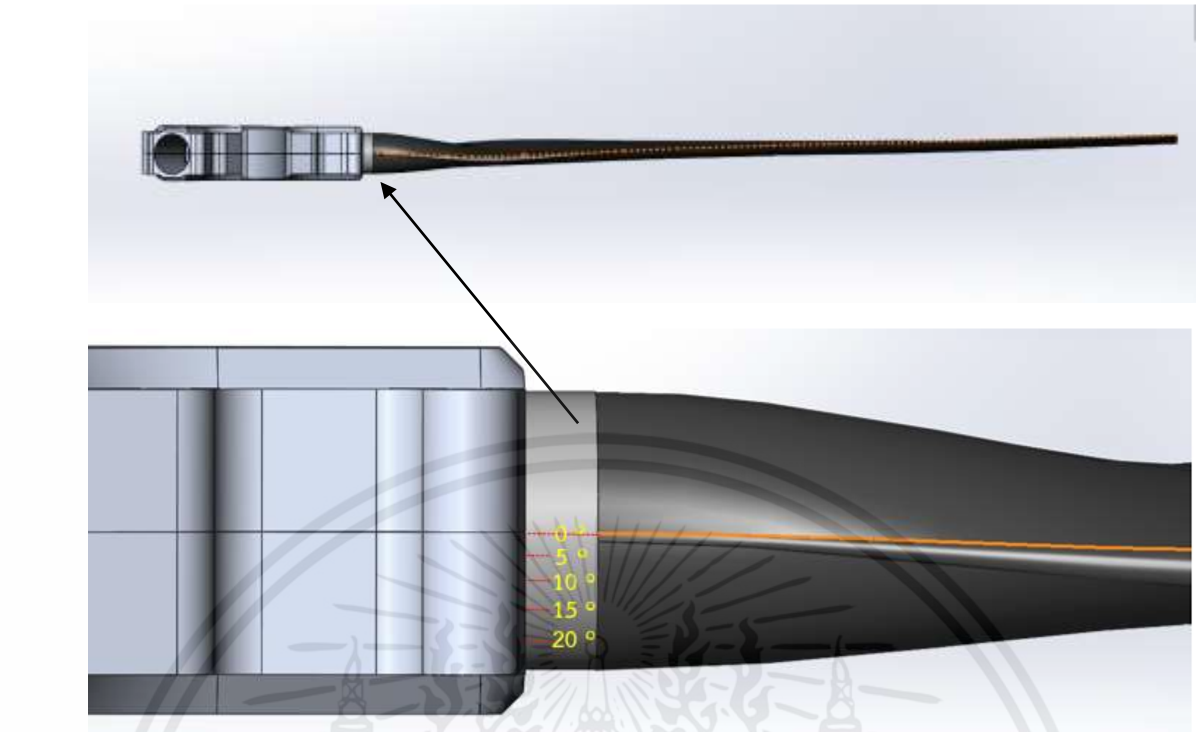
3.2.2.12 เร่งเครื่องยนต์ให้มีความเร็วรอยสูงขึ้น 1000 องศา รอบต่อนาที และทำการจดบันทึกค่าแรงผลัก ทุกๆความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น 100 รอบต่อนาที จนมีความเร็วรอบสูงสุด 3000 รอบต่อนาที

3.2.2.13 ทำการทดลองซ้ำจนตั้งแต่ 3.22.11 ถึง 3.2.2.12 จนครบ 3 ซ้ำ

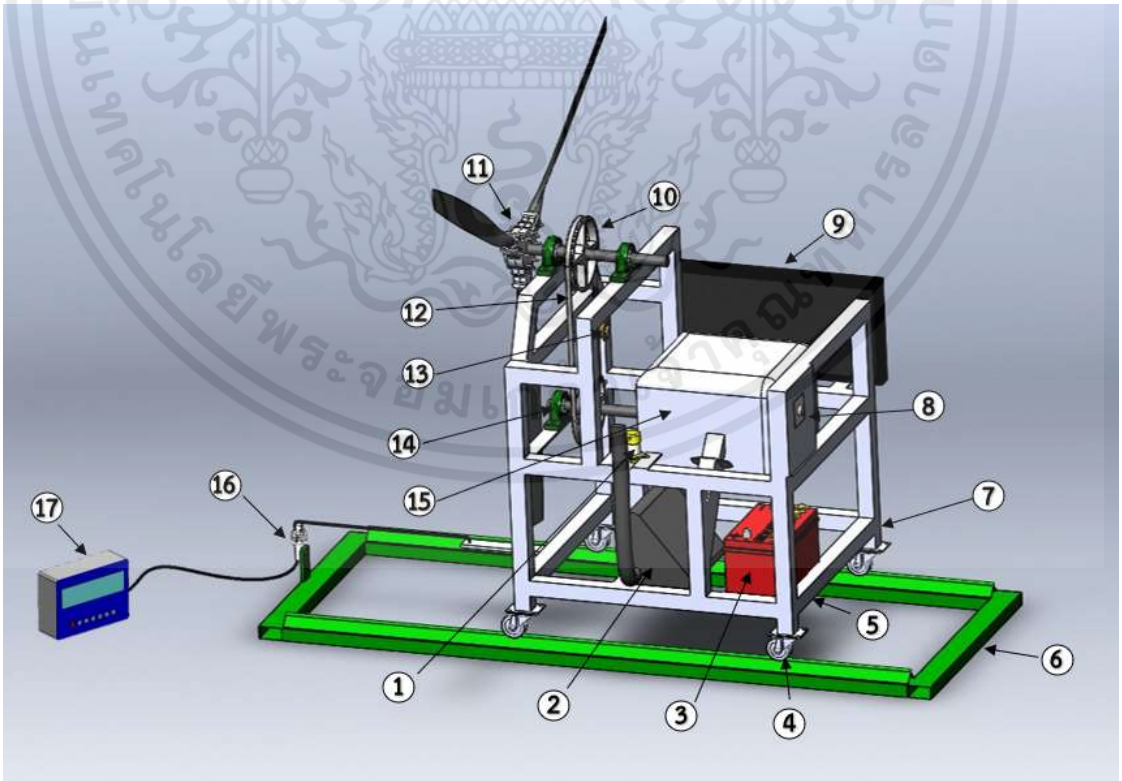
3.2.2.14 ทำการปรับองศาใบพัด 5 10 15 และ 20 องศา โดยทำการทดลองตั้งแต่ 3.2.2.11 ถึง 3.2.2.12 จนครบทุกองศาโดยทำการทดลององศา 3 ซ้ำ

3.2.2.15 ทำการทดลองปรับอัตราทดของพูเล่ย์เป็น 1:1 แล้วทำการทดลองตั้งแต่ 3.2.2.11 ถึง 3.2.2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 องศาของใบพัดที่มุม 5 10 15 20 องศา ตามลำดับ



รูปที่ 3.27 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

หมายเลข	ชิ้นส่วน
1	ปั๊มติ๊กนอกถังชนิด 12 โวลต์ ยี่ห้อ Top Performance
2	ถังน้ำมันปริมาตร 7 ลิตร
3	แบตเตอรี่ ขนาด 173×305×225 มิลลิเมตร ยี่ห้อ GS Battery รุ่น MFX-185R
4	ล้อร่องกลมขนาด 3 นิ้ว จำนวน 4 ล้อ
5	ฐานสำหรับวางแบตเตอรี่ด้วยเหล็กฉากขนาด 180×310×5 มิลลิเมตร
6	รางสำหรับชุดทดลอง ความยาวขนาด 2 เมตร ประกอบด้วยเหล็กปล่อง ขนาด 4 มิลลิเมตร เหล็กฉากขนาด 40×40 มิลลิเมตร และเหล็กเส้นขนาด 3 หุน
7	โครงสร้างฐานประกอบด้วย เหล็กปล่องขนาด 5×5 เซนติเมตร
8	ระบบไฟและสวิตซ์กุญแจจุดระเบิดเครื่องยนต์
9	หม้อน้ำขนาด 43×65×5 เซนติเมตร ของรถยนต์รุ่น TOYOTA SOLUNA AL50 ชนิดเกียร์ออโต้
10	พูเล่ย์ร่อง B จำนวน 2 ตัว ขนาด 9 นิ้ว
11	ใบพัดขนาด 70 นิ้ว ชนิด 3 ใบพัด ประเภท Standard ยี่ห้อ Warp Drive
12	สายพานร่อง B เบอร์ 68 ยี่ห้อ ALLIGATOR GLOBE จำนวน 1 เส้น
13	ลูกรอกดันสายพาน ขนาด 2 นิ้ว
14	ตลับลูกปืนตุ๊กตายี่ห้อ SKF รุ่น UCP-207 จำนวน 3 ตัว
15	โหลดเซลล์ขนาด 200 กิโลกรัม แบบ bending beam ยี่ห้อ MASSIS รุ่น HSX-A
16	เครื่องยนต์ขนาด 1.5 ลิตร 78 ถึง 87 แรงม้า รุ่น TOYOTA 3E
17	หน้าจอแสดงผลยี่ห้อ SDS รุ่น IDS12-LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

จากการศึกษากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ทได้ทำการสร้างชุดทดลองหากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท โดยทดลองการหากำลังของใบพัดที่มุมองศา 0 5 10 15 20 องศา ที่อัตราทด 2:1 และอัตราทด 1:1

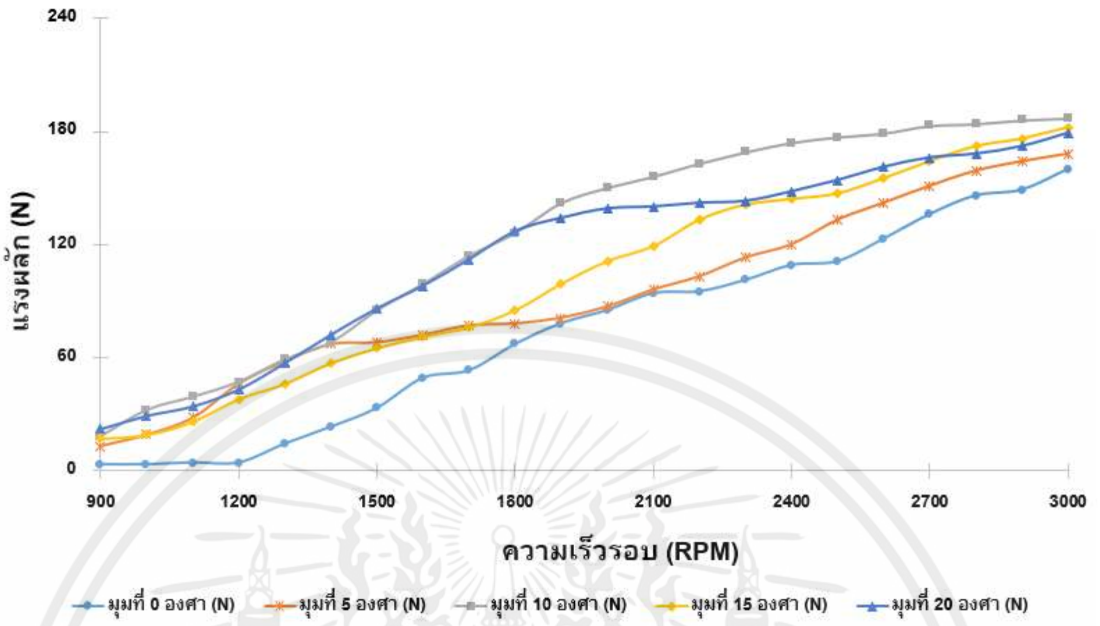
4.1 ผลการสร้างชุดทดลองหากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท

ผลการการสร้างชุดทดลองหากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท (รูปที่ 4.1) ทำให้ได้ชุดทดลองกำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท มีลักษณะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน 1) ส่วนของชุดทดลองส่วนบนที่ประกอบด้วย ที่อัตราทด 2:1 พูเล่ย์ขนาด 9 นิ้ว จำนวน 1 ตัว และพูเล่ย์ขนาด 18 นิ้ว จำนวน 1 ตัว และที่อัตราทด 1:1 พูเล่ย์ขนาด 9 นิ้ว จำนวน 2 ตัว 2) ส่วนของชุดทดลองส่วนล่างประกอบด้วย รางเหล็กขนาด 0.82 × 2.15 เมตร และโหลดเซลล์ขนาด 200 กิโลกรัม

รูปที่ 4.1 ชุดทดลองหากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

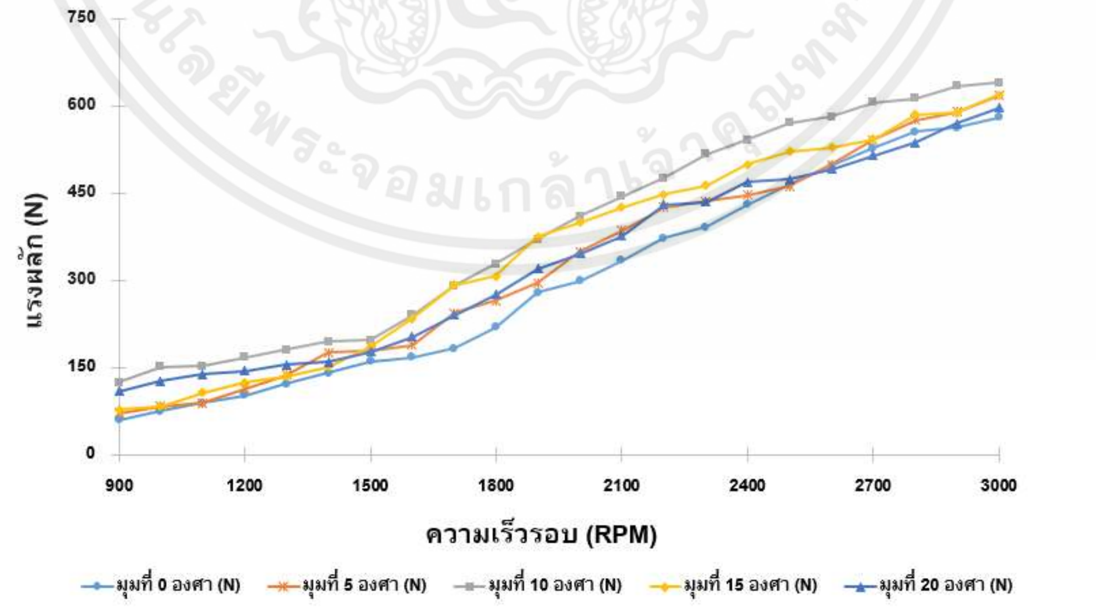
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลองการหากำลังของใบพัดที่มุม 0 5 10 15 20 องศา ที่อัตราทด 2:1



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงผลักและความเร็วรอบ ที่อัตราทด 2:1

ผลจากการทดลองพบว่า ที่มุม 10 องศา มีค่าแรงผลักมากที่สุดที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบ โดยมีแรงผลักเท่ากับ 187 นิวตัน และที่มุม 15 องศา มุม 20 องศา มุม 5 องศา และ 0 องศา มีแรงผลักเท่ากับ 182 นิวตัน 179 นิวตัน 168 นิวตัน และ160 นิวตัน ตามลำดับ

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลองการหากำลังของใบพัดที่มุม 0 5 10 15 20 องศา ที่อัตราทด 1:1



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงผลักและความเร็วรอบ ที่อัตราทด 1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการทดลองพบว่า ที่มุม 10 องศา มีค่าแรงผลักมากที่สุดที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบ โดยมีแรงผลักเท่ากับ 641 นิวตัน และที่มุม 5 องศา และ 15 องศา มีแรงผลักที่เท่ากัน คือ 620 นิวตัน ที่มุม 20 และ 0 องศา มีแรงผลักลดลงเท่ากับ 598 และ 581 นิวตัน ตามลำดับ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ พบว่าเรือแอร์โบ๊ทเป็นเรือที่วิ่งได้ในน้ำตื้นและไม่ทำลายระบบนิเวศใต้น้ำเพราะเรือแอร์โบ๊ทเคลื่อนที่โดยใช้ลมเป็นแรงผลัก จึงได้นำใบพัดรุ่น Standard ยี่ห้อ Warp drive มาติดตั้งในเครื่องยนต์ Toyota 3E ในมุมองศา 0 5 10 15 และ 20 เพื่อหามุมองศาที่ให้กำลังสูงสุดโดยใช้อัตราทด 2 : 1 หลังจากทำการทดลองพบว่ามีค่าแรงผลักน้อยเกินไป จึงได้เปลี่ยนมาใช้อัตราทด 1 : 1 เพราะต้องการแรงผลักที่มากขึ้นเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของใบพัดและเครื่องยนต์ที่ดีที่สุดมาใช้สำหรับพัฒนาเรือแอร์โบ๊ท

ผลจากการทดลองกำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท เพื่อหาประสิทธิภาพของใบพัด ในอัตราทด 2 : 1 ที่มุม 0 องศา ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที มีแรงผลักสูงสุดเท่ากับ 160 นิวตัน ที่มุม 5 องศา ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที มีแรงผลักสูงสุด 168 นิวตัน ที่มุม 10 องศา ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที มีแรงผลักสูงสุด 187 นิวตัน ที่มุม 15 องศา ความเร็วรอบ 3000รอบต่อนาที มีแรงผลักสูงสุด 182 นิวตัน ที่มุม 20 องศา ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที มีแรงผลัก 179 นิวตัน ดังนั้นที่อัตราทด 2 : 1 มีแรงผลักมากที่สุดอยู่ที่มุม 10 องศา และอัตราทด 1 : 1 ที่มุม 0 องศา ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที มีแรงผลัก 581 นิวตัน ที่มุม 5 องศา ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที มีแรงผลัก 619 นิวตัน ที่มุม 10 องศา ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที 641 นิวตัน ที่มุม 15 องศา ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที มีแรงผลัก 620 นิวตัน ที่มุม 20 องศา ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที มีแรงผลัก 598 นิวตัน ดังนั้นที่อัตราทด 1 : 1 มีแรงผลักมากที่สุดอยู่ที่มุม 10 องศา

จากการทดลองสรุปได้ว่า ควรเลือกใช้ที่อัตราทด 1 : 1 เนื่องจากอัตราทด 1 : 1 มีแรงผลักมากกว่าอัตราทด 2 : 1 ถึง 3.4 เท่า แรงที่ได้จากการทดลองไม่สามารถนำมาใช้ในการช่วยเหลือทางอุทกภัยได้เพราะใบพัดมีขนาดเล็กและกินลมได้น้อย จึงทำให้มีแรงผลักออกมาน้อย จากงานวิจัยของ วรวัฒน์ มีชัย และ คณะ [19] ซึ่งได้สร้างเรือคายักยาว 3.85 เมตร กว้าง 0.68 เมตร พบว่ามีแรงผลักเท่ากับ 244.64 นิวตัน ซึ่งน้อยกว่าแรงผลักที่ได้จากการทดลองนี้ จึงเห็นได้ว่าใบพัดขนาด 70 นิ้ว ที่ได้ทำการทดลองนั้นสามารถนำมาใช้ในการช่วยเหลือทางอุทกภัยได้แต่จะต้องเป็นเรือที่มีขนาดเล็กและต้องมีเครื่องยนต์ที่มีน้ำหนักเบา เพื่อความปลอดภัยในการทดลองไม่สามารถทดลองที่ความเร็วรอบที่มากกว่า 3000 รอบต่อนาทีได้ เนื่องจากอาจเกิดความเสียหายกับเครื่องยนต์และอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหา และอุปสรรคในการทดลอง

จากการดำเนินการทดลองชุดศึกษากำลังใบพัดของแอร์โบ๊ท ซึ่งได้พบปัญหาที่เกิดขึ้นดังนี้

5.2.1 การอ่านความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เนื่องจากใช้เครื่องอ่านแบบยิงแสงซึ่งมีค่าความละเอียดที่น้อยกว่าแบบระบบเซนเซอร์

5.2.2 ไม่สามารถควบคุมความเร็วรอบของแต่ละรอบได้

5.2.3 อุปกรณ์ในการทดลองไม่พร้อม

5.2.4 มีการเปลี่ยนเรื่องสถานที่ในการทดลองที่ต้องเปลี่ยนไป2ครั้ง เนื่องจากจากสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด - 19

5.2.5 สถานที่ทดสอบเนื่องเข้าไปทดสอบในทางมหาวิทยาลัยไม่ได้จริงมาทดลองที่หน้าหอพักซึ่งติดถนนและเป็นอุปสรรค์ในการทดสอบคือเวลารถขับผ่านก็ต้องยุดการทดสอบเพื่อความปลอดภัยของผู้ที่ขับรถผ่านไปผ่านมา

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรใช้ใบพัดเป็นใบพัดไม้ เพราะมีน้ำหนักเบา

5.3.2 ควรใช้เครื่องที่มีรอบเครื่องยนต์สูงมากกว่านี้

5.3.3 ควรจะติดตั้งเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับวัดรอบเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ทรูปลูกปัญญา. (2561). ภูมิศาสตร์ประเทศไทย. [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/480

[2] กรมอุตุนิยมวิทยา. อุทกภัย (Flood). [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=70

[3] thailifesaving. (2559). การให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยทางน้ำ. [Online]. เข้าถึงจาก: http://www.thailifesaving.org/index.php/infomation/substance/safe

[4] ทวีวัฒน์ ใบพัดเรือ. (2562). ท้องเรือแบบไหนเหมาะกับน้ำทะเล และน้ำจืด. [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.taweewat.com/บทความ/ท้องเรือแบบไหนเหมาะกับ/

[5] บริษัท อีโค มารีน จำกัด. (2560). แอร์โบ๊ท. [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.ecomarine.co.th/boats

[6] พิชัย อัษฎมงคล. (2547). การสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง. [Online]. เข้าถึงจาก: http://thesis.swu.ac.th/swufac/Eng/Pichai_A_R143453.pdf

[7] Britannica. (2564). การทำงานเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ (Four-stroke cycle). [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.britannica.com/technology/radial-engine

[8] Thai Technics. (2545). TYPE OF AIRCRAFT PROPELLERS. [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.thaitechnics.com/propeller/prop_type_t.html

[9] WarpDriveInc. (2564). Operation & Installation Manual: 3-Blade HPL. [Online]. เข้าถึงจาก: https://warpdriveinc.com/wp-content/uploads/2021/03/ Warp-Drive-Propellers_090-01-21_Manual_HPL_3-Blade.pdf

[10] WarpDriveInc. (2564). Complete 3-Blade Propellers [Online]. เข้าถึงจาก: https://warpdriveinc.com/complete-propellers/

[11] Thai Technics. (2545). AIRCRAFT PROPELLERS.[Online]. เข้าถึงจาก: https://www.thaitechnics.com/propeller/prop_intro_t.html

[12] Factomart. (2562). โหลดเซลล์ (Load Cell). [Online]. เข้าถึงจาก: https://mall.factomart.com/what-is-load-cell/

[13] THATEE. (2554). เครื่องมือวัดและควบคุม (INSTRUMENT AND CONTROL). [Online]. เข้าถึงจาก: http://ins-rayong.blogspot.com/2014/06/load-cell.html

[14] Factomart. (2562). ประเภทของ Load Cell แบบสเตรนเกจ. [Online]. เข้าถึงจาก: https://mall.factomart.com/type-of-load-cell/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15] INDUSTRIALENGINEER. (2562). สายพานส่งกำลัง (Transmission Belt). [Online]. เข้าถึงจาก: https://industrialengineerblog.files.wordpress.com/2016/01/e0b89ae0b897e0b897e0b8b5e0b9882-21-10-58.pdf, 21-24.

[16] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์. (2553). แบริ่ง (Bearing). [Online]. เข้าถึงจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0787/bearing

[17] ทฤษฎีด้านแบริ่งลูกปืน. [Online]. เข้าถึงจาก: http://www.research-system.siam.edu/images/coop/printing_engineer/3_2557/RESTORATION_PROJECTS_GLUING_CORRUGATED_CARDBOARD_MACHINE/07_ch2.pdf

[18] SKF. UCP 207 Pillow block ball bearing units. [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.skf.com/sg/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-UCP%20207

[19] วรวัฒนมีชัย, ปรัชญา เปรมปราณีรัชต. 2552. พลศาสตร์เรือเคลื่อนที่อัตโนมัติโดยใช Podded Propulsion. Online]. เข้าถึงจาก: https://www.lib.ku.ac.th/kuconf/data53/KC4811037.pdf

[20] Chad M. Berman., 2003. “Static thrust study of an airboat propeller. American Institute of Aeronautics and Astronautics”, 1.

[21] Mehdi Sabzehparvar., 2005. “In-Flight Thrust Measurements Of Propeller-Driven Airplanes. Journal of aircraft”, 1543.

[22] Ohad Gur and Aviv Rosen., 2009. “Optimization of Propeller Based Propulsion System. Journal of aircraft”, 95.

[23] Aron Brezina and Scott Thomas., 2013. “Measurement of Static and Dynamic Performance Characteristics of Electric Propulsion Systems. American Institute of Aeronautics and Astronautics”, 1.

[24] Chen Mingtai., 2012. “Static Thrust Measurement for Propeller-driven Light Aircraft”, 1.

[25] S. Subhas et at., 2012. “CFD Analysis of a Propeller Flow and Cavitation. International Journal of Computer Applications”, 26.

[26] Shaik Azmatullah Rahaman et at., 2014. “Design, Development and Analysis of Advanced Airboat Propeller by Using Bamboo Composite Fibre Material. International Journal of Engineering Development and Research”, 3475.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[27] Hairuniza Ahmed Kutty and Parvathy Rajendran., 2017. “3D CFD Simulation and Experimental Validation of Small APC Slow Flyer Propeller Blade. Aerospace” , 1.

[28] Rajan Gill and Raffaello D’Andrea., 2017. “Propeller thrust and drag in forward flight”, 73.

[29] ล้อร่องกลม. [Online]. เข้าถึงจาก: https://cdn.shopify.com/s/files/1/2377/5617/products/lrng-u-lrng-w-ehlkehniiyw-u-type-w-type-steel-wheel-3_900x.jpg?v=1610778261

[30] The Toyota E Series Engine. [Online]. เข้าถึงจาก: https://parts.olathetoyota.com/e-series-engine

[31] Autotirechecking. (2562). แบตเตอรี่ GS BATTERY MFX-185R. [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.autotirechecking.com/batteryspec/GS-BATTERY-MFX-185R-77.html

[32] หม้อน้ำรถยนต์รุ่น TOYOTA SOLUNA AL 50. [Online]. เข้าถึงจาก: https://th-test-11.slatic.net/p/f98b4fa5068fe3c68deea19e23ae2bfd.jpg

[33] ปั๊มติ๊กนอกถังรุ่น TPFB-303 ยี่ห้อ PERFORMANCE JAPAN. (2560). [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.milework.com/electric-and-lighting/motor/12v-top-performance-japan-tpfb-303-bosch/

[34] เบญจราม. (2558). สายพานนอก-จระเข้. [Online]. เข้าถึงจาก: http://www.benjaramgroup.com/home/index.php?route=product/product&product_id=12435

[35] แสงชัย. เครื่องวัดความเร็วรอบ. [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.sangchaimeter.com/images/product/85f8ea3b-abed-9b43-9d71-5ab4c81e069d-optim.jpg

[36] keli-CEE. HSX-A/-ASS Loadcell. [Online]. เข้าถึงจาก: http://www.digitalscale.co.th/sites/4573/files/u/Catalog/Keli%20Loadcell/HSX-A/HSX-A-ASS%20Datasheet.pdf

[37] หน้าจอแสดงผล. [Online]. เข้าถึงจาก: http://sahaphanscales.com/_content_images/product/392AD50E-AE30-CAE2-670A-A974A0FFF4BC.png

[38] เลเซอร์วัดระดับ. (2544). [Online]. เข้าถึงจาก: https://www.homepro.co.th/p/1138299

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[39] ที่วัดระดับน้ำอะลูมิเนียม. [Online]. เข้าถึงจาก:
https://aumento.officemate.co.th/media/catalog/product/O/F/OFM9003900.jpg?imwidth=640

[40] ชุดบล็อกเอนกประสงค์ ½ นิ้ว. [Online]. เข้าถึงจาก:
http://img.tarad.com/shop/n/nl-alltool/img-lib/spd_20160727183744_b.jpg

[41] ชุดประแจแหวนข้างปากตายชุด 14 ตัว. [Online]. เข้าถึงจาก:
https://pim.thaiwatsadu.com/TWDPIM/web/Image/0106/60270088.jpg

[42] ชาร์จแบตเตอรี่ รุ่น 30 แอมแปร์. (2564). [Online]. เข้าถึงจาก:
https://solisautoparts.com/%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%A7-bonta-%E0%B8%95%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%8A%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%88%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%95%E0%B8%AB%E0%B8%B9%E0%B8%AB%E0%B8%B4%E0%B9%89/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

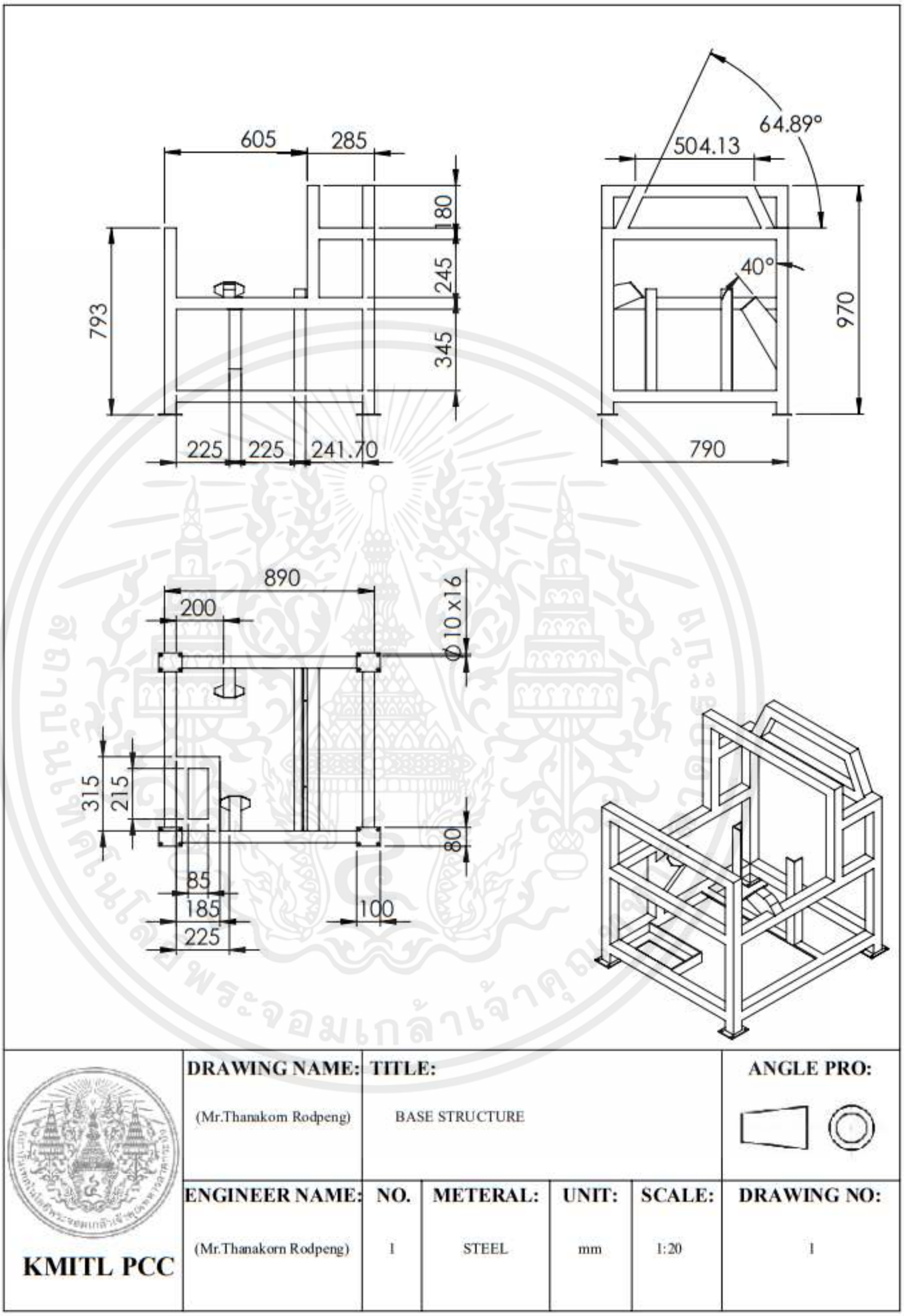
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

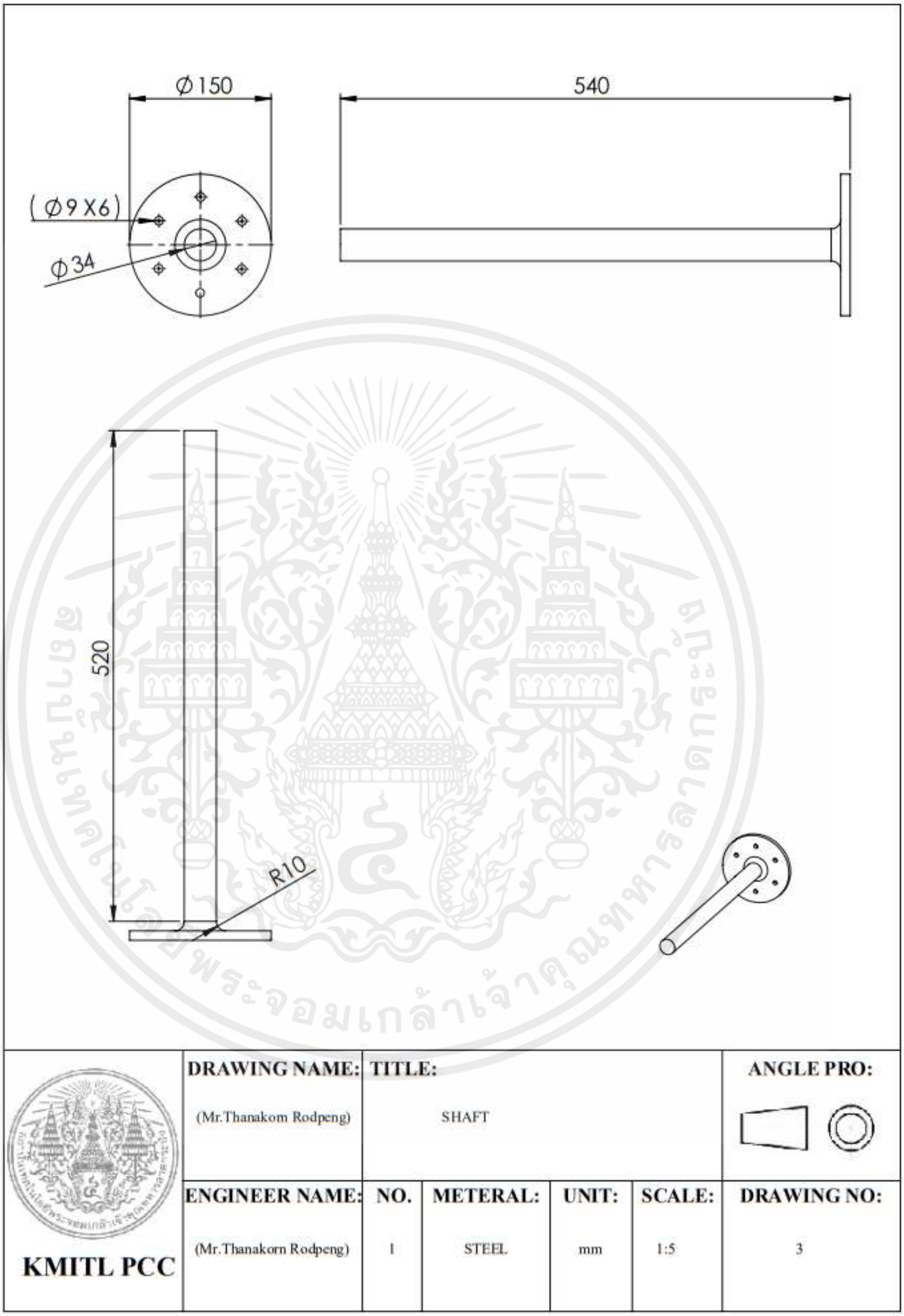
แบบชิ้นส่วนสร้างชุดทดลองหากำลังของใบพัดสำหรับเรือแอร์โบ๊ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



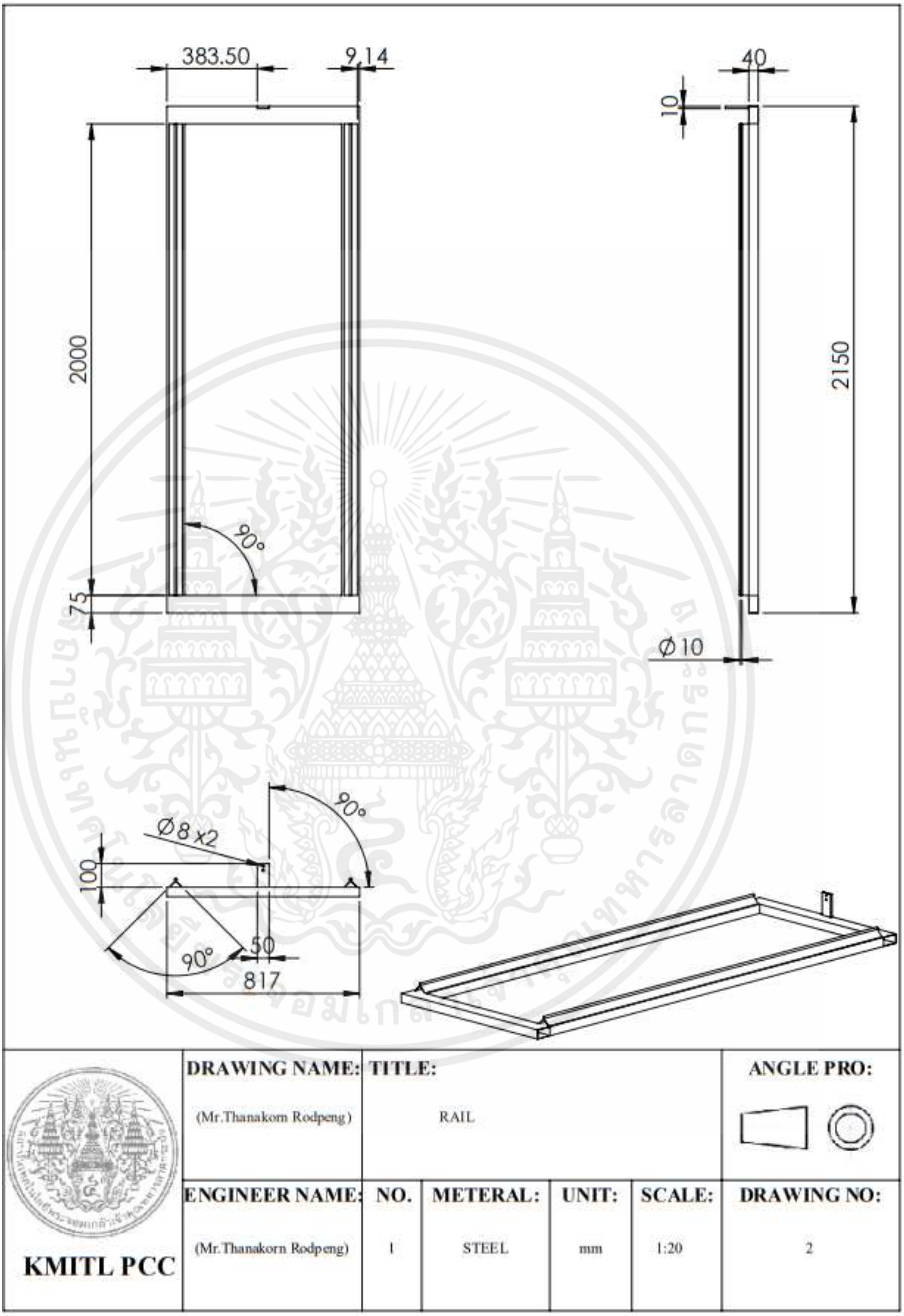
รูปที่ ก.1 โครงสร้างฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 เพลาของใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 รางวิ่งสำหรับชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองการหาแรงขับของใบพัดที่มุมองศาที่ 0 5 10 15 20 ในแต่ละอัตราทด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ตารางผลการทดลองการหาแรงขับของใบพัดที่มุมองศาที่ 0 5 10 15 20 ที่อัตราทด 1 ต่อ 1

ความเร็วรอบ (RPM)	มุมที่ 0 องศา (N)	มุมที่ 5 องศา (N)	มุมที่ 10 องศา (N)	มุมที่ 15 องศา (N)	มุมที่ 20 องศา (N)
900	60	72	125	78	109
1000	76	84	152	84	127
1100	89	89	153	107	139
1200	102	114	168	125	145
1300	123	138	181	135	155
1400	141	176	195	152	160
1500	161	179	197	187	178
1600	168	189	241	235	203
1700	184	244	291	293	241
1800	220	266	329	308	276
1900	280	296	371	376	321
2000	300	350	411	401	346
2100	335	386	445	426	377
2200	374	426	477	448	431
2300	392	437	518	464	436
2400	431	447	542	500	470
2500	465	463	572	522	475
2600	498	500	583	530	492
2700	528	542	607	544	516
2800	556	576	614	586	538
2900	563	591	635	589	571
3000	581	619	641	620	598

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ตารางผลการทดลองการหาแรงขับของใบพัดที่มุมองศาที่ 0 5 10 15 20 ที่อัตราทด 2 ต่อ 1

ความเร็วรอบ (RPM)	มุมที่ 0 องศา (N)	มุมที่ 5 องศา (N)	มุมที่ 10 องศา (N)	มุมที่ 15 องศา (N)	มุมที่ 20 องศา (N)
900	3	13	18	17	22
1000	3	19	32	19	29
1100	4	28	39	26	34
1200	4	46	47	38	43
1300	14	58	59	46	57
1400	23	67	68	57	72
1500	33	68	85	65	86
1600	49	72	99	71	98
1700	53	77	114	76	112
1800	67	78	126	85	127
1900	78	81	142	99	134
2000	85	87	150	111	139
2100	94	96	156	119	140
2200	95	103	163	133	142
2300	101	113	169	141	143
2400	109	120	174	144	148
2500	111	133	177	147	154
2600	123	142	179	155	161
2700	136	151	183	164	166
2800	146	159	184	172	168
2900	149	164	186	176	172
3000	160	168	187	182	179

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ตารางเปรียบเทียบระหว่างอัตราทด 1 : 1 กับ 2 : 1 ที่มุมองศาของใบพัด 10 องศา

ความเร็วรอบ (RPM)	อัตราทด 1:1 (N)	อัตราทด 2:1 (N)
900	125	18
1000	152	32
1100	153	39
1200	167	47
1300	181	59
1400	194	68
1500	197	85
1600	241	99
1700	291	114
1800	329	126
1900	371	142
2000	411	150
2100	445	156
2200	477	163
2300	518	169
2400	542	174
2500	572	177
2600	583	179
2700	607	183
2800	614	184
2900	634	186
3000	641	187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายเฉลิมศักย์ ด้วงเอียด

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2541

ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง

ที่อยู่ 48 ถนนเทศบาล 2 ตำบนนาโยงเหนือ
อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง 92170

E-mail Chalermsak385@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนสภาราชินี 2 จ.ตรัง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- 2561 เข้าร่วมอบรมโครงการ EV camp ที่จัดขึ้นโดย สวทช.
- Formula student
- 2560 เข้าร่วมโครงการปลูกป่าชายเลน ของเครือโภคภัณฑ์
- 2564 เข้าร่วมอบรมโครงการยานยนต์ไฟฟ้าของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยา-เขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายธนกร รอดเพ็ง
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2541
ภูมิลำเนา	จังหวัดตรัง
ที่อยู่	152/1 หมู่ 4 ตำบลนาท่ามใต้ อำเภอเมือง จังหวัดตรัง 92190
E-mail	Tanakorn2978@gmail.com

ประวัติการศึกษา
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนสภาราชินี 2 จ.ตรัง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม
- Formula student
- 2560 เข้าร่วมโครงการปลูกป่าชายเลน ของเครือโภคภัณฑ์
- 2564 เข้าร่วมอบรมโครงการยานยนต์ไฟฟ้าของสถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยา-เขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายวทัญญู แก้วกลาง
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2542
ภูมิลำเนา	จังหวัดตรัง
ที่อยู่	20/2 หมู่ 5 ตำบลนาโต๊ะหมิง อำเภอเมือง จังหวัดตรัง 92000
E-mail	60512092@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนสภาราชินี 2 จ.ตรัง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- 2561 เข้าร่วมอบรมโครงการ EV camp ที่จัดขึ้นโดย สวทช.
- Formula student
- 2560 เข้าร่วมโครงการปลูกป่าชายเลน ของเครือโภคภัณฑ์
- 2564 เข้าร่วมอบรมโครงการยานยนต์ไฟฟ้าของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยา-เขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้