



ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กังหันลมขนาดเล็กแบบพกพาได้

The feasibility study of a portable mini wind turbine

นาย สะห้านภ ขวัญแก้ว

นาย ธเนศ ปวนคำมา

นาย พงศกร อนุนิวัฒน์

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่รับ..... 19 ก.ค. 2554

เลขทะเบียน..... 15547921

เลขเรียกหนังสือ..... 46.

มหาวิทยาลัยนเรศวร ๕4๑๑/ 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ	ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กังหันลมขนาดเล็กแบบพกพาได้		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายสะท้อนภพ ขวัญแก้ว	รหัสบัณฑิต	50381505
	นายชเนศ ปวนคำมา	รหัสบัณฑิต	50382205
	นายพงศกร อนุวัฒน์	รหัสบัณฑิต	50382441
ที่ปรึกษาโครงการ	ดร. ศลิษา วีรพันธุ์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	วิศวกรรมศาสตร์		
ปีการศึกษา	2553		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ดร. ศลิษา วีรพันธุ์)

.....รองอธิการบดี
(รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ
(ดร.ภาณุ พุททวงศ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	: ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กังหันลมขนาดเล็กแบบพกพาได้		
ผู้ดำเนินโครงการ	: นายสะท้อนภพ ขวัญแก้ว	รหัสนิติศ	50381505
	: นายชเนศ ป่วนคำมา	รหัสนิติศ	50382205
	: นายพงศกร อนุนิวัฒน์	รหัสนิติศ	50382441
ที่ปรึกษาโครงการ	: คร. ศลิษา วีรพันธุ์		
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	: วิศวกรรมศาสตร์		
ปีการศึกษา	: 2553		

บทคัดย่อภาษาไทย

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือ ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กังหันขนาดเล็กพกพาได้ โดยการพิจารณาผลกระทบของการลดขนาดและการลดน้ำหนักของกังหันลม ที่มีต่อประสิทธิภาพของกังหันลมและประสิทธิภาพเชิงกล ในช่วงความเร็วลมประมาณ 2.5 – 3.5 เมตรต่อวินาที โดยการทดสอบจากใบกังหันลม 3 แบบคือ กังหันลมต้นแบบทำจากท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว กังหันลมทำจากท่อ PVC จากการลดขนาดจากกังหันลมต้นแบบในอัตราส่วน 2:1 และกังหันลมลดน้ำหนักจากการหล่อเรซินเสริมใยแก้ว

การเปลี่ยนวัสดุจาก PVC เป็นวัสดุผสมเรซินเสริมใยแก้ว โดยใช้เรซิน 75 เปอร์เซ็นต์และใยแก้ว 25 เปอร์เซ็นต์ส่งผลทำให้น้ำหนักกังหันลมลดลง 68 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับใบกังหันลมที่ทำจากท่อ PVC จากการลดขนาดในอัตราส่วน 2:1 ซึ่งในการทดสอบจะวัดแรงบิด ความเร็วรอบและความเร็วลมด้านหน้ากังหันลมที่ระยะ 20 เซนติเมตรและด้านหลังกังหันลมที่ระยะ 5 เซนติเมตรเพื่อนำไปใช้คำนวณหาประสิทธิภาพเชิงกลและประสิทธิภาพของกังหันลม

ผลการทดสอบเมื่อลดขนาดกังหันลมในอัตราส่วน 2:1 ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงกลเมื่อเปรียบเทียบกับกังหันลมต้นแบบทำจากท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ลดลงจาก 39.50 เปอร์เซ็นต์เป็น 10.85 เปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพของกังหันลมเพิ่มขึ้นจาก 13.27 เปอร์เซ็นต์เป็น 27.39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการลดน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกังหันลมที่ได้จากการลดขนาด กับกังหันลมจากการหล่อเรซินเสริมใยแก้วพบว่าประสิทธิภาพเชิงกลเพิ่มขึ้นจาก 10.85 เปอร์เซ็นต์เป็น 18.77 เปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพของกังหันลมเพิ่มขึ้นจาก 27.39 เปอร์เซ็นต์เป็น 33.33 เปอร์เซ็นต์

Project title : The feasibility of a portable mini wind turbine

Name : Mr.Satanpop Khwankaew Code 50381505
 : Mr.Taned Puankhumma Code 50382205
 : Mr.Pongsgon Auniwat Code 50382441

Project advisor : Dr.Salisa Veerapun

Major : Mechanical Engineering

Department : Mechanical Engineering

Academic year : 2010

Abstract

The purpose of the project is the feasibility study of portable mini wind turbine, by consider the effect of the reducing size and weight the wind turbine. At the effect continue the mechanical efficiency and wind turbines efficiency, at speed interval 2.5-3.5 m/s. By test in 3 model are (1) PVC size 6 inch (2) PVC by the reducing in ratio of 2:1 (3) Resin with fiber glass.

Using resin with fiber glass which compose of resin 75% and fiber glass 25%, instead of PVC reduced the weight of wind turbine 68% ,that we test from torque speed velocity frontal of wind turbine at 20 cm.And velocity backside of wind turbine at 5 cm. and bring these value to calculate percent of mechanical efficiency and wind turbines efficiency.

Result of research is the mechanical efficiency of wind turbine decreased 39.50% to 10.85 % and the wind turbines efficiency increased 13.27% to 27.39 %,when we reduce the size of wind turbine. The comparison between the mechanical efficiency increased 10.85 % to 18.77% and wind turbines efficiency increased 27.39 % to 33.33%,when we reduce the weight of the both wind turbine.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ดร. ศลิษา วีรพันธุ์ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางและช่วยแก้ปัญหาต่างๆอันเป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ศิริกาญจน์ ชันสัมฤทธิ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการทำโครงการนี้และขอขอบพระคุณคณะกรรมการผู้คุมสอบทุกท่าน ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงและแก้ไข โครงการงานนี้

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ส่งเสริมและสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนและงานวิจัย ตลอดจนการให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

ขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือและให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงาน ตลอดจนกำลังใจ กำลังใจ และคำแนะนำที่ดีในการทำโครงการนี้

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนโครงการและมอบเงินเพื่อใช้ในการทำโครงการนี้

คณะผู้ดำเนินโครงการ

นายสะท้อนภพ ขวัญแก้ว

นายชเนศ ปวนคำมา

นายพงศกร อนุนิวัฒน์

มีนาคม 2554

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
Abstract.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญรูป.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการ.....	1
1.3 ขอบข่ายของ โครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
1.5 สถานที่ปฏิบัติงาน.....	2
1.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการ.....	2
1.7 งบประมาณที่ใช้.....	2
1.8 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 พลังงานลม.....	4

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 การใช้พลังงานลมในประเทศไทย.....	5
2.3 ชนิดของกังหันลม.....	6
2.4 ประสิทธิภาพของกังหันลม.....	10
บทที่ 3 การพัฒนากังหันลมขนาดเล็ก.....	14
3.1 กังหันลมจากท่อ PVC.....	14
3.2 การลดขนาด	16
3.3 การลดน้ำหนัก.....	17
3.4 การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ PVC และวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว.....	20
3.5 ลักษณะทางกายภาพของกังหันลม.....	24
บทที่ 4 การทดสอบหาประสิทธิภาพกังหันลม.....	25
4.1 การทดลองเพื่อหาระยะความเร็วลมเฉลี่ย 2.5 – 3.5 m/s.....	25
4.2 ผลการทดสอบเพื่อหาระยะห่างระหว่างกังหันลมกับพัดลมในช่วงความเร็วลมเฉลี่ย 2.5 -3.5 m/s.....	29
4.3 การทดสอบกังหันลมที่ระยะ 1.5 m พัดลมเบอร์ 2.....	31
4.4 ผลการทดสอบกังหันลมที่ระยะ 1.5 m พัดลมเบอร์ 2.....	35
4.5 การคำนวณประสิทธิภาพกังหันลม.....	37
4.6 วิเคราะห์ผลการทดสอบกังหันลม.....	39
4.7 สรุปผลการทดสอบ.....	40
บทที่ 5 สรุปผลการลดขนาดและลดน้ำหนักของกังหันลม	41
บรรณานุกรม	42
ภาคผนวก ก การทดสอบแรงดึงวัสดุ PVC และวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว.....	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข การทดลองเพื่อหาความเร็วลมเฉลี่ยที่ 2.5 – 3.5 m/s.....	58
ภาคผนวก ค การคำนวณ	68
ภาคผนวก ง แบบร่างกังหันลม.....	76



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของความเร็วมวลภายใต้ชั้นบรรยากาศ (atmosphere boundary layer)	5
รูปที่ 2.2 กังหันลมความเร็วต่ำของบริษัท พระพายุ เทคโนโลยี	5
รูปที่ 2.3 กระบวนการทำงานของกังหันลม	10
รูปที่ 2.4 Control Volume กังหันลม	11
รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนรูปพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า	12
รูปที่ 3.1 กังหันลมท่อ PVC แบบตรง	14
รูปที่ 3.2 แบบกังหันลมท่อ PVC แบบตรงขนาด 4 นิ้ว ยาว 50 cm	15
รูปที่ 3.3 กังหันลมท่อ PVC แบบโค้ง	15
รูปที่ 3.4 แบบกังหันลมท่อ PVC ขนาด 6" ยาว 24"	15
รูปที่ 3.5 แสดงรูปแบบที่จะตัด	16
รูปที่ 3.6 แสดงการตัดท่อพีวีซีตามแบบ	17
รูปที่ 3.7 แสดงแบบกังหันจากท่อพีวีซี	17
รูปที่ 3.8 แม่แบบหล่อท่อพีวีซี (PVC)	18
รูปที่ 3.9 แสดงน้ำยาโคบอลต์	18
รูปที่ 3.10 แสดงเส้นใยแก้วเบอร์ 600	19
รูปที่ 3.11 แสดงการหล่อชิ้นงานด้วยเรซินเสริมใยแก้ว	19
รูปที่ 3.12 แสดงแบบกังหันจากเรซินเสริมใยแก้ว	20
รูปที่ 3.13 ชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM D638 TYPE I	20
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างชิ้นที่ตัดตามมาตรฐาน ASTM D638 TYPE I	21
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงค่า Modulus of elasticity (E) ของพีวีซี	22

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.16 กราฟแสดงค่า Modulus of elasticity (E) ของเรซินเสริมใยแก้ว	22
รูปที่ 3.17 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ Modulus of elasticity (E) ของพีวีซีกับเรซินเสริมใยแก้ว.....	23
รูปที่ 4.1 พัดลมอุตสาหกรรม.....	26
รูปที่ 4.2 เครื่องวัดความเร็วลม.....	26
รูปที่ 4.3 แสดงชุดติดตั้งกังหันลมแต่ละแบบ.....	27
รูปที่ 4.4 การตั้งระยะการทดลองหาความเร็วลม.....	27
รูปที่ 4.5 การตั้งกังหันลมและพัดลม.....	28
รูปที่ 4.6 แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการวัด.....	28
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและระยะห่างระหว่างพัดลมกับกังหันลม.....	30
รูปที่ 4.8 พัดลมอุตสาหกรรม.....	31
รูปที่ 4.9 เครื่องวัดความเร็วลม.....	31
รูปที่ 4.10 เครื่องวัดความเร็วรอบ.....	32
รูปที่ 4.11 คาชังสปริง.....	32
รูปที่ 4.12 แสดงชุดติดตั้งกังหันลมแต่ละแบบ.....	32
รูปที่ 4.13 ตั้งพัดลมห่างจากกังหันลมที่ระยะ 1.5 m.....	33
รูปที่ 4.14 การวัดความเร็วลมหน้าพัดลม.....	33
รูปที่ 4.15 การวัดความเร็วลมหน้ากังหันลม.....	34
รูปที่ 4.16 การวัดความเร็วรอบ.....	34
รูปที่ 4.17 การวัดแรงที่กังหันผลิตได้.....	34
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงสัมประสิทธิ์การใช้งานของกังหันลมแต่ละแบบ.....	37
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงประสิทธิภาพกังหันลมแต่ละแบบ.....	38
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงกำลังกับพารามิเตอร์ต่างๆ.....	38

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตาราง 1.1 งบประมาณที่ใช้.....	2
ตาราง 2.1 ศักยภาพพลังงานลมตามยอดเขาและชายฝั่งทะเลของประเทศไทย.....	6
ตาราง 2.2 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine).....	7
ตาราง 2.3 กังหันลมแบบแกนนอน (Horizontal Axis wind Turbine).....	8
ตาราง 3.1 แสดงน้ำหนักส่วนผสมการหล่อเรซินเสริมใยแก้ว	20
ตาราง 3.2 ค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณ	21
ตาราง 3.3 ลักษณะทางกายภาพของกังหันลม.....	24
ตาราง 4.1 สรุปผลความเร็วลมที่ได้จากการทดสอบของกังหันลม	29
ตาราง 4.2 ผลการทดสอบกังหันลมที่ระยะ 1.5 m พัดลมเบอร์ 2	37
ตาราง 4.3 ผลการคำนวณสัมประสิทธิ์การใช้งานของกังหันลม	37
ตาราง 4.4 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของกังหันลมจากกำลังที่ได้จากกังหันลม.....	38

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
η	ประสิทธิภาพ
P_a	กำลังลม
m°	มวลอากาศ
ρ	ความหนาแน่น
A	พื้นที่รับลม
V	ความเร็วลม
D	เส้นผ่านศูนย์กลาง
P_w	กำลังลมที่กังหันลมดึงออกมาได้
C_p	สัมประสิทธิ์การใช้งาน
ω	ความเร็วเชิงมุม
T	แรงบิด
N	ความเร็วรอบ
V	ความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้า
I	กระแสไฟฟ้าที่วัดได้
P	กำลังไฟฟ้า
E	Modulus of elasticity
ϵ	ความเครียด

สัญลักษณ์

ความหมาย

σ

ความเค้น

A_0

พื้นที่หน้าตัดที่รับแรง

l_0

ความยาวเริ่มต้น

Δl

ความยาวที่ยืดออก



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญของโครงการ

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันมนุษย์มีการใช้พลังงานในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการ และเพื่อใช้ในการดำรงชีพ เนื่องจากปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรทำให้พลังงานหลักที่มีอยู่ค่อนข้างน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดหาแหล่งพลังงานขึ้นมาทดแทนแหล่งพลังงานหลักที่กำลังจะหมดไปในอนาคตซึ่งพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานคลื่น และความร้อนจากใต้ผิวโลกมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติและสามารถมีทดแทนได้อย่างไม่จำกัด เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานหลักในปัจจุบัน เช่น น้ำมันหรือถ่านหินที่มีอยู่อย่างจำกัด พลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งของพลังงานที่ใช้แล้วไม่หมดไป สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพียงเล็กน้อย

พลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ คือ พลังงานลม มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานลมได้ในหลายด้าน เช่น ใช้ในการผลิตพลังงานกลและพลังงานไฟฟ้า โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า “กังหันลม” กังหันลมเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานจลน์จากกระแสลมมาเป็นพลังงานกลเพื่อนำพลังงานที่ได้มาใช้ประโยชน์ จะเห็นได้ว่ากังหันลมมีความสำคัญมากในการเปลี่ยนพลังงาน

จากความสำคัญของกังหันลม ผู้วิจัยจึงคิดพัฒนากังหันลมให้มีขนาดเล็กลง น้ำหนักเบาเพื่อให้ง่ายต่อการพกพาได้สะดวกและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ใช้เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานจลน์จากกระแสลมซึ่งเป็นพลังงานสะอาดมาเป็นพลังงานกล โดยปริมาณกระแสลมที่กังหันเริ่มทำงานจะอยู่ในช่วงความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 2.5-3.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งปริมาณลมดังกล่าวมีอยู่ทุกพื้นที่ของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ศึกษารูปแบบของกังหันลมแกนนอน

1.2.2 ออกแบบและปรับแต่งกังหันลมให้มีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา

1.2.3 ทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกังหันลมเมื่อมีการปรับแต่งแล้ว

1.3 ขอบข่ายของโครงการ

ทดสอบประสิทธิภาพของกัณฑ์ลมนแบบแกนนอน โดยปรับขนาดและเปลี่ยนวัสดุในการทำกัณฑ์ลมนจากท่อพีวีซีเป็นการหล่อจากเรซิน จากเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดขนาด 1.22 เมตรเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดขนาด 0.61 เมตร ซึ่งใบพัดมีจำนวน 3 ใบสามารถถอดประกอบและพกพาได้โดยสามารถเริ่มทำงานได้ที่ความเร็วลมเฉลี่ยในช่วง 2.5- 3.5 เมตร/วินาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้กัณฑ์ลมนขนาดเล็กที่มีน้ำหนักเบาและถอดประกอบได้

1.4.2 ศึกษากระบวนการวนการคิดการวางแผนและการทำงานร่วมกันเป็นทีม

1.5 สถานที่ปฏิบัติงาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

1.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการ

1.6.1 พัดลม

1.6.2 ใบพัดกัณฑ์ลมน

1.6.3 เครื่องวัดความเร็ว

1.6.4 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ

1.6.5 คาชิ่งสปริงขนาด 10 kg

1.7 งบประมาณที่ใช้

ตาราง 1.1 งบประมาณที่ใช้

ลำดับ	รายการ	ราคา	หน่วย
1.	ค่าอุปกรณ์ทำกัณฑ์ลมน	1,500	บาท
2.	ค่าอุปกรณ์ทำฐานและตัวยึดกัณฑ์ลมน	800	บาท
3.	ค่าใช้จ่ายในการทำรูปเล่มรายงาน	500	บาท
4.	ค่าเครื่องชั่งสปริง	400	บาท

1.8 ระยะเวลาและแผนงานการปฏิบัติงาน

กิจกรรม	2553		2554	
	Pre-Project	Project	Pre-Project	Project
1.หาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกังหันลม				
2.เลือกแบบของกันหันลม				
3.เขียนแบบเสนอโครงการ				
4.ทำการออกแบบกังหันลมและเขียนแบบ (Drawing)				
5.สร้างกังหันลม 3 แบบ				
6.ออกแบบการทดสอบและสร้างอุปกรณ์การทดสอบ				
7.ทำการทดสอบกังหันลม 3 แบบ				
7.1 ทดสอบแรงดึงของวัสดุที่ใช้ทำกังหันลม				
7.2 ทดสอบหาระยะของพัฒนาต่อกับกังหันลม				
7.3 ทดสอบหาประสิทธิภาพของกังหันลม (T,N)				
8.สรุปผลการทดสอบ				
9.เขียนเล่มรายงานและสอบโครงการงาน				

บทที่ 2

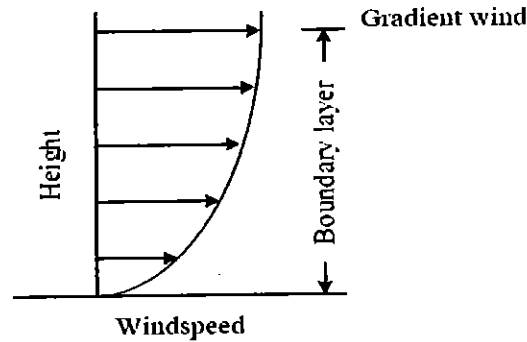
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานลม

ลมเป็นพลังงานที่เกิดมาจากการเปลี่ยนรูปมาจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์การเคลื่อนที่ของลมเกิดจากการที่มีอุณหภูมิในแต่ละสถานที่ต่างๆ แตกต่างกัน โดยอากาศร้อนจะวิ่งเข้ามาแทนที่อากาศเย็นรวมทั้งการหมุนของโลกเราเองจึงทำให้มีการหมุนเวียนของลมเกิดขึ้นตลอดเวลา ลมเป็นพลังงานทดแทน ที่ไม่มีวันหมดไปจากโลกใบนี้ ถ้าโลกยังคงหมุนอยู่และยังคงมีแสงอาทิตย์ พลังงานลมเป็นพลังงานที่มีความสำคัญมากในปัจจุบันเพราะเป็นพลังงานที่สะอาด

ดังนั้นเราจึงต้องทำการแปลงรูปพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศ หรือที่เราเรียกว่าพลังงานจลน์ ของลมเปลี่ยนมาเป็นพลังงานกล ในการเปลี่ยนรูปของพลังงานจลน์จากลมมาเป็นกำลังงานทางกลนั้น จะต้องมีอุปกรณ์ทางกล หรือกลไกที่จะต้องสร้างขึ้นมาเพื่อเปลี่ยนรูปของพลังงาน โดยแบ่งออกเป็น ได้หลายชนิดและหลายวิธี แต่ที่ได้รับความนิยม และถือว่าเป็นเครื่องกลไกที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นที่ยอมรับ โดยทั่วไปในขณะนี้ มีชื่อเรียกว่า กังหันลม

กังหันลมจะใช้ประโยชน์จากลมที่อยู่ใกล้ผิวโลกหรือที่เรียกว่าลมพื้นผิว หมายถึงลมที่พัดในบริเวณพื้นผิวโลกภายใต้ความสูงประมาณ 1 กิโลเมตรเหนือพื้นดิน เป็นบริเวณที่มีการดูดกลืนของอากาศและมีแรงเสียดทานเกิดจากการปะทะกับสิ่งกีดขวางร่วมกระทำด้วยในระดับต่ำ แต่ที่ระดับความสูงมากกว่า 10 เมตรขึ้นไปแรงต้านจะลดลง และความเร็วลมจะเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูป 2.1 ส่วนที่ระดับความสูงใกล้ 1 กิโลเมตรเกือบไม่มีแรงเสียดทานความเร็วลมเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับระดับความสูงและสภาพภูมิประเทศ เช่นเดียวกันกับทิศทางของลม จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากังหันลมจะทำงานได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรทั้งสองนี้ คือระดับความสูงและสภาพภูมิประเทศที่ความเร็วลมเท่าๆ กันแต่มีทิศทางลมที่แตกต่างกัน เมื่อลมพุ่งเข้าหาแกนหมุนของกังหันลมแล้วจะส่งผลต่อแรงบิดของกังหันลมเป็นอย่างมาก ผลคือแรงลัพธ์ที่ได้ออกมาจากกังหันลมจะแตกต่างกัน (นิพนธ์ เกตุจ้อย และอชิตพล ศศิธานุวัฒน์, 2546: 65-66)



รูปที่ 2.1 ลักษณะของความเร็วลมภายใต้ชั้นบรรยากาศ (atmosphere boundary layer) [6]

2.2 การใช้พลังงานลมในประเทศไทย

จากการศึกษาแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย[1] โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานพบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยของประเทศไทยอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 4 เมตร/วินาที โดยแหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีที่สุดของประเทศไทยมีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 6.4 เมตร/วินาทีขึ้นไป ที่ความสูง 50 เมตร โดยจะอยู่ในแถบเทือกเขาและบริเวณชายทะเล ซึ่งศักยภาพพลังงานลมตามยอดเขาและชายทะเลได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานลมที่ต่ำการติดตั้งกังหันลมขนาดใหญ่จึงมักเกิดปัญหาเพราะว่ากำลังลมไม่เพียงพอต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลมขนาดใหญ่ซึ่งต้องการอยู่ประมาณ 12-15 เมตร/วินาที ทางเลือกที่เหมาะสมในการติดตั้งกังหันลมของประเทศไทยจึงควรเป็นกังหันแบบขนาดเล็กในช่วงกำลังลมที่เหมาะสม โดยในส่วนของกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าความเร็วต่ำได้มีการออกแบบให้สามารถทำงานได้ที่ความเร็วลมต่ำดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กังหันลมความเร็วต่ำของบริษัท พระพวย เทคโนโลยี[3]

ตาราง 2.1 ศักยภาพพลังงานลมตามยอดเขาและชายฝั่งทะเลของประเทศไทยที่ระดับความสูง 50 เมตรจากพื้น [1]

พื้นที่	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	Power Class
พื้นที่บริเวณชายฝั่งภาคใต้ด้านอ่าวไทยตั้งแต่ จ.สงขลา นครศรีธรรมราช ปัตตานี	6.4	3
เทือกเขาในจังหวัดเพชรบุรี กาญจนบุรีและตาก ที่เป็นรอยต่อประเทศพม่า	5.6	2
บริเวณที่เป็นที่สูงที่เป็นเทือกเขาในภาคใต้	5.6	2
พื้นที่สูงในเขตอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จ.เชียงใหม่	5.1	2
พื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย จังหวัดชลบุรี ระยอง เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช	4.4	1
พื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามัน จ.สตูล ตรัง กระบี่ ภูเก็ต พังงา	4.4	1
เทือกเขาและภูเขา ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่	4.4	1
เทือกเขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จ.เพชรบูรณ์ และ เลย	4.4	1

2.3 ชนิดของกังหันลม


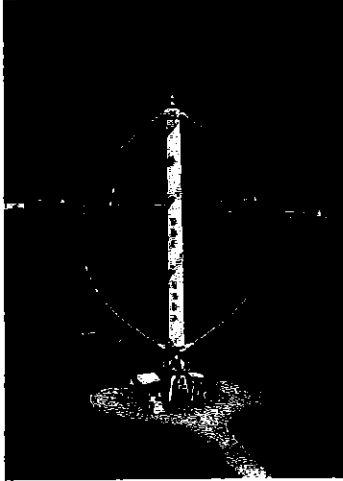
ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมเพื่อใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หลายประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจโดยเฉพาะในทวีปยุโรป เช่น ประเทศเดนมาร์ก กังหันลมที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมานั้นจะมีลักษณะและรูปร่างแตกต่างกันออกไป แต่ถ้าจำแนกตามลักษณะแนวแกนหมุนของกังหันจะได้ 2 แบบ คือ

2.3.1 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง กังหันลมแบบแนวแกนตั้งได้รับการพัฒนาทั้งนี้เนื่องจากมีข้อดีกว่าแบบแนวแกนนอนคือ แบบแนวแกนตั้งนั้นไม่ว่าลมจะเข้ามาทิศไหนก็ยังหมุนได้โดยไม่

ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมให้กังหันหันหน้าเข้าหาลม นอกจากนี้แล้วแบบแนวแกนตั้งนั้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบการส่งกำลังวางไว้ใกล้พื้นดินมากกว่าแบบแกนนอนเวลาเกิดปัญหาแก้ไขง่ายกว่าแบบแกนนอนที่ติดตั้งบนหอคอกสูงซึ่งกังหันแบบแกนตั้งมีอยู่ด้วยกันหลายแบบแต่ที่นิยมใช้กันทั่วไปจะมี 2 แบบคือ 1. กังหันลมซาโวเนียส (Savonius) 2. กังหันลมแดร์เรียม (Darrieus) โดยได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2.2

ตาราง 2.2 กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine)

ชื่อกังหัน	ลักษณะของกังหัน
<p data-bbox="470 817 726 862">ซาโวเนียส (Savonius)</p> 	<p data-bbox="885 795 1396 1176">เป็นกังหันแบบใช้แรงดูดออกแบบโดยการหันหน้าใบพัดเข้าสู่กระแสของของไหล แบบของใบพัดเป็นแบบครึ่งวงกลม ทำให้เกิดแรงตามแนวการไหล กังหันลมประเภทนี้มีแรงบิดสูงแต่ความเร็วรอบต่ำ เริ่มต้นหมุนที่ลมขนาด 1.5 เมตร/วินาที</p>
<p data-bbox="478 1444 718 1489">แดร์เรียม (Darrieus)</p> 	<p data-bbox="885 1444 1396 1758">เป็นกังหันแบบใช้แรงยก ได้มีการออกแบบใบกังหันเป็นแบบหยดน้ำ โดยหันข้างเข้าหากระแสการไหลทำให้เกิดแรงในแนวตั้งฉาก ซึ่งกังหันลมแบบนี้จะให้ความเร็วรอบสูง เหมาะแก่การผลิตกระแสไฟฟ้า</p>

2.3.2 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine)

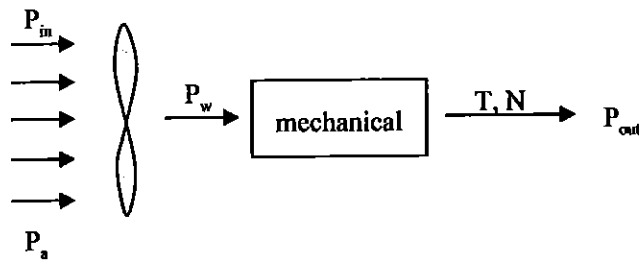
เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลม โดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม มีอุปกรณ์ควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลม เรียกว่า หางเสือ และมีอุปกรณ์ป้องกันกังหันชำรุดเสียหายขณะเกิดลมพัดแรง เช่น ลมพายุและตั้งอยู่บนเสาที่แข็งแรง กังหันลมแบบแกนนอน ได้แก่ กังหันลมวินด์มิลล์ (Windmills) กังหันลมใบเสื่อลำแพน นิยมใช้กับเครื่องสูบน้ำ กังหันลมแบบหลายใบ (Multi blade) กังหันลมสำหรับผลิตไฟฟ้าแบบพรอปเพลเตอร์ (Propeller) ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2.3

ตาราง 2.3 กังหันลมแบบแกนนอน (Horizontal Axis wind Turbine)

ชื่อกังหันลม	ลักษณะของกังหัน
กังหันลมวินด์มิลล์ (Wind mills) 	เป็นกังหันลมประเภทหนึ่ง que เปลี่ยนพลังงานลม ไปหมุนเพื่อใช้ในการทำงานอื่นๆ นิยมใช้สำหรับโรงโม่ โดยใช้พลังงานลมในการบดธัญพืชหรือเมล็ดพืช และใช้ในระบบวิดน้ำหรือสูบน้ำ ใบของกังหันมีจำนวน 4 ถึง 6 ใบ
กังหันลมใบเสื่อลำแพนหรือแบบระหัดสูบน้ำ 	กังหันลมแบบระหัดสูบน้ำเป็นการประดิษฐ์คิดค้นขึ้นด้วยภูมิปัญญาชาวบ้านในสมัยโบราณของไทย เพื่อใช้ในการนาข้าว นาเกลือและนาทุ่ง ซึ่งจะคล้ายๆกับกังหันลมวินด์มิลล์ วัสดุที่ใช้ประดิษฐ์กังหันลมแบบระหัดสูบน้ำเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นราคาถูก วัสดุที่ใช้ทำใบกังหันทำมาจากเสื่อลำแพนหรือผ้าใบซึ่งใบของกังหันมีจำนวน 6 ใบ ตัวโครงสร้าง รางน้ำ และใบระหัดทำมาจากไม้เนื้อแข็งซึ่งทนต่อการกัดกร่อนของน้ำเค็ม สามารถใช้งานได้ยาวนาน กังหันลมแบบระหัดสูบน้ำใช้ความเร็วลมตั้งแต่ 2.5 เมตร/วินาที ขึ้นไปในการหมุนใบพัดกังหันลม หากมีลมแรงมากไปก็สามารถปรับม้วนใบเก็บให้เหลือสำหรับรับแรงลมเพียง 3 ใบ เพื่อให้มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน เมื่อไม่ต้องการใช้งานก็ม้วนใบเก็บทั้ง 6 ใบ

ชื่อกังหันลม	ลักษณะของกังหัน
<p data-bbox="400 353 603 461">กังหันลมหลายใบ (Multi blade)</p> 	<p data-bbox="691 275 1401 1182">เป็นกังหันลมแบบสูบชัก ส่วนใหญ่ใช้ในการสูบน้ำจาก บ่อ น้ำ สระน้ำ ที่มีความลึกไม่มากนัก เพื่อใช้ในการเกษตรและใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ มีความสามารถในการยกหรือดูดน้ำได้สูงกว่าแบบระหัดวิดน้ำ วัสดุที่ใช้ทำใบและโครงเสาทำมาจาก โลหะเหล็กเพื่อความมั่นคงแข็งแรง เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด ประมาณ 4 ถึง 6 เมตรจำนวนใบมีตั้งแต่ 18,24,30,45ใบ การ ติดตั้งใบสูงกว่าพื้นดินประมาณ 12 ถึง15 เมตร ส่วนตัวห้อง เครื่องถ่ายแรงจะเป็นแบบข้อเหวี่ยงหรือเฟืองขับกระบอกสูบน้ำ มีขนาดตั้งแต่ 3 ถึง 5 นิ้ว ปริมาณน้ำที่สูบได้ขึ้นอยู่กับความเร็ว ลมและกระบอกสูบ โดยกังหันจะเริ่มหมุนที่ความเร็วลม 3.0 เมตร/วินาทีขึ้นไป และสามารถทำงานต่อเนื่องได้ด้วยความเร็วลม ที่ความเร็วลม 2 เมตร/วินาที แกนใบพัดสามารถหมุนได้หมุน เพื่อรับแรงลม ได้รอบตัว โดยมีใบแพนหางเสือเป็นตัว กำหนดการหมุนของกังหัน</p>
<p data-bbox="363 1211 639 1384">กังหันลมแบบพรอมเพลเลอร์ (Propeller)</p> 	<p data-bbox="691 1211 1401 1977">เป็นกังหันลมสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนใหญ่มีขนาด ใบตั้งแต่ 1,2,3ใบไปจนถึงหลายใบ แต่ใบพัดแบบ 3 ใบจะ ได้ ความนิยมมากกว่าเพราะรูปร่างสวยงามและการหมุนก็เกิด ความสมดุล โดยกังหันผลิตกระแสไฟฟ้าส่วนมากจะถูก ออกแบบให้มีแรงขับแบบแรงยก เพื่อให้ใบพัดหมุนได้เร็วซึ่งจะ ได้ความเร็วรอบสูงและแรงบิดต่ำ ซึ่งเหมาะแก่การผลิต กระแสไฟฟ้า คือเมื่อลมมากระทบใบพัดใบพัดก็จะหมุนสร้าง ความเร็วแล้วเอาความเร็วที่ได้จากการหมุนของใบพัดไปต่อเข้ากับGenerator หรือ ตัวปั่นไฟ เกิดเป็นกระแสออกมาแล้วเก็บไว้ในแบตเตอรี่หรือว่าต่อเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อไป โดยกังหัน แบบพรอมเพลเลอร์ จะเริ่มหมุนที่ความเร็วลมเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับ การออกแบบ</p>

2.4 ประสิทธิภาพของกังหันลม



รูปที่ 2.3 กระบวนการทำงานของกังหันลม

ประสิทธิภาพของกังหันลมวัดได้จากพลังงานกลที่ได้ออกมา (P_{out}) หารด้วยพลังงานลมที่ป้อนเข้า (P_{in})

$$\eta_{total} = \frac{P_{out}}{P_a}$$

2.4.1 กำลังลม (Wind Power $P_a = P_{in}$)

ปริมาณของพลังงานลมในหนึ่งหน่วยเวลา (กำลังลม) คำนวณได้จากสมการพื้นฐานของพลังงานจลน์

$$P_a = \frac{1}{2} m v^2$$

$$m = \rho AV$$

$$P_a = \frac{1}{2} \rho AV^3$$

P_a = กำลังลม (วัตต์)

m = มวลของอากาศที่ตกกระทบตั้งฉากกับทิศทางการไหล (กิโลกรัมต่อวินาที)

v = ความเร็วลม (เมตร/วินาที)

ρ = ความหนาแน่นมวลอากาศ ≈ 1.23 (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

A = พื้นที่กังหันสามารถเขียนในรูปพื้นที่วงกลม $A = \frac{\pi D^2}{4}$ (ตารางเมตร)

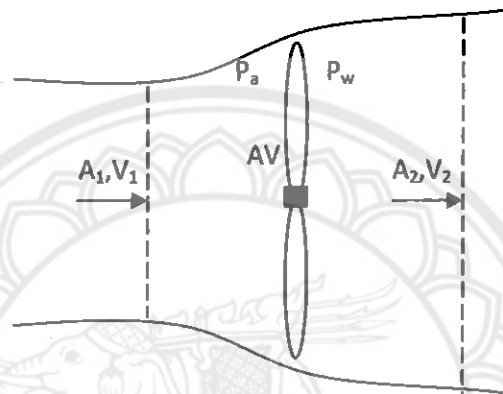
D = เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)

2.4.2 กำลังลมที่กังหันสามารถดึงออกมาได้ (P_w)

จากกฎการอนุรักษ์พลังงาน (Law of Conservation of Energy) พลังงานไม่มีการสูญหายหรือสร้างขึ้นใหม่ได้ แต่มันเพียงเปลี่ยนรูปจากพลังงานแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่งเท่านั้น

เมื่อเราพิจารณาที่ตัวกังหันลมตามรูปที่ 2.4 สามารถเขียนความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ต่อเนื่อง (Continuity Equations) ได้ดังนี้

$$A_1 V_1 = AV = A_2 V_2$$



รูปที่ 2.4 Control Volume กังหันลม

เราจะพบว่ากำลังลมที่กังหันสามารถดึงออกมาได้นั้นดูได้จากความเร็วลม V_1 ที่มาปะทะกับกังหันลมและความเร็วลม V_2 หลังกังหันลม

จะได้ว่า
$$V = (V_1 - V_2)$$

ดังนั้นกำลังที่กังหันลมสามารถดึงพลังงานลมออกมาได้โดยไม่คำนึงถึงการสูญเสีย

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A (V_1 - V_2)^3$$

2.4.3 ประสิทธิภาพของกังหันลม (Wind turbine Efficiency - η_T)

ประสิทธิภาพของกังหันลม (Wind turbine Efficiency - η_T) คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังที่ได้รับจากกังหันกับกำลังลม

$$\eta_T = \frac{P_w}{\frac{1}{2} \rho A V_1^3}$$

η_T ที่ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกังหันลม ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความสูญเสียจากพื้นผิวและกลไกส่งกำลังเบริง

2.4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและกำลัง (P_{out})

$$P_{out} = T\omega = T \frac{2\pi N}{60}$$

เมื่อ P_{out} คือ กำลังงาน (W.) หรือ (kW.)

ω คือ ความเร็วเชิงมุมมีค่าเท่ากับ $\frac{2\pi N}{60}$ (rad /s)

N คือ ความเร็วรอบของเพลา (rpm.)

T คือ โมเมนต์บิดหรือแรงบิดที่เกิดขึ้น (N/m)

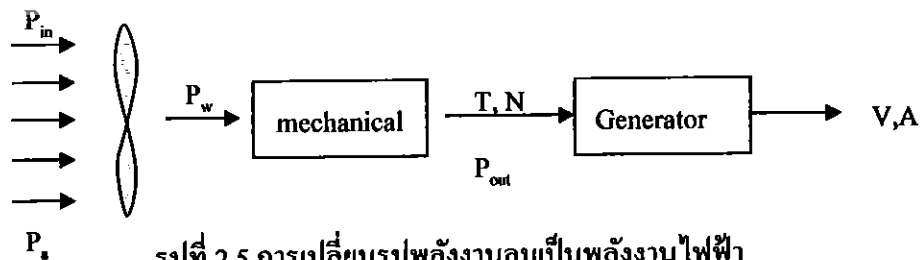
2.4.5 ประสิทธิภาพทางกลของกังหันลม (Mechanical Efficiency - η_M)

ประสิทธิภาพทางกลของกังหันลม (Mechanical Efficiency - η_M) คืออัตราส่วนระหว่างกำลังที่ได้จากกังหัน P_{out} กับกำลังลม P_a

$$\eta_M = \frac{P_{out}}{P_a}$$

$$\eta_M = \frac{T\omega}{\frac{1}{2}\rho AV_1^3}$$

2.4.6 การเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนรูปพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.5 สามารถอธิบายการเปลี่ยนรูปพลังงานลมไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้คือ พลังงานลมซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศที่ความเร็วค่าหนึ่ง (พลังงานจลน์) เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานทางกลด้วยแรงบิดและความเร็วรอบของแกนหมุนกังหัน พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกต้องกับแกนหมุน

ของกังหันลมในรูปของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์

จากรูปที่ 2.5 นั้นจะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จะขึ้นอยู่กับแรงบิดและความเร็วรอบของกังหันลมที่ส่งกำลังมาให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเองอีกด้วย

กำลังไฟฟ้าหาได้จาก $P = I \times V$

เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้า (W)

I คือกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ (A)

V คือความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้า (volt)



บทที่ 3

การพัฒนากังหันลมขนาดเล็ก

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงการพัฒนากังหันลมที่ทำจากท่อ PVC แบบ 3 ใบ โดยพิจารณาใน ส่วนของการลดขนาดและลดน้ำหนักของกังหันลม เริ่มจากการผลิตกังหันลมต้นแบบจากท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ยาว 24 นิ้วแล้วทำการปรับแต่งกังหันลมโดยการลดขนาดและลดน้ำหนักเพื่อให้ง่ายต่อ การพกพาและถอดประกอบ เพื่อดูถึงประสิทธิภาพของกังหันลมที่เปลี่ยนไปหลังจากได้มีการ ปรับแต่งแล้ว

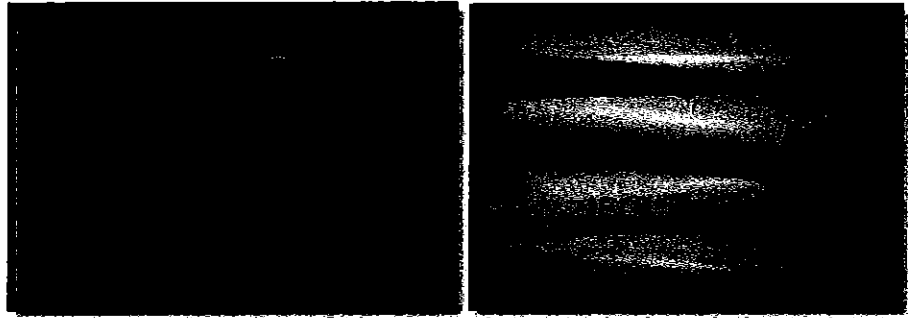
3.1 กังหันลมจากท่อ PVC

ปัจจุบันได้มีการประยุกต์เอาวัสดุต่างๆมาทำเป็นกังหันลมกันอย่างแพร่หลายเช่น ถัง แกลลอน 200 ลิตร ถังแกลลอนพลาสติก สังกะสีแผ่นเรียบ แผ่นอะลูมิเนียม ไม้อัดและท่อ PVC ก็ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้ทำกังหันลมเช่นกัน จากข้อมูลของชมรมกังหันลม[2] พบว่ากังหัน ลมที่ทำจากท่อ PVC มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบตามรูปที่ 3.1 และ 3.3 ตามลำดับ

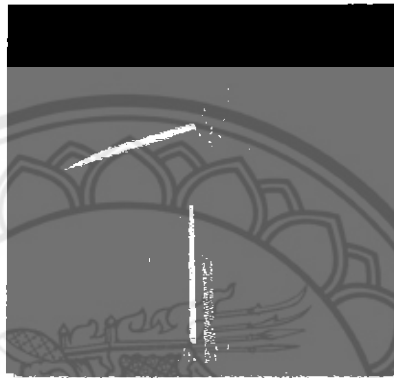


รูปที่ 3.1 กังหันลมท่อ PVC แบบตรง

ใบกังหันลมท่อ PVC แบบตรงนี้เป็นใบกังหันแบบเก่าทำมาจากท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว ยาว 50 cm โดยแบ่งเป็น 4 ส่วนแล้วตัดคางตามรูปที่ 3.2

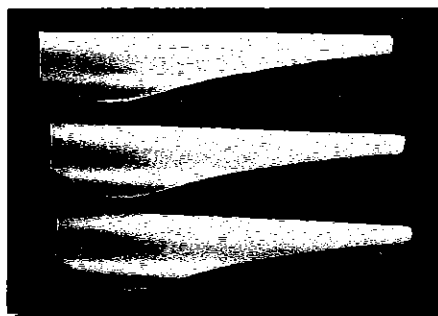
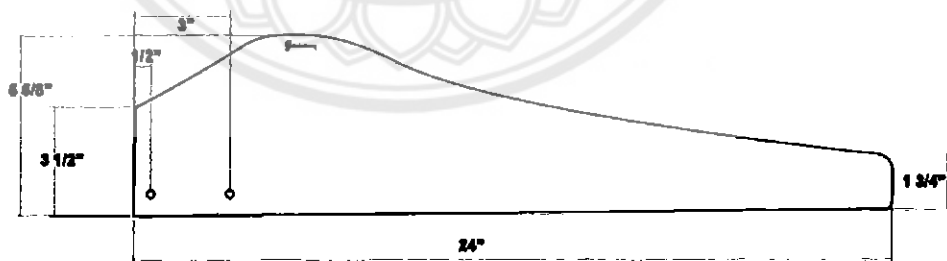


รูปที่ 3.2 แบบกึ่งหันลมท่อ PVC แบบตรงขนาด 4 นิ้ว ยาว 50 cm



รูปที่ 3.3 กึ่งหันลมท่อ PVC แบบโค้ง

ใบพัดกึ่งหันลมท่อ PVC แบบโค้งทำมาจากท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ยาว 24 นิ้ว นำมาตัดแบบตามรูปที่ 3.4 ใบแบบโค้งนี้จะให้กำลังแรงจุมมากกว่าแบบใบที่ตัดตรงๆแบบเก่า ถ้าต้องการให้กึ่งหันลมหมุนที่รอบต่ำๆก็ควรจะใช้แบบ 4 ใบ หรือ 5 ใบ[2]



รูปที่ 3.4 แบบกึ่งหันลมท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ยาว 24 นิ้ว

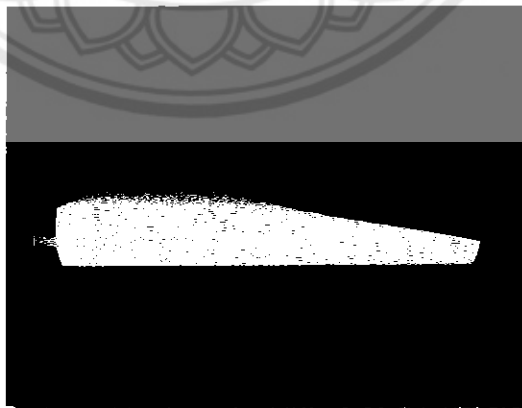
กัณฑ์ลมนอนเป็นกัณฑ์ลมนิยมสร้างและใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากให้ความเร็วรอบที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับกัณฑ์ลมนอนดั้งเดิมที่ขนาดเดียวกัน ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์เอาวัสดุโกลด์ความทากัณฑ์ลมนกันหลายชนิด เช่น ถังเกลลอน 200 ลิตร ถังเกลลอนพลาสติก แผ่นสังกะสี ไม้อัดเป็นคั่น และอีกทางเลือกหนึ่งก็คือท่อ PVC

เนื่องจากกัณฑ์ลมนที่ทำจากท่อ PVC มีขั้นตอนการสร้างที่ไม่ซับซ้อนมากนักและวัสดุที่ใช้ทำกัณฑ์ลมนอย่างท่อ PVC นั้นยังหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไปจึงทำให้ง่ายต่อการสร้างกัณฑ์ลมนขึ้นมา จากข้อมูลของชมรมกัณฑ์ลมน กัณฑ์ลมนที่ทำจากท่อ PVC มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ แบบตรงทำจากท่อ PVC ขนาด 4 นิ้วและแบบโค้งทำจากท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว ซึ่งแบบโค้งนี้จะให้กำลังแรงจุดที่มากกว่าแบบใบที่ตัดตรงๆแบบเก่า[2] เนื่องจากใบของกัณฑ์ลมนมีพื้นที่รับลมที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้มีกำลังแรงจุดที่มากขึ้นตามไปด้วยและส่งผลให้ประสิทธิภาพของกัณฑ์ลมนแบบใบโค้งเพิ่มขึ้นตามด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะใช้กัณฑ์ลมนจากท่อ PVC ขนาด 6 นิ้วแบบโค้งเป็นต้นแบบในการสร้างและพัฒนา กัณฑ์ลมนที่ทำจากท่อ PVC

3.2 การลดขนาดกัณฑ์ลมนขนาดเล็กจากท่อ PVC

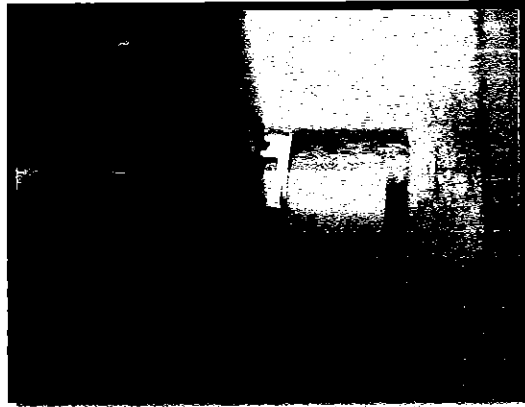
การสร้างใบกัณฑ์ลมนจากท่อ PVC ขนาด 6 นิ้วโดยการลดขนาดกัณฑ์ลมนจากขนาดใหญ่เป็นขนาดเล็ก ด้วยอัตราส่วน 1:2 ซึ่งจะตัดท่อ PVC ให้ได้กัณฑ์ลมนขนาดใหญ่และกัณฑ์ลมนขนาดเล็กอย่างละ 3 ชิ้น วิธีการตัดท่อ PVC มีดังนี้

3.2.1 ตัดกระดาษให้ได้ตามขนาดที่ออกแบบไว้ โดยตัดกระดาษให้มีขนาด 6 นิ้ว ยาว 24 นิ้วและลดขนาดในอัตราส่วน 2:1



รูปที่ 3.5 แสดงรูปแบบที่จะตัด

3.2.2 นำกระดาษที่ตัดได้ไปติดกับท่อพีวีซีแล้วตัดท่อพีวีซีตามขอบกระดาษที่ติดไว้ โดยตัดใบพัดขนาด 6 นิ้ว ยาว 24 นิ้วจำนวน 3 ใบและตัดใบพัดลดขนาดในอัตราส่วน 2:1จำนวน 5 ใบ



รูปที่ 3.6 แสดงการตัดท่อพีวีซีตามแบบ

3.2.3 นำท่อพีวีซีลดขนาดในอัตราส่วน 2:1 ที่ตัดได้ ไปทำเป็นแม่แบบหล่อเรซินเสริมใยแก้ว

แก้ว



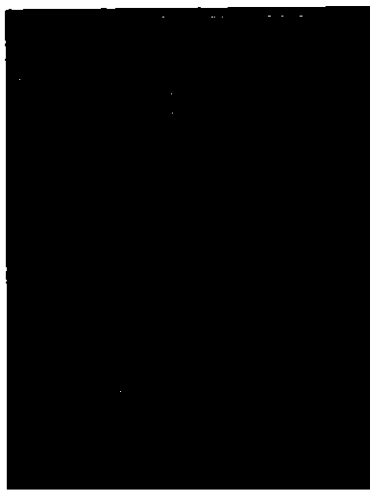
รูปที่ 3.7 แสดงแบบกึ่งหันจากท่อพีวีซี

3.3 การลดน้ำหนักกึ่งหันลงขนาดเล็กลงจากวัสดุเส้นใย

การลดน้ำหนักกึ่งหันลง โดยการขึ้นรูปกึ่งหันลงด้วยการหล่อเรซินเสริมใยแก้ว มีวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการหล่อแบบและวิธีการขึ้นรูปดังต่อไปนี้

3.3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการหล่อเรซินเสริมใยแก้ว

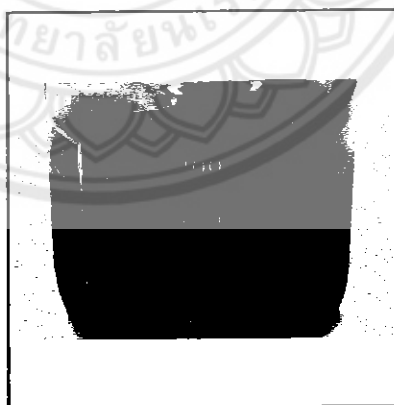
3.3.1.1 ท่อพีวีซีขนาด 6 นิ้ว ที่ใช้เป็นแม่แบบหล่อเรซินเสริมใยแก้ว ท่อพีวีซี (PVC) เป็นพลาสติกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่าง เช่น มีความเหนียวยืดหยุ่นตัวได้ทนต่อแรงดันน้ำได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนของกรดหรือด่างได้ดี ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดีเพราะไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า เป็นวัสดุไม่ติดไฟ มีผิวมันเรียบช่วยให้การไหลของน้ำได้ดี มีน้ำหนักเบาและราคาถูก แต่มีข้อเสียคือเปราะกรอบและแตกหักง่ายไม่ทนทานต่อแรงกระแทกและแสงแดดหรือแสงยูวี



รูปที่ 3.8 แม่แบบหล่อท่อพีวีซี (PVC)

3.3.1.2 เรซินหรือโพลีเอสเตอร์ เป็นพลาสติกชนิดหนึ่ง ปกติจะอยู่ในรูปของเหลวข้นเหนียวเหมือนน้ำมันเครื่อง มีกลิ่นฉุน สามารถหล่อเป็นรูปต่างๆ ได้ตามแบบพิมพ์ โดยจะผสมกับเคมีบางอย่างเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัวและเมื่อแข็งตัวแล้วจะไม่สามารถกลับคืนให้เหลวได้อีก ปัจจุบันนิยมใช้กันแพร่หลายมากทั้งในงานไฟเบอร์กลาส

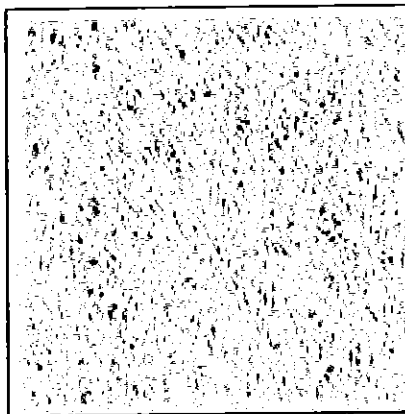
3.3.1.3. ตัวเร่งปฏิกิริยา (โคบอลต์) ใช้ผสมกับเรซินเพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัว มีลักษณะเป็นของเหลวสีม่วง บางทีเรียกว่า ตัวม่วง เมื่อผสมลงในเรซินทำให้เรซินมีสีออกชมพูอ่อนๆ อาจทำการผสมไว้ก่อนเมื่อจะใช้งานก็เพียงนำมาผสมตัวทำให้แข็งได้เลย



รูปที่ 3.9 แสดงน้ำยาโคบอลด์

3.3.1.4 ตัวทำปฏิกิริยาหรือตัวทำให้แข็ง (Hardener) ใช้ผสมเรซิน เพื่อให้เรซินแข็งตัว มีลักษณะเหลวใสมีกลิ่นฉุน ใช้ในปริมาณ 1-2 % ของเรซิน

3.3.1.5 เส้นใยแก้วเบอร์ 600 เป็นวัสดุเสริมความแข็งแรงในเนื้อเรซินเพื่อทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส



รูปที่ 3.10 แสดงเส้นใยแก้วเบอร์ 600

3.3.2 วิธีการขึ้นรูปกึ่งหั่นฉนวนด้วยการหล่อเรซินเสริมใยแก้ว

3.3.2.1 ตัดเส้นใยแก้วให้ได้ขนาดเท่ากับท่อพีวีซีขนาด 6 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว

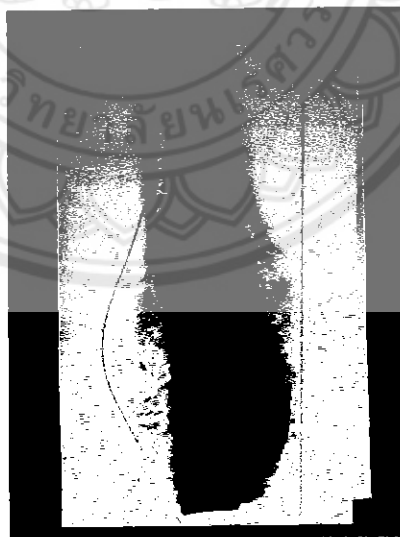
3.3.2.2 นำเส้นใยที่ตัดได้ไปซังแล้วตวงเรซินให้มีน้ำหนัก 3 เท่าของน้ำหนักเส้นใย

3.3.2.3 ซังตัวเร่งปฏิกิริยา (โคบอลท์) และตัวทำให้แข็งขนาด 2% ต่อน้ำหนักเรซิน

3.3.2.4 ผสมเรซินกับตัวเร่งปฏิกิริยา (โคบอลท์) และตัวทำให้แข็ง

3.3.2.5 นำเรซินที่ผสมไปทาบริเวณผิวด้านในของท่อพีวีซีจากนั้นนำเส้นใยแก้วที่

ตัดไว้วางทับแล้วทาเรซินทับแล้วนำท่อพีวีซีอีกชิ้นวางประกบ

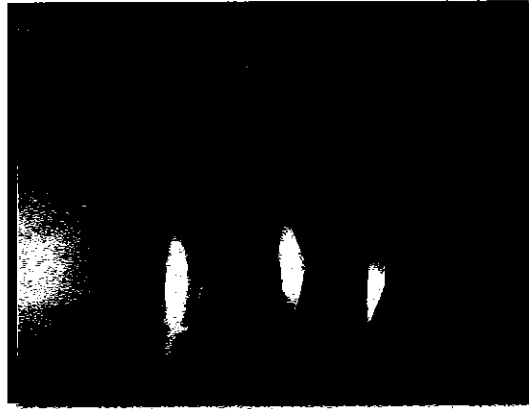


รูปที่ 3.11 แสดงการหล่อชิ้นงานด้วยเรซินเสริมใยแก้ว

3.3.2.6 รอให้เรซินแห้งโดยทิ้งไว้ประมาณ 10 – 15 นาที แล้วแกะแบบออก

3.3.2.7 ตัดแต่งแบบที่หล่อได้และทำการหล่อแบบชิ้นอื่นอีกโดยทำซ้ำตั้งแต่ข้อ

3.3.2.1 ถึงข้อ 3.3.2.7 จนครบ 3 ใบ



รูปที่ 3.12 แสดงแบบกึ่งหันจากเรซินเสริมใยแก้ว

ตาราง 3.1 แสดงน้ำหนักส่วนผสมการหล่อเรซินเสริมใยแก้ว

ส่วนประกอบ	เส้นใยแก้ว เบอร์ 600	เรซิน	ตัวเร่งปฏิกิริยา (โคบอลท์)	ตัวทำให้แข็ง (Hardener)
น้ำหนัก (g)	12.67	38	0.76	0.76

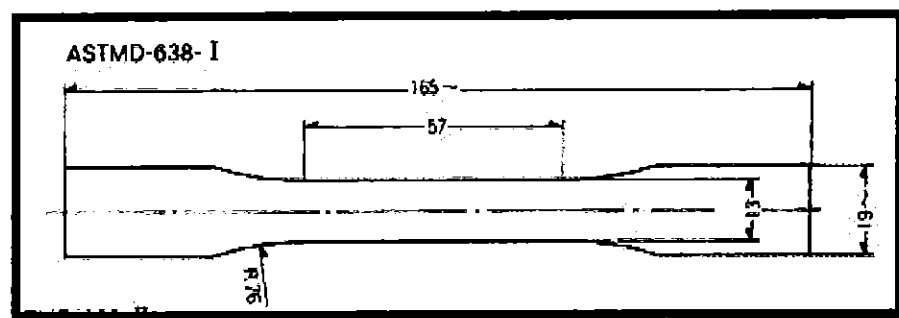
สรุปน้ำหนักเฉลี่ยของใบกึ่งหัน (g) = $\frac{128}{3} = 42.67$ g

3.4 การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ PVC และวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว

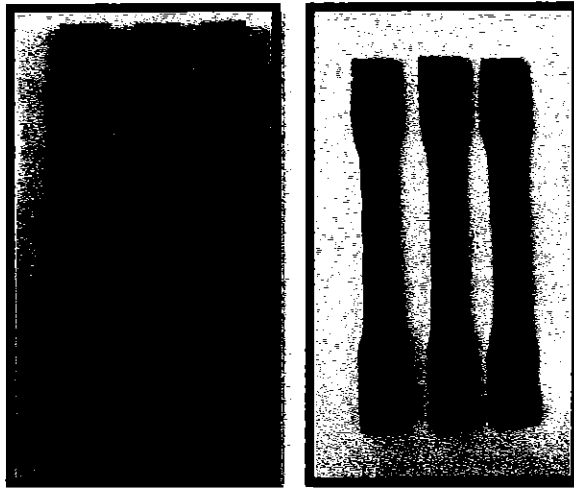
การทดสอบแรงดึงของวัสดุ โดยการทดสอบใช้พีวีซีและวัสดุเรซินเสริมใยแก้วเป็นวัสดุในการทดสอบซึ่งได้ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกดและแรงดึง (UTM) เพื่อนำไปหาค่า Modulus of elasticity (E) ของวัสดุ

3.4.1 ลักษณะชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบที่ใช้ในการทดสอบแรงดึงได้ตัดชิ้นงานตาม มาตรฐาน ASTM D638 TYPE I ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับพลาสติกดังแสดงในรูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 ชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM D638 TYPE I[5]



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างชิ้นที่ตัดตามมาตรฐาน ASTM D638 TYPE I

3.4.2 สมการการคำนวณหาความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain)

สมการความเค้น (Stress) = แรงที่กระทำ (F) / พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงนั้น (A_0)

หน่วยความเค้นอาจเป็น N/mm^2 หรือ MPa

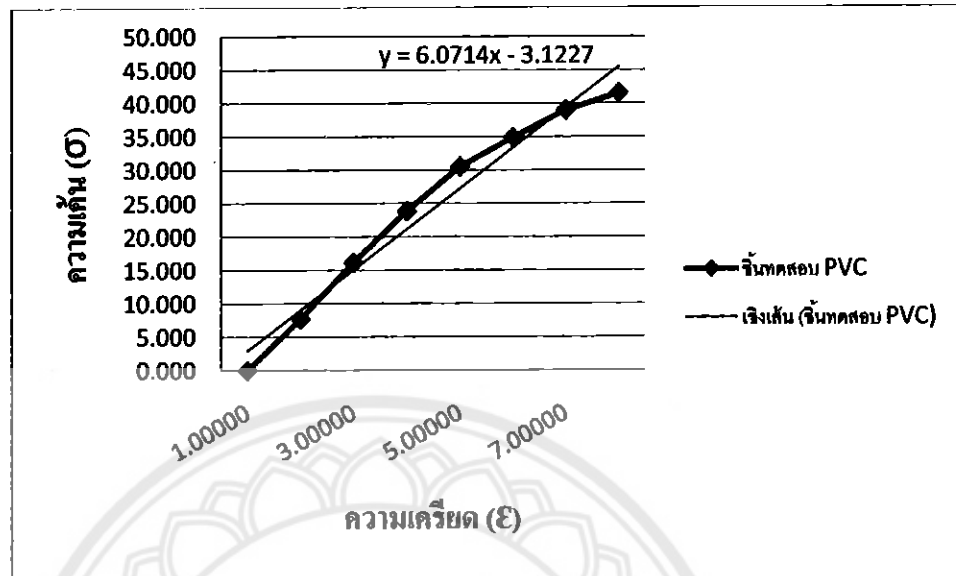
สมการความเครียด (Strain) = ความยาวที่ยืดออก (Δl) / ความยาวเริ่มต้น (l_0)

ตารางที่ 3.2 ค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณ

ความเร็วที่ใช้ทดสอบ (V)	50 mm/min
พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงของพีวีซี (A_0)	0.000065 m^2
พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงของเรซิน (A_0)	0.0000208 m^2
ความยาวเริ่มต้น (l_0)	57 mm

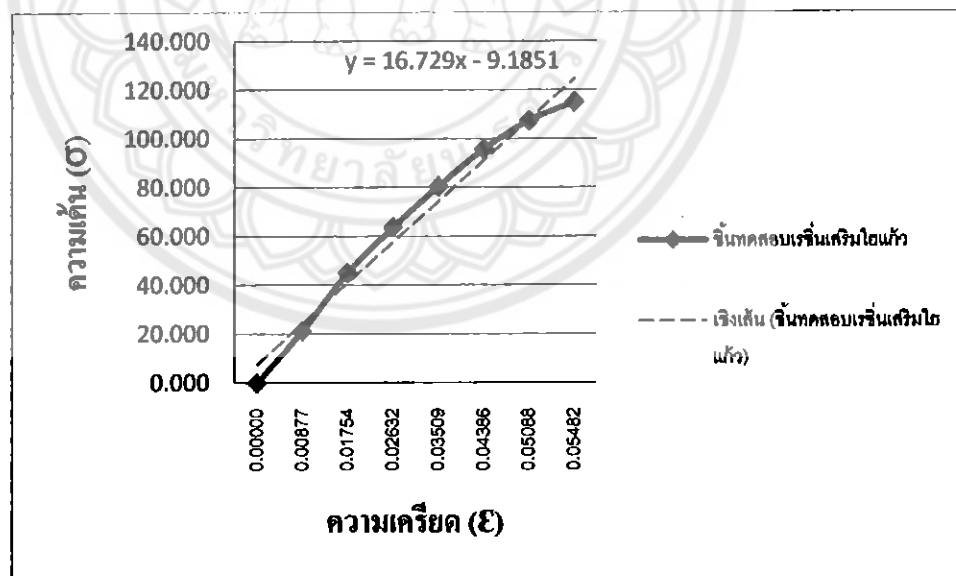
3.4.3 ผลการทดสอบแรงดึงวัสดุ

ผลการทดสอบพีวีซี



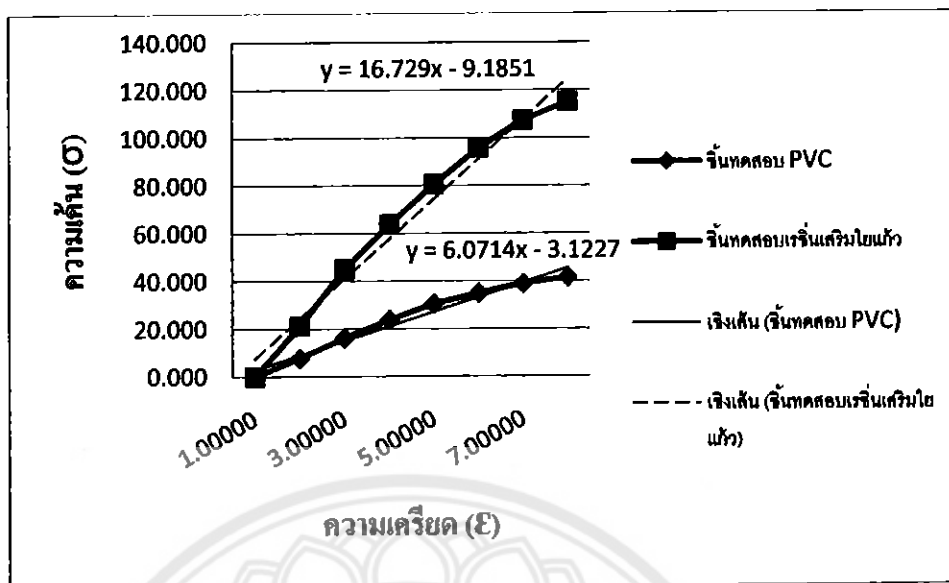
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงค่า Modulus of elasticity (E) ของพีวีซี

ผลการทดสอบเรซินเสริมใยแก้ว



รูปที่ 3.16 กราฟแสดงค่า Modulus of elasticity (E) ของเรซินเสริมใยแก้ว

ผลการทดสอบพีวีซีกับเรซินเสริมใยแก้ว





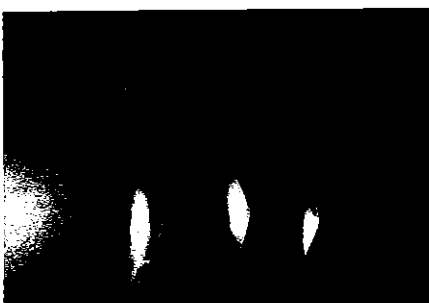
รูปที่ 3.17 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ Modulus of elasticity (E) ของพีวีซีกับเรซินเสริมใยแก้ว

จากผลการทดสอบแรงดึงของชิ้นทดสอบพีวีซีและเรซินเสริมใยแก้ว อย่างละ 3 ชิ้นด้วยเครื่องทดสอบแรงกดและแรงดึง (UTM) เพื่อหาค่า Modulus of elasticity (E) หรือค่า Young's Modulus ของแต่ละชิ้น จากรูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16 พบว่าค่าเฉลี่ย Modulus of elasticity ของพีวีซีและเรซินเสริมใยแก้วมีค่าเท่ากับ 6.07 MPa และ 16.72 MPa ตามลำดับ จะเห็นว่าค่า Modulus of elasticity (E) ของเรซินเสริมใยแก้วมีค่าสูงกว่าของพีวีซีได้จากรูปที่ 3.17 ซึ่งค่า Modulus of elasticity (E) ของวัสดุแต่ละชนิดจะมีค่าเฉลี่ยคงที่ และเป็นตัวบอกความสามารถคงรูปของวัสดุนั้นคือ ถ้า Modulus of elasticity (E) มีค่าสูง วัสดุจะเปลี่ยนรูปร่างอย่างยืดหยุ่นได้น้อยซึ่งหมายถึงวัสดุเปราะ แต่ถ้า Modulus of elasticity (E) มีค่าต่ำวัสดุก็จะเปลี่ยนรูปร่างอย่างยืดหยุ่นได้มากซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเปราะและจากการทดสอบแรงดึงยังพบว่าค่าเฉลี่ยความเค้นจุดคราก (Yield Strength) ของพีวีซีและเรซินเสริมใยแก้วมีค่าเท่ากับ 43.64 MPa และ 108.52 MPa ตามลำดับ ซึ่งค่าความเค้นจุดครากนี้จะบ่งบอกถึงความแข็งแรงสูงสุดที่ใช้ประโยชน์ได้โดยไม่เกิดการเสียหายของวัสดุ เพราะเป็นจุดแบ่งระหว่างพฤติกรรมการคืนรูปกับพฤติกรรมการคงรูป จากการทดสอบจะเห็นว่าเรซินเสริมใยแก้วมีค่าความแข็งแรงมากกว่าพีวีซี

3.5 ลักษณะทางกายภาพของกึ่งหันลม

การพัฒนา กึ่งหันลมให้มีขนาดเล็ก ได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพในด้านต่างๆ ดังนี้ 1. ขนาด 2. น้ำหนัก 3. ราคา 4. Modulus of elasticity 5. ความเค้นจุดคราก(Yield Strength) ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตาราง 3.3 ลักษณะทางกายภาพของกึ่งหันลม

รูป	เส้นผ่านศูนย์กลาง (m)	น้ำหนัก (kg)	ราคา (บาท)	Modulus of elasticity (MPa)	Yield Strength (MPa)
<p>กึ่งหันลมขนาดใหญ่</p> 	122	1.4	400	6.07	43.64
<p>กึ่งหันลมขนาดเล็ก</p> 	61	0.4	160	6.07	43.64
<p>กึ่งหันลมขนาดเล็กเรซิน</p> 	61	0.128	85	16.72	108.52

บทที่ 4

การทดสอบหาประสิทธิภาพของกังหันลม

การออกแบบชุดทดสอบกังหันลมมีการทดลองอยู่ 2 การทดลองด้วยกันคือ 1. การทดลองเพื่อหาระยะความเร็วลมเฉลี่ยในช่วง 2.5 – 3.5 m/s 2. การทดสอบกังหันลมเพื่อวัดค่าความเร็วลมหน้าและหลังกังหันลม ความเร็วรอบและแรงบิดในช่วงความเร็วลมเฉลี่ย 2.5 – 3.5 m/s ในการทดสอบต้องคำนึงถึงตัวแปรต่างๆหลายด้าน ดังนี้

1. ด้านอุปกรณ์ การจัดหาอุปกรณ์เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบต้องคำนึงถึงความสมบูรณ์ของอุปกรณ์และการออกแบบชุดของการติดตั้งกังหันลมเพื่อให้ผลการทดสอบมีค่าแม่นยำที่สุด

2. ข้อจำกัดในการทดสอบ เนื่องจากการทดสอบทางด้านอุณหพลศาสตร์ต้องใช้อุโมงค์ลมในการทดสอบด้วยสาเหตุหลายด้านไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของ ราคา ระยะเวลาที่มีอย่างจำกัดในการทดสอบกังหันลมในครั้งนี้จึงสมมุติใช้ห้องปิดเป็นที่ทำการทดสอบกังหันลมแทน

3. ตัวแปรควบคุม การกำหนดตัวแปรควบคุมเพื่อให้ผลการทดสอบแม่นยำมากขึ้นซึ่งจะควบคุมตัวแปรต่างๆดังต่อไปนี้ 1. ระยะในการทดสอบกังหันลม 2. ความเร็วของพัดลม 3. ตำแหน่งในการวัดค่าความเร็วลมเพื่อควบคุมการวัดให้แม่นยำมากยิ่งขึ้น 4. สถานที่ในการทดสอบ

4. ตัวแปรตามค่าที่ได้มาจากการทดสอบ คือ ความเร็วลมหน้ากังหัน ความเร็วลมหลังกังหัน ความเร็วรอบ แรงบิด

15549921

4.1 การทดลองเพื่อหาระยะความเร็วลมเฉลี่ยที่ 2.5 – 3.5 m/s

น/ส.

วัตถุประสงค์การทดลอง

๗499๘

- 1. เพื่อหาระยะความเร็วลมในช่วง 2.5 – 3.5 m/s
- 2. ทดสอบกังหันลมที่ระยะและความเร็วลมที่อยู่ในช่วง 2.5 – 3.5 m/s

25๖3

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. พัดลมอุตสาหกรรมขนาด 22 นิ้ว



รูปที่ 4.1 พัดลมอุตสาหกรรม

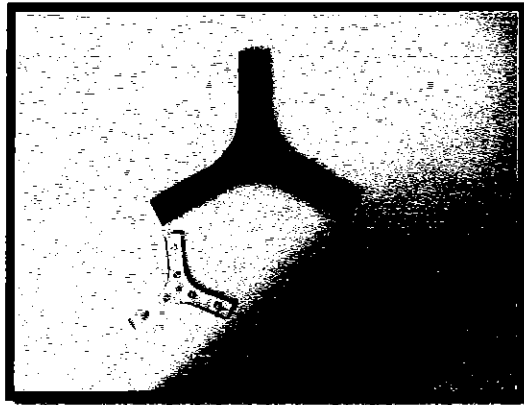
2. เครื่องวัดความเร็วลม 1 เครื่อง



รูปที่ 4.2 เครื่องวัดความเร็วลม

3. ชุดติดตั้งใบพัด

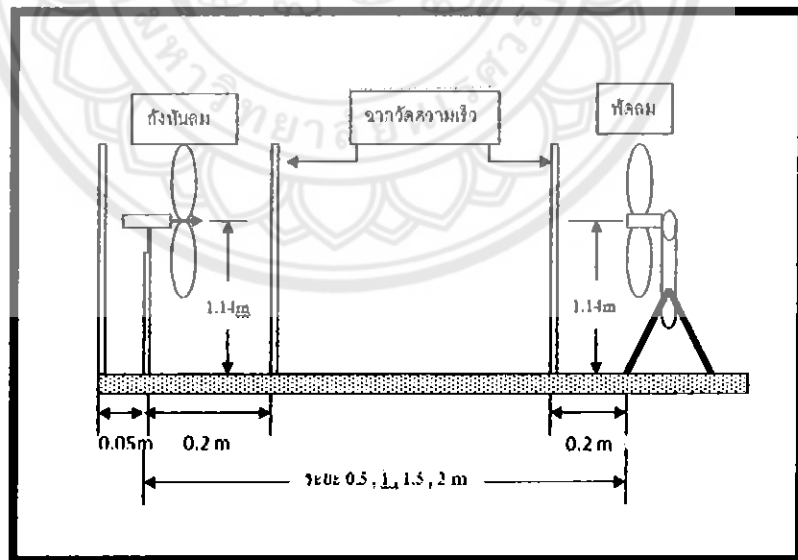
ชุดติดตั้งใบพัดจะมีอยู่ด้วยกันอยู่ 3 ชิ้นเพื่อไว้ใช้จับก้านลมแต่ละแบบโดยชุดติดตั้งใบพัดสำหรับก้านจากท่อพีวีซีจะทำมาจากแผ่นเหล็กกล้าความหนาประมาณ 3 mm ส่วนชุดติดตั้งใบพัดของก้านเรซินเสริมใยแก้วจะทำมาจากแผ่นอลูมิเนียมความหนาประมาณ 3 mm ดังแสดงในรูปที่ 4.3



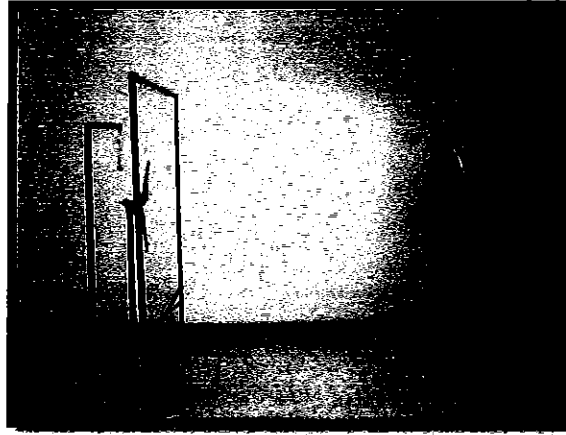
รูปที่ 4.3 แสดงชุดติดตั้งกังหันลมแต่ละแบบ

ขั้นตอนการทดลอง

1. การหาระยะความเร็วลมในช่วง 2.5 – 3.5 m/s ได้กำหนดระยะการตั้งกังหันลม และพัด ลมที่ระยะ 0.5 m, 1 m, 1.5 m, 2 m โดยปรับความแรงของพัดลมที่เบอร์ 1,2,3 ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5

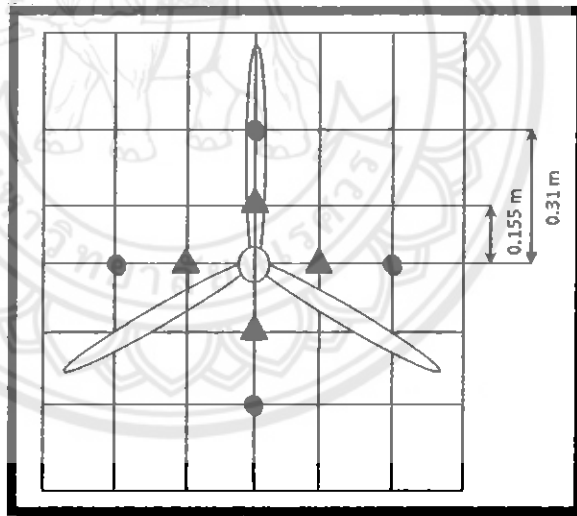


รูปที่ 4.4 การตั้งระยะการทดลองหาความเร็วลม



รูปที่ 4.5 การตั้งกังหันลมและพัดลม

2. วัดความเร็วลมบริเวณหน้าพัดลมและหน้ากังหันลม ซึ่งได้มีการกำหนดตำแหน่งที่ใช้ใน การวัดอยู่ 4 จุดเพื่อควบคุมแนวการวัดให้แต่ละครั้ง ได้คงที่ ซึ่งสัญลักษณ์ รูปวงกลมจะแสดงการวัดของกังหันลมขนาดใหญ่ ส่วนสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยมแสดงการวัดของกังหันลมขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการวัด

4.2 ผลการทดสอบเพื่อหาระยะห่างระหว่างกั้นลมนับพัคลมในช่วงความเร็วลมเฉลี่ย 2.5 – 3.5 m/s

ตาราง 4.1 สรุปผลความเร็วลมที่ได้จากการทดสอบของกั้นลมนับพัคลมที่ระยะ 0.5 m

พัคลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)							
	หน้าพัคลมของกั้นแต่ละแบบ				หน้ากั้นแต่ละแบบ			
	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย
1	5.95	5.63	5.48	5.69	2.65	4.78	4.55	3.99
2	6.98	6.75	6.58	6.77	2.88	5.18	5.08	4.38
3	7.78	7.43	7.28	7.50	3.00	6.30	5.48	4.93

ที่ระยะ 1 m

พัคลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)							
	หน้าพัคลมของกั้นแต่ละแบบ				หน้ากั้นแต่ละแบบ			
	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย
1	5.63	6.28	5.40	5.77	2.43	3.45	3.48	3.12
2	6.68	7.03	6.58	6.76	2.95	4.13	4.05	3.71
3	7.25	7.73	7.48	7.49	2.75	4.38	4.50	3.88

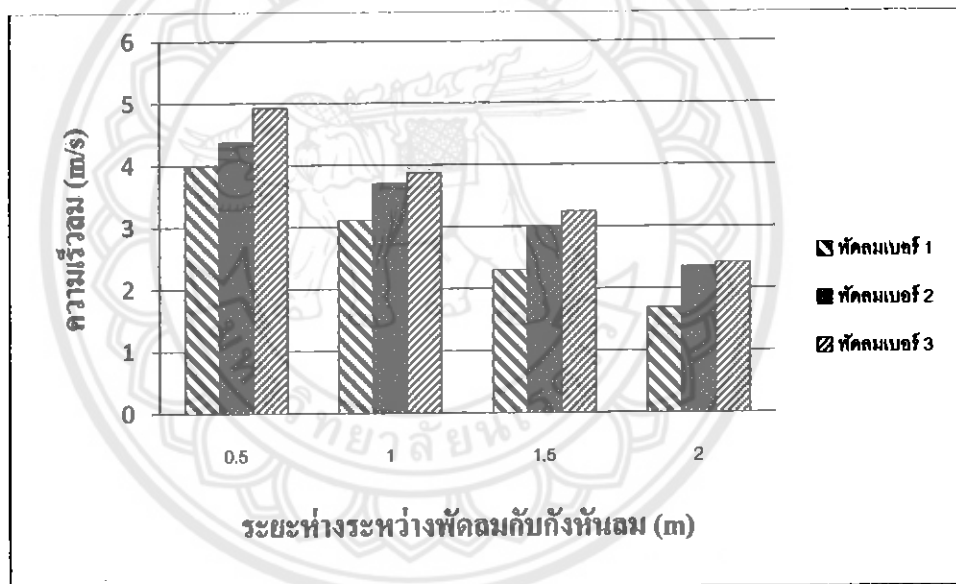
ที่ระยะ 1.5 m

พัคลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)							
	หน้าพัคลมของกั้นแต่ละแบบ				หน้ากั้นแต่ละแบบ			
	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย
1	5.95	5.93	5.53	5.80	1.83	2.58	2.53	2.31
2	6.83	6.70	6.80	6.78	2.48	3.20	3.28	2.99
3	7.50	7.73	7.20	7.48	2.60	3.63	3.53	3.25

ที่ระยะ 2 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)							
	หน้าพัดลมของกังหันแต่ละแบบ				หน้ากังหันแต่ละแบบ			
	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย
1	5.55	5.78	5.50	5.61	1.40	1.85	1.83	1.69
2	6.95	6.95	6.40	6.77	1.95	2.43	2.68	2.35
3	7.43	7.43	7.23	7.36	2.13	2.48	2.65	2.42

หมายเหตุ B=กังหันลมขนาดใหญ่
S=กังหันลมขนาดเล็ก



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและระยะห่างระหว่างพัดลมกับกังหันลม

จากรูปที่ 4.7 สรุปผลความเร็วลมที่ได้จากการทดสอบกังหันลมขนาดใหญ่ PVC กังหันลมขนาดเล็ก PVC และกังหันลมขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้ว โดยทำการทดสอบที่ระยะ 0.5 , 1 , 1.5 และ 2 m ตามลำดับ พบว่าความเร็วลมที่ต้องการในช่วง 2.5 – 3.5 (m/s) จะอยู่ที่ระยะ 1 m พัดลมเบอร์ 1 และที่ระยะ 1.5 m พัดลมเบอร์ 2 และเบอร์ 3 ตามลำดับ จากผลการทดสอบดังกล่าวผู้วิจัยได้เลือกระยะที่จะใช้ทดสอบกังหันลมทั้ง 3 แบบคือ ระยะที่กังหันลมห่างจากพัดลม 1.5 m ใช้พัดลมเบอร์ 2 เพราะเป็นช่วงที่ให้ความเร็วเฉลี่ยสม่ำเสมอและความเร็วลมเฉลี่ยยังอยู่ในช่วง 2.5-3.5 m/s ซึ่งเป็นช่วงที่ต้องการอีกด้วย

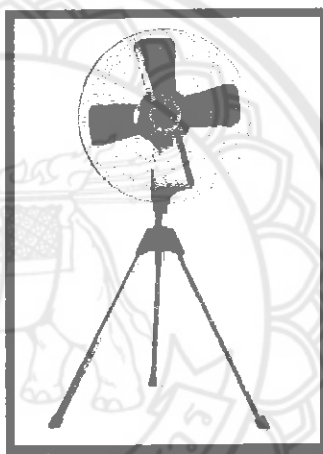
4.3 การทดสอบกังหันลมที่ระยะ 1.5 m พัดลมเบอร์ 2

วัตถุประสงค์การทดสอบ

1. เพื่อทดสอบกังหันลมที่ระยะความเร็วลมเฉลี่ย 2.5 – 3.5 m/s
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพและประสิทธิภาพเชิงกลของกังหันลมแต่ละแบบในช่วงความเร็วลมเฉลี่ย 2.5 – 3.5 m/s

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

1. พัดลมอุตสาหกรรมขนาด 22 นิ้ว



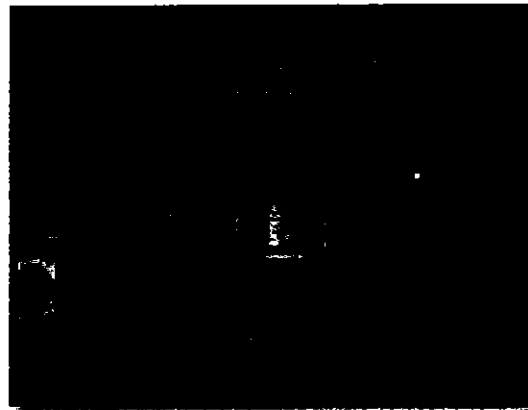
รูปที่ 4.8 พัดลมอุตสาหกรรม

2. เครื่องวัดความเร็วลม 1 เครื่อง



รูปที่ 4.9 เครื่องวัดความเร็วลม

3. เครื่องวัดความเร็วรอบ 1 เครื่อง



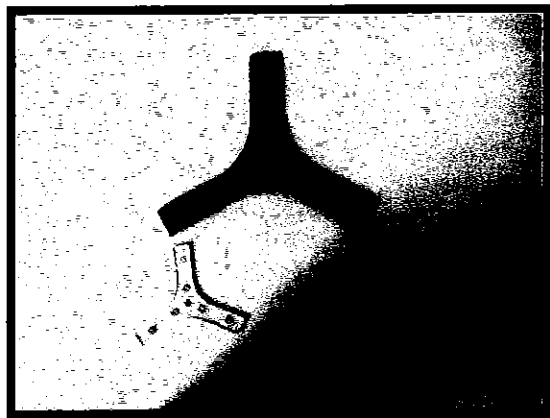
รูปที่ 4.10 เครื่องวัดความเร็วรอบ

4. คาชั่งสปริงขนาด 5 kg 2 อัน



รูปที่ 4.11 คาชั่งสปริง

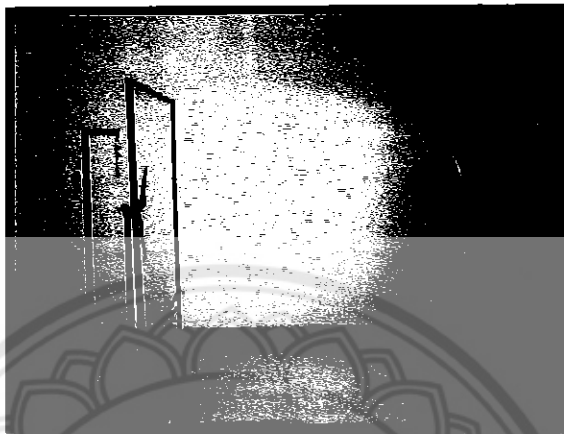
5. ชุดติดตั้งกังหันลม



รูปที่ 4.12 แสดงชุดติดตั้งกังหันลมแต่ละแบบ

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ตั้งพัดลมให้ห่างจากกังหันลมที่ระยะ 1.5 m แล้วเปิดพัดลมเบอร์ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.13

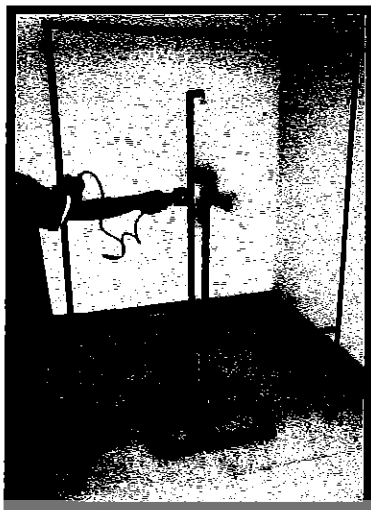


รูปที่ 4.13 ตั้งพัดลมห่างจากกังหันลมที่ระยะ 1.5 m

2. วัดความเร็วลมบริเวณหน้าพัดลม หน้ากังหันลมและหลังกังหันลมตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 และ 4.15

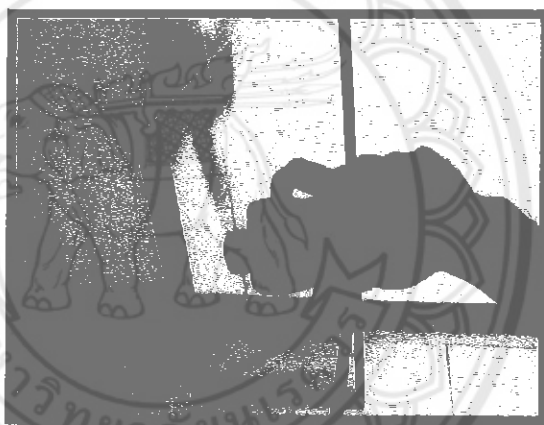


รูปที่ 4.14 การวัดความเร็วลมหน้าพัดลม

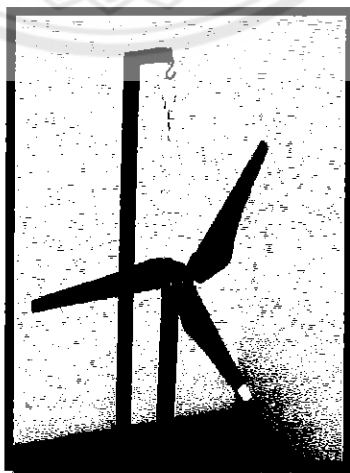


รูปที่ 4.15 การวัดความเร็วลมหน้ากังหันลม

3. วัดความเร็วรอบและแรงที่กังหันผลิตออกมาได้ดังแสดงในรูปที่ 4.16 และ 4.17



รูปที่ 4.16 การวัดความเร็วรอบ



รูปที่ 4.17 การวัดแรงที่กังหันผลิตได้

4.4 ผลการทดสอบกึ่งหั่นลมที่ระยะ 1.5 m พัดลมเบอร์ 2

ตาราง 4.2 ผลการทดสอบกึ่งหั่นลมที่ระยะ 1.5 m พัดลมเบอร์ 2

กึ่งหั่นลมขนาดใหญ่ PVC

ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)				ความเร็รรอบ (rpm)			แรง (N)							
	หน้ากึ่งหั่นลม				หลังกึ่งหั่นลม										
	1	2	3	4	1	2	3								
1	2.9	3.1	2.7	3.0	2.93	1.0	1.5	1.7	1.3	1.38	204.9	206.4	208.9	206.73	80
2	2.9	3.0	2.7	2.9	2.88	1.1	1.6	1.9	1.4	1.50	204.4	205.2	205.0	204.87	80
3	2.8	3.0	2.8	2.9	2.88	0.9	1.5	1.7	1.4	1.38	200.2	203.5	205.5	203.07	80

กึ่งหั่นลมขนาดเล็ก PVC

ครั้งที่	ความเร็วลม (m/s)				ความเร็รรอบ (rpm)			แรง (N)							
	หน้ากึ่งหั่นลม				หลังกึ่งหั่นลม										
	1	2	3	4	1	2	3								
1	3.1	2.9	3.3	2.8	3.03	0.9	1.2	1.3	1.0	1.10	361.8	367.3	369.4	366.17	3.8
2	3.1	3.0	3.3	2.8	3.05	0.9	1.3	1.1	1.0	1.08	352.4	340.8	359.8	351.00	3.8
3	3.0	3.2	3.4	2.9	3.13	0.9	1.1	1.3	0.9	1.05	353.0	362.6	360.3	358.63	3.6

กึ่งहनลมขณาคเล็กรซึนเตรมไยแก้ว

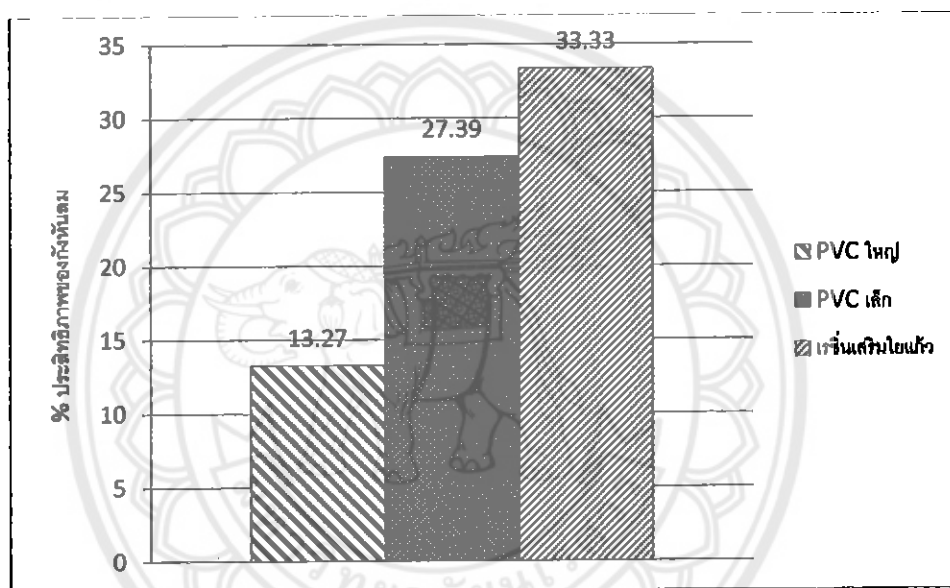
คร้งที่	ความเร็วลม (m/s)												ความเร็วรอบ (rpm)			แรง (N)
	หน้ากึ่งहनลม				หลังกึ่งहनลม				1	2	3	เฉลี่ย				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3					4	เฉลี่ย		
1	3.2	3.4	3.1	2.8	3.13	1.0	0.9	1.0	0.8	0.93	752.7	744.1	762.0	752.93	3.0	
2	2.9	3.3	3.2	2.7	3.03	0.9	1.1	1.0	0.9	0.98	750.6	738.2	749.8	746.20	2.8	
3	3.0	3.1	3.1	2.7	2.98	0.8	0.9	0.9	1.0	0.90	776.6	753.8	776.4	768.93	3.0	

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบกึ่งहनลมทั้ง 3 แบบที่ระยะ 1.5 m พัดลมเบอร์ 2 พบว่าความเร็วที่วัดได้จากหน้ากึ่งहनลมของทั้ง 3 แบบอยู่ในช่วง 2.5-3.5 m/s ซึ่งเป็นช่วงที่ต้องการใช้ในการทดสอบกึ่งहनลม จากการทดสอบดังกล่าวจะได้ค่าความเร็วลมหน้ากึ่งहनลม ความเร็วลมหลังกึ่งहनลม ความเร็วรอบ ของกึ่งहनทั้ง 3 แบบ และแรงที่กึ่งहनผลิตออกมาได้แล้วนำไปคำนวณประสิทธิภาพของกึ่งहनลม

4.5 การคำนวณประสิทธิภาพกังหันลม

ตาราง 4.3 ผลการคำนวณประสิทธิภาพของกังหันลม

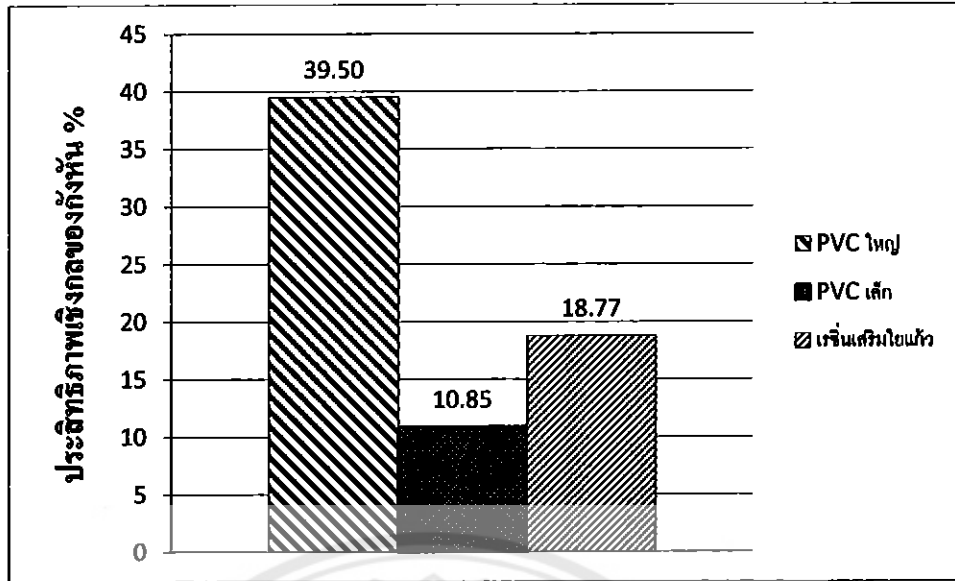
ชนิดกังหันลม	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)		Pa (W)	Pw (W)	η_T %
	หน้ากังหัน	หลังกังหัน			
PVC ใหญ่	2.89	1.42	17.37	2.30	13.27
PVC เล็ก	3.07	1.08	5.18	1.42	27.39
เรซิน เล็ก	3.04	0.93	5.06	1.69	33.33



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงประสิทธิภาพของกังหันลมแต่ละแบบ

ตาราง 4.4 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงกลของกังหันลมจากกำลังที่ได้จากกังหันลม

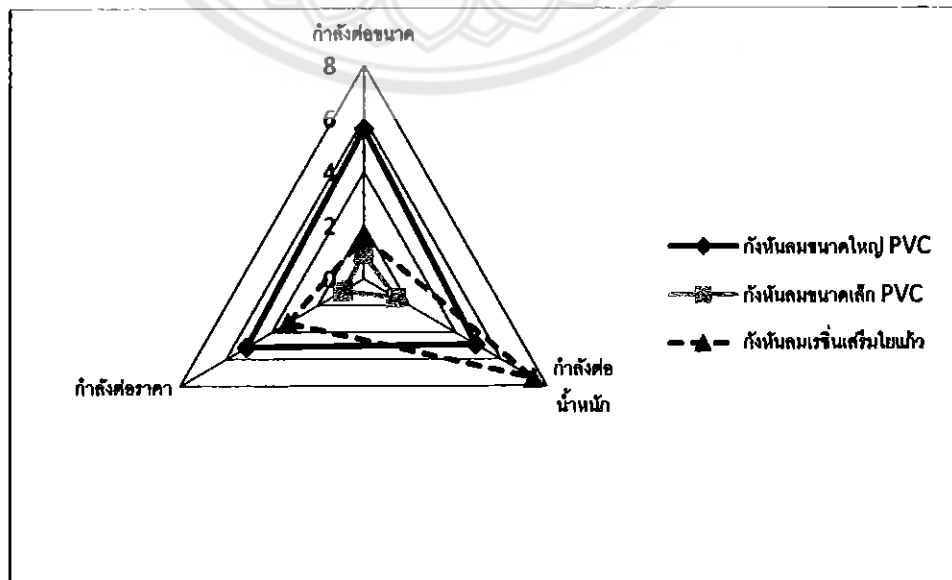
ชนิดกังหันลม	ความเร็วลมเฉลี่ยหน้ากังหันลม (m/s)	ความเร็วรอบเฉลี่ย (rpm)	แรง (N)	ω (rad/s)	T (N.m)	Pa (W)	Pout (W)	η_M %
PVC ใหญ่	2.89	204.89	80.00	21.44	0.32	17.37	6.86	39.50
PVC เล็ก	3.08	358.60	3.70	37.53	0.02	5.18	0.56	10.85
เรซิน เล็ก	3.04	756.02	2.93	79.13	0.02	5.06	0.95	18.77



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงประสิทธิภาพเชิงกลของกัณฑ์ลมนแต่ละแบบ

ตาราง 4.5 ตารางเปรียบเทียบค่าลั้ที่ได้จากกัณฑ์ลมนกับพารามิเตอร์ต่างๆ

ชนิดกัณฑ์ ลมน	D (m)	น้ำหนัก (kg)	ราคา (บาท)	Pout (W)	Pout/D (W/m)	Pout/Weight (W/kg)	Pout/ราคา (W/300บาท)
PVC ใหญ่	1.22	1.40	400	6.86	5.62	4.90	5.10
PVC เล็ก	0.61	0.40	160	0.56	0.92	1.41	0.90
เรซิน เล็ก	0.61	0.13	85	0.95	1.56	7.41	3.30



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่าลั้กับพารามิเตอร์ต่างๆ

4.6 วิเคราะห์ผลการทดสอบกัณฑ์นม

จากการทดสอบเพื่อหาระยะห่างระหว่างกัณฑ์นมกับพัลลวดังแสดงในรูปที่ 4.7 พบว่าความเร็วลมที่ต้องการในช่วง 2.5 – 3.5 (m/s) จะอยู่ที่ระยะ 1 m พัลลวดเบอร์ 1 และที่ระยะ 1.5 m พัลลวดเบอร์ 2 และเบอร์ 3 ตามลำดับ จากผลการทดลองดังกล่าวจึงได้เลือกระยะที่ใช้ในการทดสอบกัณฑ์นมทั้ง 3 แบบคือระยะ 1.5 m ที่พัลลวดเบอร์ 2 เนื่องจากที่ระยะนี้มีความเร็วลมเฉลี่ยที่วัดได้จากหน้ากัณฑ์นมทั้ง 3 แบบอยู่ในเกณฑ์สม่ำเสมอและความเร็วลมอยู่ในช่วงที่ต้องการ

จากนั้นทำการทดสอบกัณฑ์นมทั้ง 3 แบบที่ระยะ 1.5 m พัลลวดเบอร์ 2 พบว่าประสิทธิภาพของกัณฑ์นม (η_T) มากที่สุดคือ กัณฑ์นมขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้ว รองลงมาคือกัณฑ์นมขนาดเล็ก PVC และกัณฑ์นมขนาดใหญ่ PVC ดังแสดงในรูปที่ 4.18 ซึ่งประสิทธิภาพของกัณฑ์นม (η_T) จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของกำลังลมที่กัณฑ์นมดึงออกมาได้ (P_w) กับกำลังลมที่กัณฑ์นมได้รับ (P_r) ซึ่งกำลังลมที่กัณฑ์นมได้รับนั้นจะขึ้นอยู่กับพื้นที่รับลมและกำลังลมที่กัณฑ์นมดึงออกมาได้ ซึ่งได้จากผลต่างระหว่างความเร็วลมด้านหน้าและด้านหลังกัณฑ์นม ด้วยเหตุนี้กัณฑ์นมขนาดใหญ่ PVC ที่มีพื้นที่รับลมมากกว่ากัณฑ์นมทั้ง 2 แบบจึงมีประสิทธิภาพของกัณฑ์นม (η_T) น้อยที่สุดและจากผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงกล (η_M) ของกัณฑ์นมดังแสดงในรูปที่ 4.19 พบว่ากัณฑ์นมที่มีประสิทธิภาพเชิงกล (η_M) มากที่สุดคือ กัณฑ์นมขนาดใหญ่ PVC รองลงมาคือกัณฑ์นมขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้วและกัณฑ์นมขนาดเล็ก PVC ตามลำดับ กัณฑ์นมขนาดใหญ่ PVC มีประสิทธิภาพเชิงกล (η_M) มากที่สุดเพราะมีแรงบิดมากเมื่อเปรียบเทียบกับกัณฑ์นมอีก 2 แบบ ส่วนกัณฑ์นมขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้วมีประสิทธิภาพเชิงกล (η_M) มากกว่ากัณฑ์นมขนาดเล็ก PVC ก็เพราะว่ากัณฑ์นมขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้วมีความเร็วรอบในการหมุนที่สูงกว่า เนื่องจากประสิทธิภาพเชิงกล (η_M) ของกัณฑ์นมจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบและแรงบิดที่กัณฑ์นมผลิตออกมาได้

เมื่อเปรียบเทียบกำลังที่ได้จากกัณฑ์นมกับขนาด น้ำหนักและราคา จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบแล้ว 1. กำลังที่ผลิตได้กับขนาดกัณฑ์นมที่ทำได้มากที่สุด คือ กัณฑ์นมขนาดใหญ่ PVC 2. กำลังที่สามารถผลิตได้กับน้ำหนักมากที่สุดคือ กัณฑ์นมขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้ว 3. กำลังที่สามารถผลิตได้กับราคามากที่สุดคือ กัณฑ์นมขนาดใหญ่ PVC

4.7 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบกัณฑ์ลมเปรียบเทียบกันระหว่างกัณฑ์ขนาดใหญ่ PVC กัณฑ์ขนาดเล็ก PVC และกัณฑ์ลมนขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้ว ได้ผลออกมาดังนี้

1. ในด้านการทดสอบหาระยะที่เหมาะสมคือ ที่ระยะ 1.5 เมตร ใช้กำลังพัดลมเบอร์ 2 ได้ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.5-3.5 เมตร/วินาทีซึ่งเป็นช่วงความเร็วลมที่กำหนดไว้
2. การทดสอบหาแรงและความเร็วรอบ ของกัณฑ์ทั้ง 3 แบบ
 - 2.1 กัณฑ์ขนาดใหญ่ PVC 80 นิวตัน และ 204.89 รอบ/นาที
 - 2.2 กัณฑ์ขนาดเล็ก PVC 3.7 นิวตัน และ 358.60 รอบ/นาที
 - 2.3 กัณฑ์ขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้ว 2.93 นิวตัน และ 756.02 รอบ/นาที
3. การนำผลการทดสอบมาคำนวณหา ประสิทธิภาพของกัณฑ์ลม ประสิทธิภาพเชิงกลและการเปรียบเทียบกับพารามิเตอร์ต่างๆ
 - 3.1 ประสิทธิภาพของกัณฑ์ลม
 - กัณฑ์ขนาดใหญ่ PVC เท่ากับ 13.27 %
 - กัณฑ์ขนาดเล็ก PVC เท่ากับ 27.39 %
 - กัณฑ์ขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้ว เท่ากับ 33.33 %
 - 3.2 ประสิทธิภาพเชิงกล
 - กัณฑ์ขนาดใหญ่ PVC เท่ากับ 39.50 %
 - กัณฑ์ขนาดเล็ก PVC เท่ากับ 10.85 %
 - กัณฑ์ขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้ว เท่ากับ 18.77 %
 - 3.3 เปรียบเทียบกับพารามิเตอร์ต่างๆ

	กัณฑ์ใหญ่ PVC	กัณฑ์เล็ก PVC	กัณฑ์เรซินเสริมใยแก้ว
กำลังต่อขนาด	5.62	0.92	1.56
กำลังต่อน้ำหนัก	4.90	1.41	7.41
กำลังต่อราคา	0.017	0.003	0.011

บทที่ 5

สรุปผลการลดขนาดและลดน้ำหนักของกังหันลม

จากการศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนากังหันลมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยการเปรียบเทียบการลดขนาดและลดน้ำหนักของกังหัน ซึ่งการทดสอบได้กำหนดขอบเขตการทดสอบภายใต้ช่วงความเร็วลมเฉลี่ย 2.5- 3.5 เมตรต่อวินาทีเพื่อดูคุณสมบัติของกังหันลมพบว่า

การลดขนาดกังหันลมด้วยการตัดท่อนีวีซีจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 122 เซนติเมตรเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 61 เซนติเมตรซึ่งลดลงในอัตราส่วน 2:1 มีผลทำให้ประสิทธิภาพของกังหันลมเพิ่มขึ้นจาก 13.27% เป็น 27.39% เนื่องจากความสามารถในการดูดซับพลังงานของใบกังหันลม แต่ประสิทธิภาพเชิงกลกลับลดลงจาก 39.50% เป็น 10.85% เนื่องจากประสิทธิภาพเชิงกลจะแปรผันตรงกับแรงบิดและความเร็วรอบ

การลดน้ำหนักของกังหันด้วยการเปลี่ยนวัสดุในการทำกังหัน จากที่ใช้ท่อพีวีซีเป็นวัสดุเปลี่ยนมาเป็นการใช้วิธีการหล่อด้วยเรซินเสริมใยแก้วพบว่าประสิทธิภาพของกังหันลมและประสิทธิภาพเชิงกลของกังหันลมเพิ่มขึ้นจากประสิทธิภาพของกังหันลมเดิม 27.39% ก็เพิ่มเป็น 33.33% และประสิทธิภาพเชิงกลจาก 10.85% เพิ่มเป็น 18.77 % เนื่องจากความเร็วรอบของกังหันลมเพิ่มขึ้น เพราะมีน้ำหนักเบากว่าเดิมเมื่อเปรียบเทียบกับกังหันจากท่อ PVC ขนาดเดียวกัน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจากการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กังหันลมขนาดเล็กมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปพัฒนาถึงความสามารถในการสร้างกระแสไฟฟ้าโดยใช้เครื่องปั่นไฟฟ้าที่ต้องการกำลังเชิงกลไม่เกิน 0.95 วัตต์และแรงบิดไม่เกิน 0.02 นิวตันเมตร ใบพัดสามารถถอดประกอบและพกพาได้สะดวกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การนำกังหันลมที่ผลิตได้ไปทดสอบเพื่อหากำลังทางไฟฟ้า ควรใช้กับเครื่องปั่นไฟขนาดเล็กที่ต้องการแรงบิดไม่เกิน 0.02 นิวตันเมตร และกำลังเชิงกลไม่เกิน 0.95 วัตต์
2. เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่แม่นยำควรทดสอบกังหันลมในอุโมงค์

บรรณานุกรม

- [1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ฝ่ายพัฒนาและแผนงาน โรงไฟฟ้า, กองพัฒนาพลังงานทดแทน. พลังงานลม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www2.egat.co.th/re/egat_wind/egat_wind.htm. (วันที่ค้นข้อมูล : 19 สิงหาคม 2553).
- [2] ชมรมกังหันลม โครงการทำดีเพื่อพ่อหลวง. วิธีทำใบกังหันลมจากท่อPVC. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://natee2007.thaiza.com/blog_view.php?blog_id=24533. (วันที่ค้นข้อมูล : 9 สิงหาคม 2553).
- [3] บริษัทพระพายเทคโนโลยี. กังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วลมต่ำของพระพาย เทคโนโลยี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.prapai.co.th/product.php>. (วันที่ค้นข้อมูล : 3 สิงหาคม 2553).
- [4] ผศ.ชาญชัย ลิขิตปายกร, อุไรพรรณ ปรากฏคุณทรัพย์ และชวรัตน์ สันติทวีฤกษ์. 2545. พลังงานลม (Wind Energy). กรุงเทพมหานคร:สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- [5] ASTM Int'l. 2010. **Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics**: SGS North America Inc.
- [6] Ketjoy, Nipon., and Sasitharanuwat, Achitpon. 2004. "Wind Energy Technology" **Naresuan University Journal** 12(2): 57-73



การทดสอบแรงดึงวัสดุ PVC และวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว

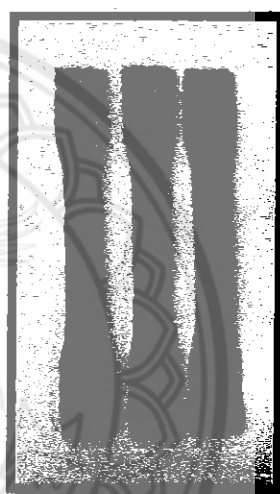
การทดลอง : การทดสอบแรงดึงวัสดุ PVC และวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว

วัตถุประสงค์การทดสอบ

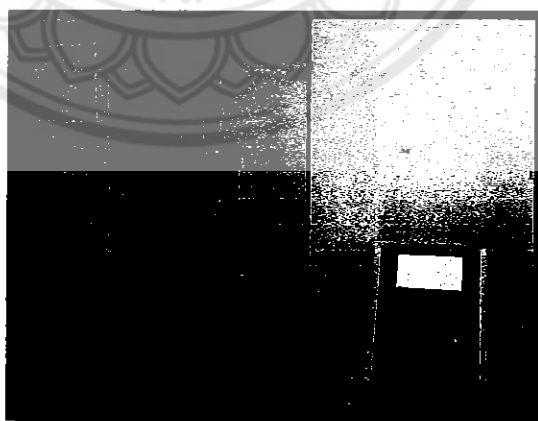
1. เพื่อให้ทราบค่าแรงและระยะการยืดของวัสดุ
 2. นำแรงและระยะที่ได้ไปคำนวณหาความเค้น ความเครียดและ Modulus of elasticity เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการรับ โหลดของแต่ละวัสดุ
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ



ชิ้นทดสอบจากวัสดุ PVC



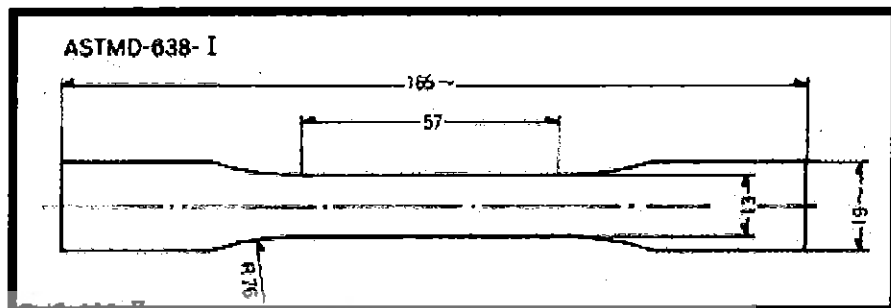
ชิ้นทดสอบจากวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว



เครื่องทดสอบแรงดึงและแรงกด (UTM)

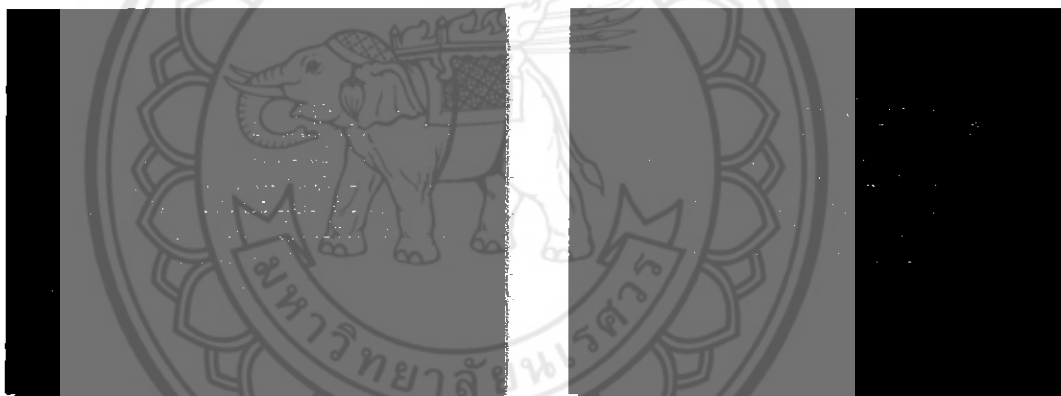
ขั้นตอนการทดสอบแรงดึง

1. ตัดชิ้นงานที่จะทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 TYPE 1 ดังแสดงตามรูปที่ 1 โดยตัดชิ้นงานจากวัสดุ PVC และวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว อย่างละ 3 ชิ้น



รูปที่ 1 ชิ้นตามมาตรฐาน ASTM D638 TYPE 1

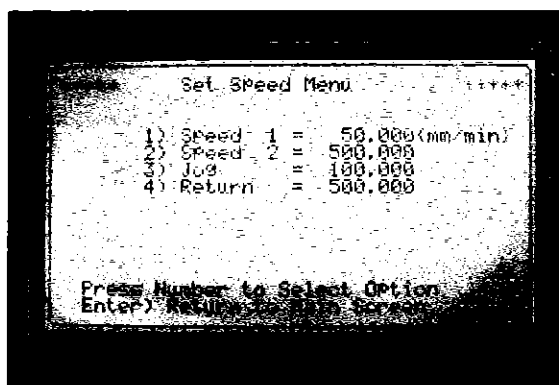
2. เปิดเครื่องทดสอบแรงดึง (UTM) แล้วจะแสดงดังในรูปที่ 2 ตั้งค่าโดยกดปุ่ม Enter เพื่อเข้ารายละเอียดการใช้งานของเมนูทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 หน้าจอตอนเปิดเครื่อง

รูปที่ 3 รายละเอียดเมนูการใช้งาน

3. ตั้งค่าโดยกดปุ่มหมายเลข 1 เพื่อปรับความเร็วที่ต้องการเป็น 50 mm/min ตามแสดงดังรูปที่ 4 จากนั้นกดปุ่ม Enter เพื่อกลับสู่หน้าจอหลัก



รูปที่ 4 แสดงการปรับความเร็วในการดึง

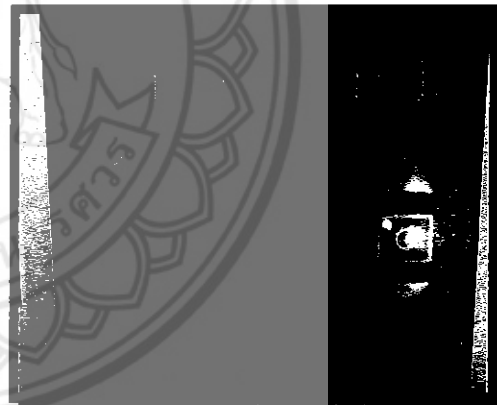
4. กดปุ่มหมายเลข 7 (Results) เพื่อแสดงผลในรูปที่ 5



รูปที่ 5 รายละเอียดการใช้งาน

5. กดปุ่มหมายเลข 3 (Clear All) เพื่อที่จะลบข้อมูลทั้งหมด

6. นำชิ้นงานที่จะใช้ทดสอบมาวางบริเวณที่ทำการทดสอบ แล้วปรับระยะของชิ้นงานให้พอดีกับเครื่องทดสอบ UTM โดยกดปุ่มลูกศรขึ้น – ลงตามแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 ตามลำดับ

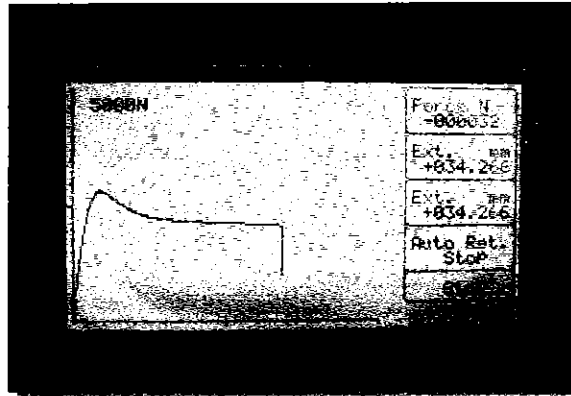


รูปที่ 6 การนำชิ้นงานวางทดสอบ

รูปที่ 7 ปุ่มกดลูกศรขึ้น – ลง

7. ปรับค่าของแรงและระยะที่ดึงขึ้นให้มีค่าเป็นศูนย์ทั้งหมด โดยการกดปุ่ม Test แล้วกดปุ่ม F1 , F2 และ F3 เมื่อค่าต่างๆเป็นศูนย์แล้วกดปุ่มลูกศรขึ้น เพื่อทดสอบแรงดึง

8. จากนั้นเครื่องก็จะทำการดึงชิ้นงานจนชิ้นงานขาดแล้วก็แสดงกราฟ แรงที่ใช้ดึงและระยะการยืดดึงแสดงในรูปที่ 8

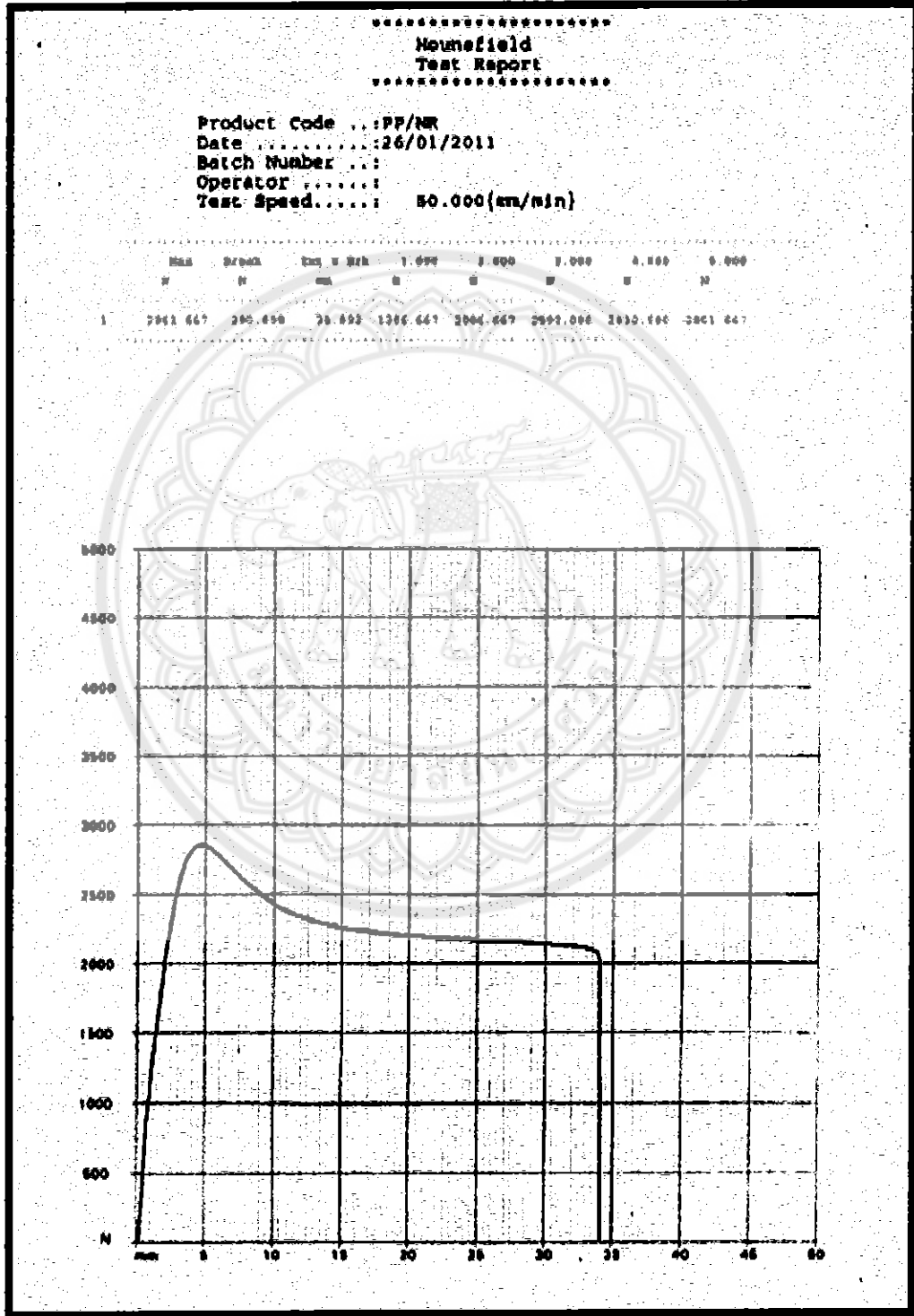


รูปที่ 8 แสดงกราฟที่ได้จากการดึงขึ้นงาน

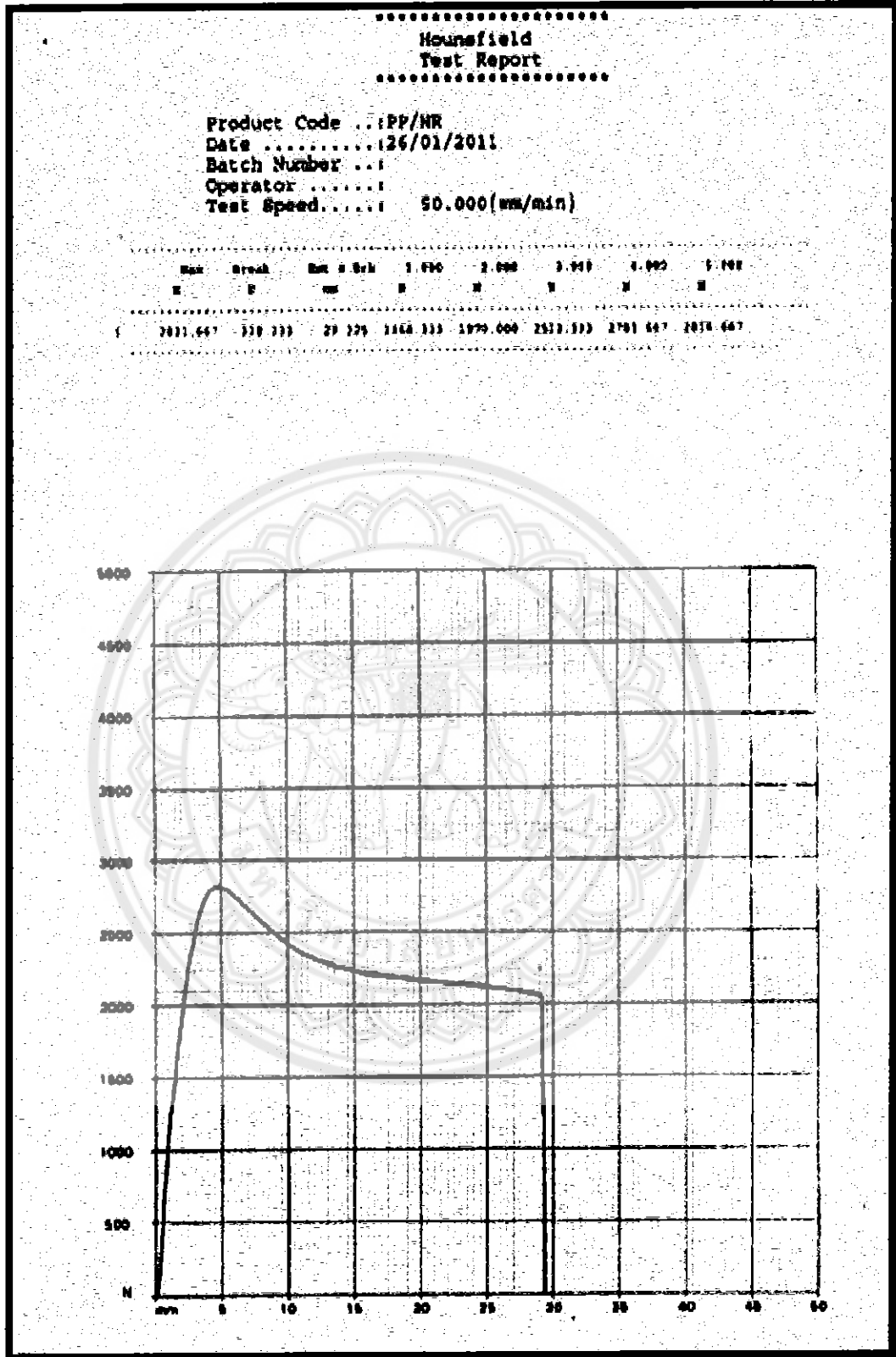
9. กดปุ่ม F4 เพื่อปรับกราฟแรงดึงกับระยะยึดของขึ้นงานแต่ละชั้นเพื่อนำไปคำนวณหาค่าความเค้นและความเครียดของแต่ละชั้น 10
10. กดปุ่ม F5 (Return) เพื่อให้ปากจับขึ้นทดสอบแรงดึงกลับไปยังตำแหน่งเดิมที่ตั้งระยะไว้ในขั้นตอนที่ 6
11. ทดสอบขึ้นงานชิ้นใหม่โดยทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 6 -10 จนครบทั้ง 2 ชนิด

ผลการทดสอบแรงดึง

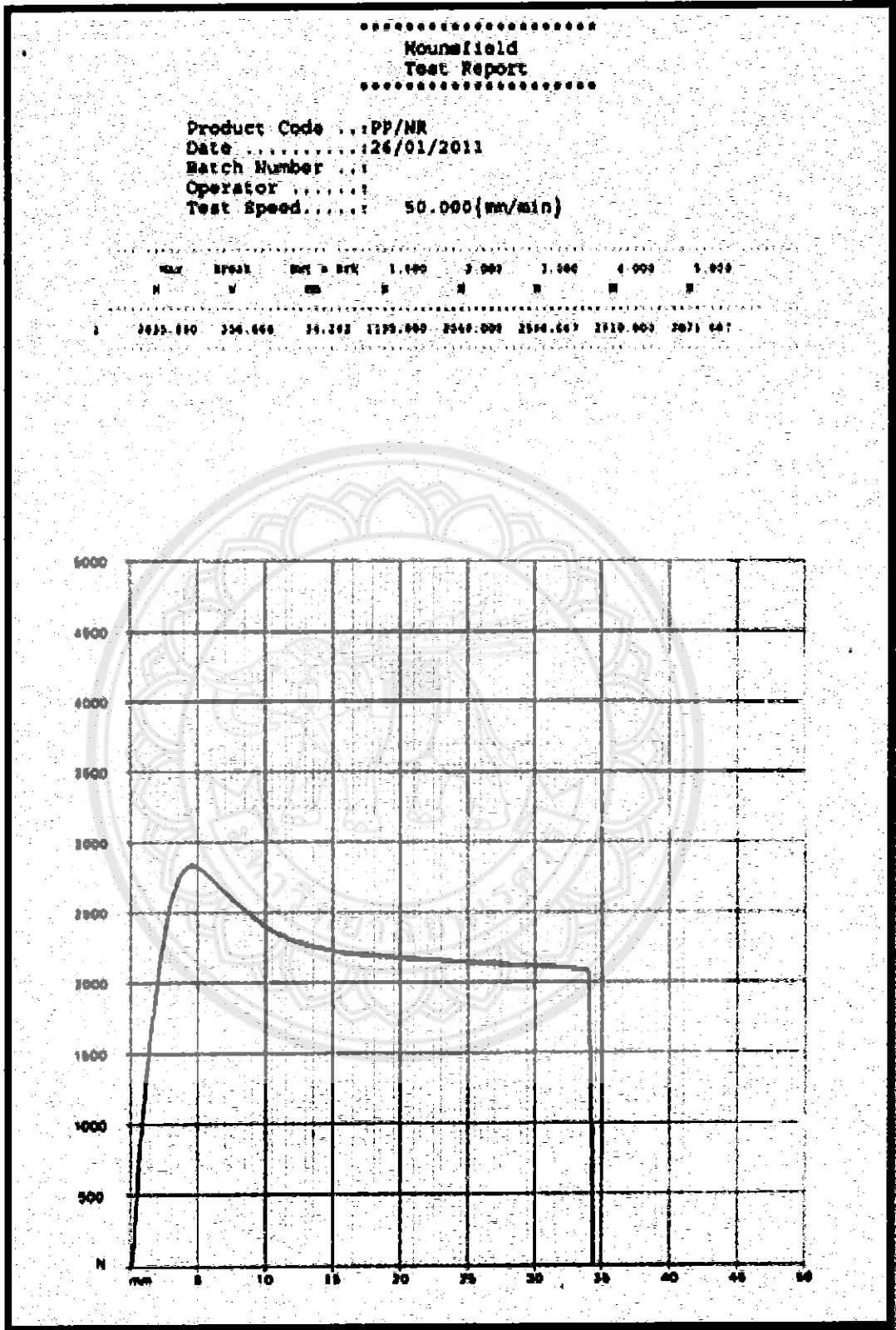
ผลการทดสอบแรงดึงวัสดุ PVC



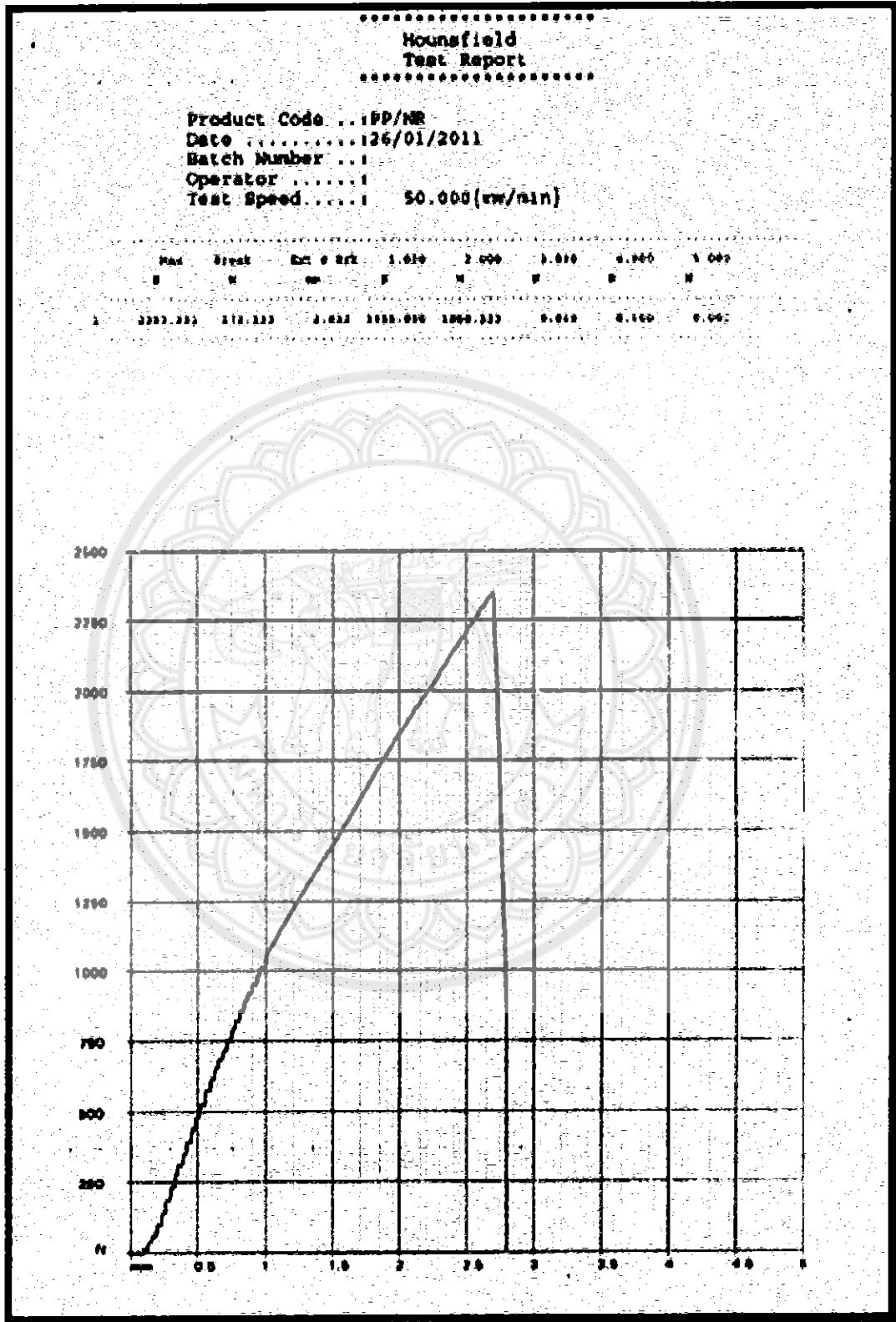
รูปที่ 9 กราฟการทดสอบแรงดึงชิ้นงาน PVC 1



รูปที่ 10 กราฟการทดสอบแรงดึงชิ้นงาน PVC 2



ผลการทดสอบแรงดึงวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว

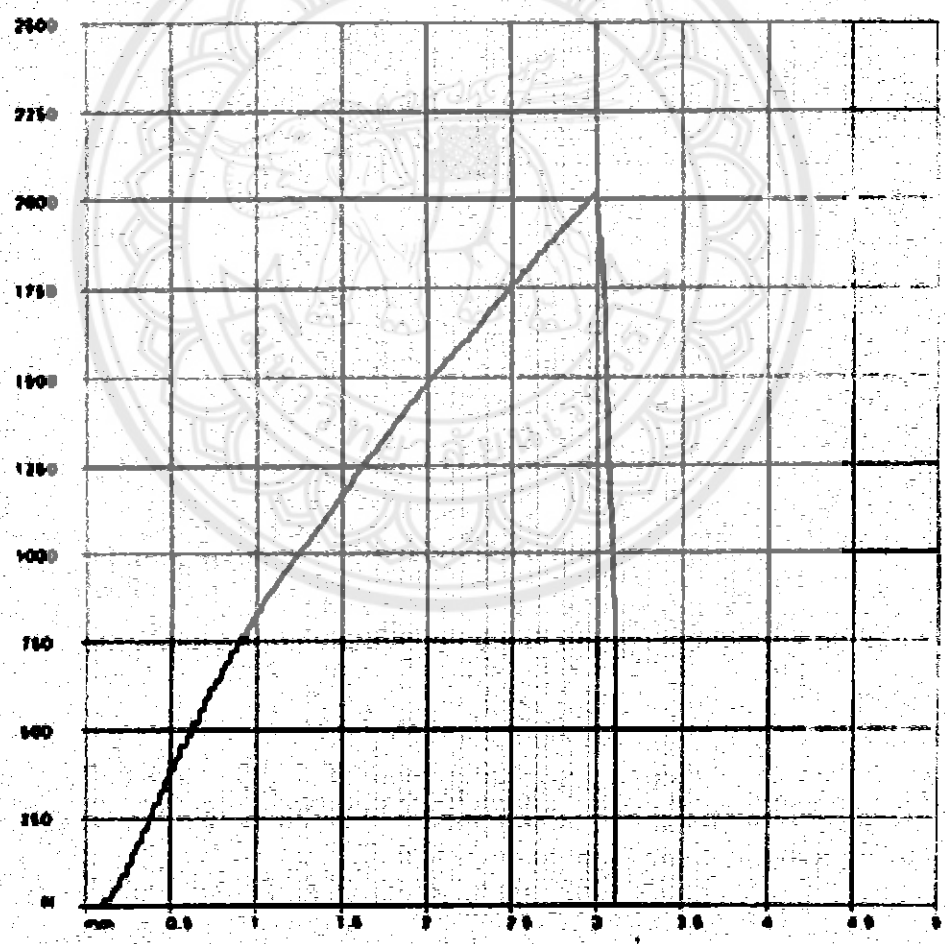


รูปที่ 12 กราฟการทดสอบแรงดึงวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว 1

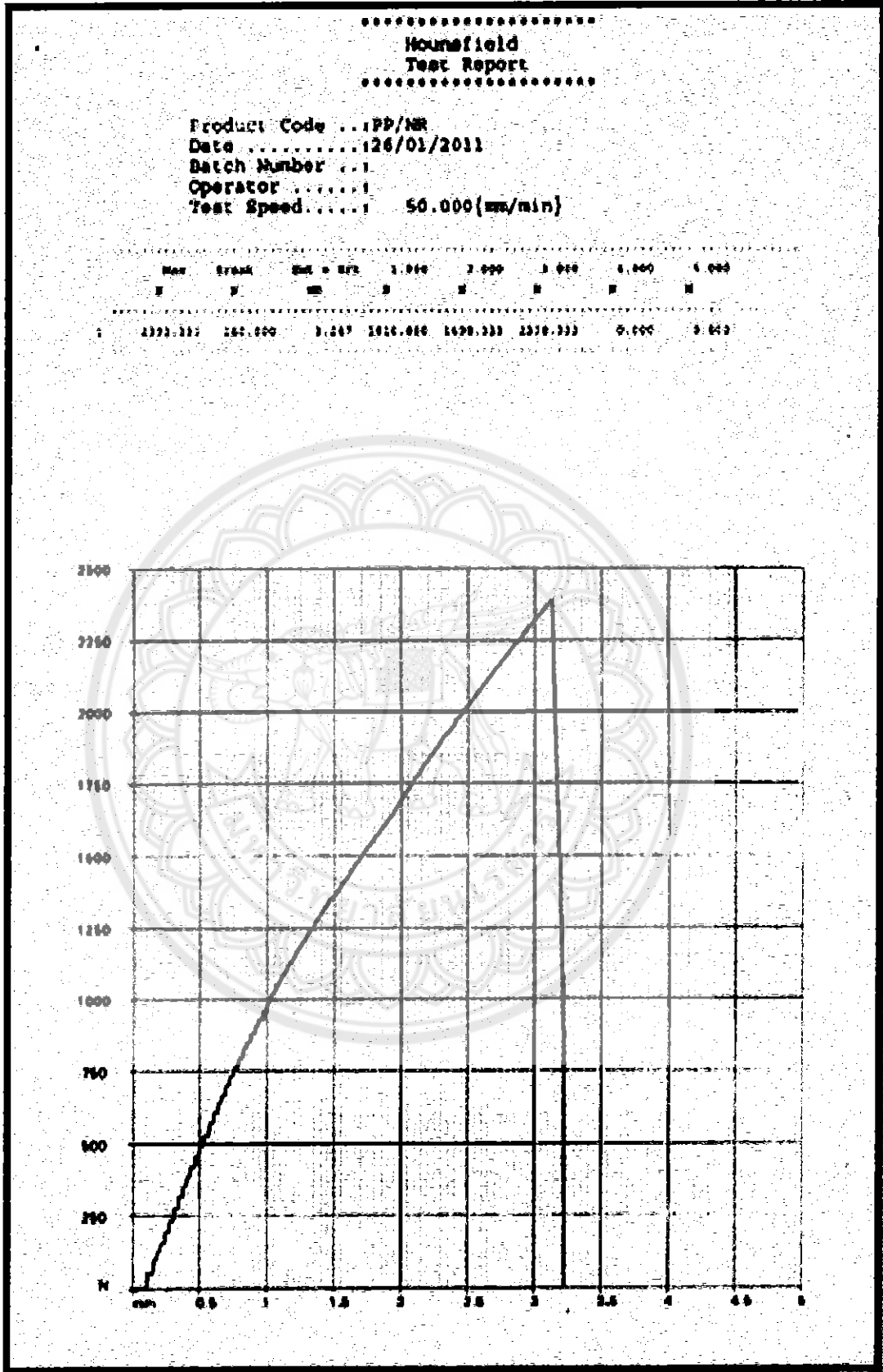
Hounsfield
Test Report

Product Code ...: PP/NR
 Date: 26/01/2011
 Batch Number ...:
 Operator:
 Test Speed.....: 50.000(mm/min)

	Max	Break	Displ. at Brk	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
	N	N	mm	N	N	N	N	N
1	2222.021	222.333	2.234	854.646	1483.000	1771.657	0.000	0.000



รูปที่ 13 กราฟการทดสอบแรงดึงวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว 2



รูปที่ 14 กราฟการทดสอบแรงดึงวัสดุเรซินเสริมใยแก้ว 3

ผลการคำนวณค่าเฉลี่ยความเค้นและความเครียด

สมการความเค้น (Stress) = แรงที่กระทำ (F) / พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงนั้น (A_0)

หน่วยความเค้นอาจเป็น N/mm^2 หรือ MPa

สมการความเครียด (Strain) = ความยาวที่ขี้ออก (Δl) / ความยาวเริ่มต้น (l_0)

ตาราง ค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณ

ความเร็วที่ใช้ทดสอบ (V)	50 mm/min
พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงของพีวีซี (A_0)	0.000065 m^2
พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงของเรซินเสริมใยแก้ว (A_0)	0.0000208 m^2
ความยาวเริ่มต้น (l_0)	57 mm

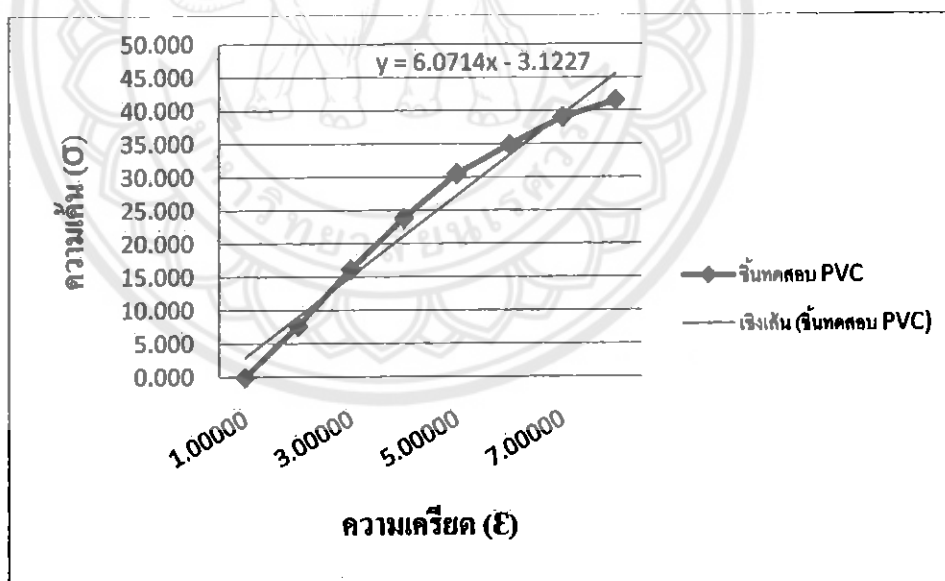
ตารางค่าเฉลี่ยความเค้นและความเครียดของชิ้นทดสอบ PVC

ค่าเฉลี่ยความเค้น (MPa)	ค่าเฉลี่ยความเครียด
0.000	0.00000
7.692	0.00877
16.154	0.01754
23.846	0.02632
30.513	0.03509
34.872	0.04386
38.974	0.05263
41.538	0.06140
42.949	0.07018
43.564	0.07895
43.654	0.08772

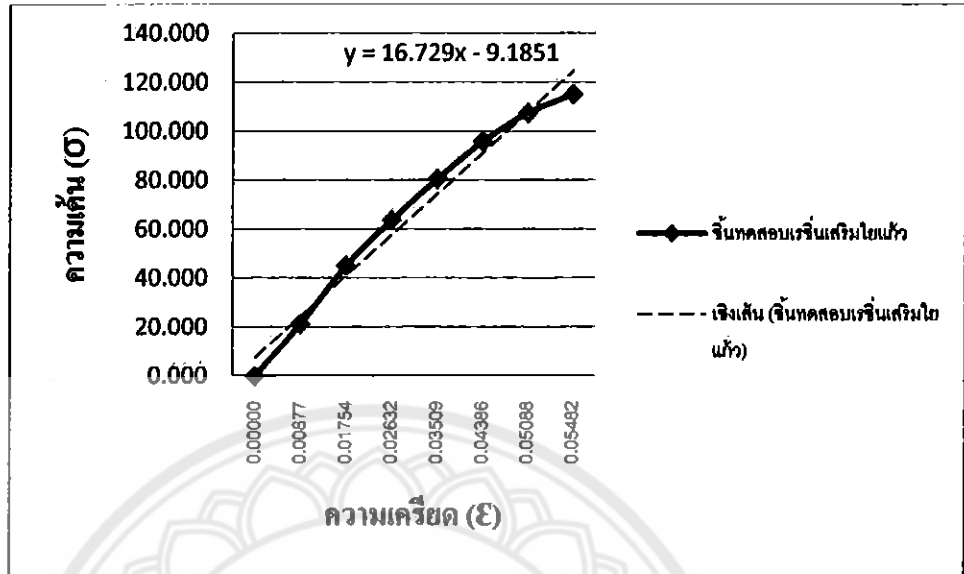
ตารางค่าเฉลี่ยความเค้นและความเครียดของชิ้นทดสอบเรซินเสริมใย

ค่าเฉลี่ยความเค้น (MPa)	ค่าเฉลี่ยความเครียด
0.000	0.00000
21.234	0.00877
45.072	0.01754
63.702	0.02632
80.529	0.03509
95.753	0.04386
107.425	0.05088
115.064	0.05482

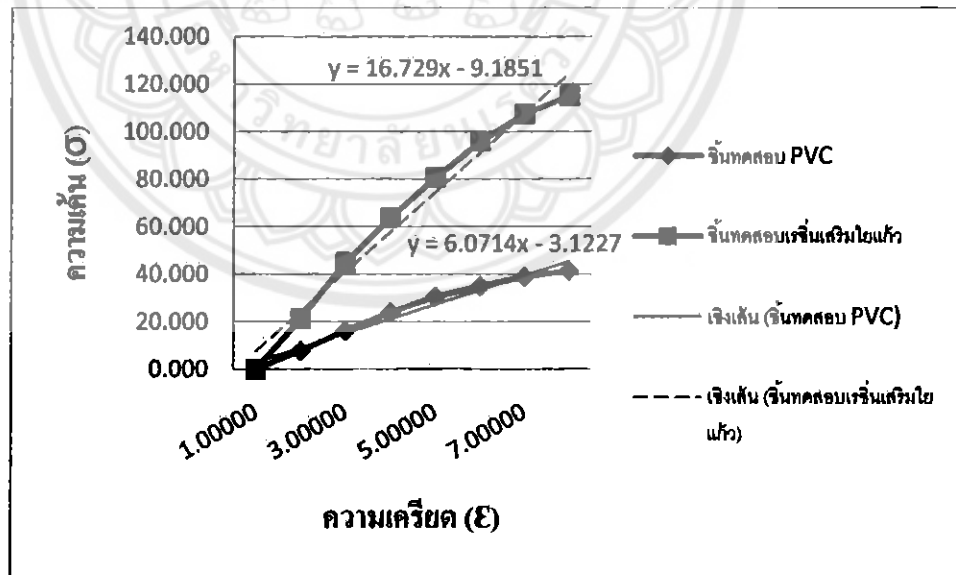
กราฟแสดงค่า Modulus of elasticity (E) ของพีวีซี



กราฟแสดงค่า Modulus of elasticity (E) ของเรซินเสริมใยแก้ว



กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ Modulus of elasticity (E) ของพีวีซีกับเรซินเสริมใยแก้ว



สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบแรงดึงของชิ้นทดสอบพีวีซีและเรซินเสริมใยแก้วอย่างละ 3 ชิ้นด้วยเครื่องทดสอบแรงกดและแรงดึง (UTM) เพื่อหาค่า Modulus of elasticity (E) หรือค่า Young's Modulus ของแต่ละชิ้น จากกราฟแสดงค่า Modulus of elasticity (E) ของพีวีซีและกราฟแสดงค่า Modulus of elasticity (E) ของเรซินเสริมใยแก้วพบว่าค่าเฉลี่ย Modulus of elasticity ของพีวีซีและเรซินเสริมใยแก้วมีค่าเท่ากับ 6.071 MPa และ 16.72 MPa ตามลำดับ จะเห็นว่าค่า Modulus of elasticity (E) ของเรซินเสริมใยแก้วมีค่าสูงกว่าของพีวีซีได้จากกราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ Modulus of elasticity (E) ของพีวีซีกับเรซินเสริมใยแก้ว ซึ่งค่า Modulus of elasticity (E) ของวัสดุแต่ละชนิดจะมีค่าเฉลี่ยคงที่ และเป็นตัวบอกความสามารถคงรูปของวัสดุ นั่นคือ ถ้า Modulus of elasticity (E) มีค่าสูง วัสดุจะเปลี่ยนรูปร่างอย่างยืดหยุ่นได้น้อยซึ่งหมายถึงวัสดุเปราะ แต่ถ้า Modulus of elasticity (E) มีค่าต่ำ วัสดุก็จะเปลี่ยนรูปร่างอย่างยืดหยุ่นได้มากซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นวัสดุเหนียวและจากการทดสอบแรงดึงยังพบว่า ค่าเฉลี่ยความเค้นจุดคราก (Yield Strength) ของพีวีซีและเรซินเสริมใยแก้วมีค่าเท่ากับ 43.641 MPa และ 108.520 MPa ตามลำดับ ซึ่งค่าความเค้นจุดครากนี้จะบ่งบอกถึงความแข็งแรงสูงสุดที่ใส่ประโยชน์ได้โดยไม่เกิดการเสียหายของวัสดุ เพราะเป็นจุดแบ่งระหว่างพฤติกรรมการคืนรูปกับพฤติกรรมการคงรูป จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าเรซินเสริมใยแก้วมีความแข็งแรงมากกว่าพีวีซี



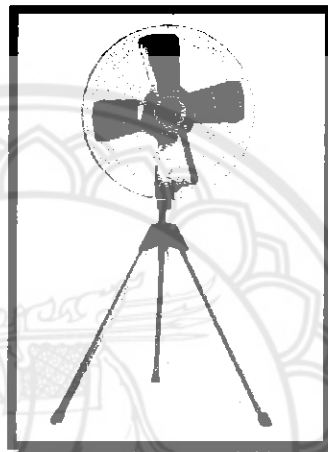
การทดลองเพื่อหาความเร็วลมเฉลี่ยที่ 2.5 – 3.5 m/s

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อหาระยะเวลาความเร็วลมในช่วง 2.5 – 3.5 m/s
2. ทดสอบกังหันลมที่ระยะและความเร็วลมที่อยู่ในช่วง 2.5 – 3.5 m/s

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. พัดลมอุตสาหกรรมขนาด 22 นิ้ว



รูปที่ 1 พัดลมอุตสาหกรรม

2. เครื่องวัดความเร็วลม 1 เครื่อง



รูปที่ 2 เครื่องวัดความเร็วลม

3. ชุดติดตั้งใบพัด

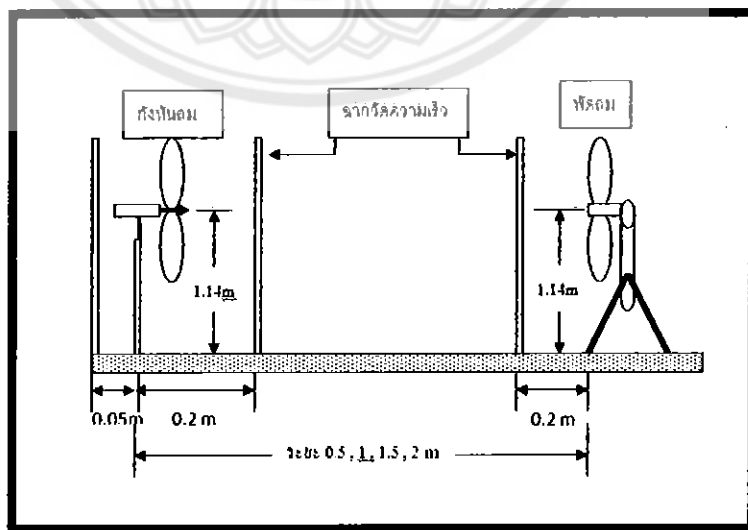
ชุดติดตั้งใบพัดจะมีอยู่ด้วยกันอยู่ 3 ชั้นเพื่อไว้ใช้จับกั้นลมแต่ละแบบ โดยชุดติดตั้งใบพัดสำหรับกั้นจากท่อพีวีซีซึ่งจะทำมาจากแผ่นเหล็กกล้าความหนาประมาณ 3 mm ส่วนชุดติดตั้งใบพัดของกั้นเรซินเสริมใยแก้วจะทำมาจากแผ่นอลูมิเนียมหนาประมาณ 3 mm ดังแสดงในรูปที่ 3



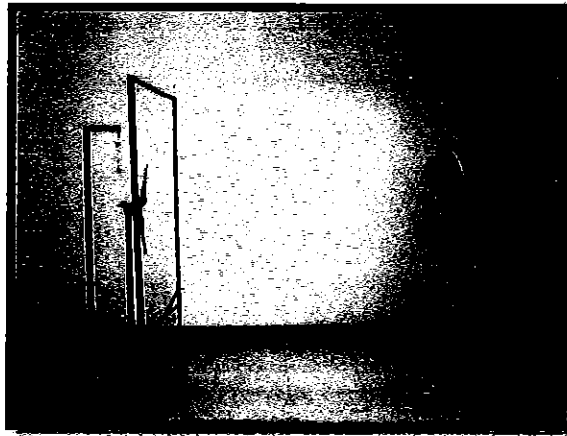
รูปที่ 3 แสดงชุดติดตั้งกั้นลมแต่ละแบบ

ขั้นตอนการทดลอง

1. การหาระยะความเร็วลมในช่วง 2.5 – 3.5 m/s ได้กำหนดระยะการตั้งกั้นลมและพัด ลมที่ระยะ 0.5 m, 1 m, 1.5 m, 2 m โดยปรับความแรงของพัดลมที่เบอร์ 1,2,3 ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5

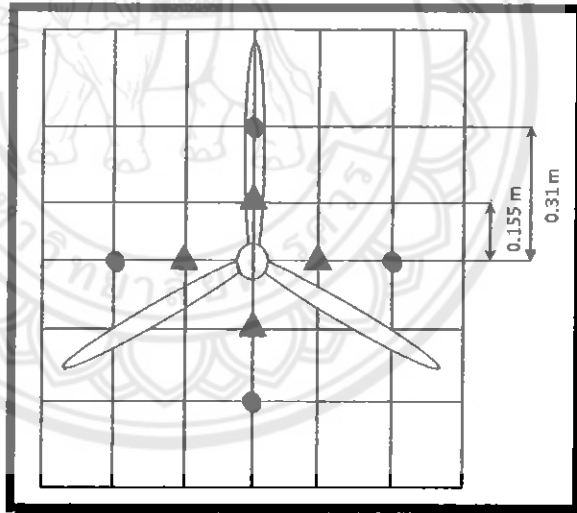


รูปที่ 4 การตั้งระยะการทดลองหาความเร็วลม



รูปที่ 5 การตั้งกังหันลมและพัดลม

2. วัดความเร็วลมบริเวณหน้าพัดลมและหน้ากังหันลม ซึ่งได้มีการกำหนดตำแหน่งที่ใช้ในการวัดอยู่ 4 จุดเพื่อควบคุมแนวการวัดให้แต่ละครั้งได้คงที่ ซึ่งสัญลักษณ์รูปวงกลมจะแสดงการวัดของกังหันลมขนาดใหญ่ ส่วนสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยมแสดงการวัดของกังหันลมขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการวัด

ผลการทดสอบเพื่อหาระยะห่างระหว่างกั้นหันลมกับพัดลมในช่วงความเร็วลม
เฉลี่ย 2.5 – 3.5 m/s

ตาราง แสดงความเร็วลมที่ได้จากการวัดที่ระยะต่างๆ

กั้นหันขนาดใหญ่ PVC

ที่ระยะ 0.5 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากั้นหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	5.4	6.2	6.5	5.7	5.95	3.9	1.9	0.9	3.9	2.65
2	6.1	7.4	7	7.4	6.98	4.1	2.4	1.2	3.8	2.88
3	7.9	8.5	7.3	7.4	7.78	4.7	1.8	1.4	4.1	3.00

ที่ระยะ 1 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากั้นหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	5.6	6.3	5	5.6	5.63	3.1	2.1	1.5	3	2.43
2	6.1	7.6	6.2	6.8	6.68	3.9	2.8	1.7	3.4	2.95
3	7.1	7.8	6.9	7.2	7.25	4	2.2	1.2	3.6	2.75

ที่ระยะ 1.5 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากั้นหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	4.9	6.3	6.4	6.2	5.95	2.4	1.6	0.8	2.5	1.83
2	6.2	7.6	6.4	7.1	6.83	3.1	1.6	1.6	3.6	2.48
3	6.6	8.3	7.7	7.4	7.50	3.3	1.6	1.6	3.9	2.60

ที่ระยะ 2 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากึ่งหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	5.1	6.3	5.1	5.7	5.55	1.8	1	0.6	2.2	1.40
2	6.1	7.6	6.5	7.6	6.95	2.5	1.3	1.6	2.4	1.95
3	6.7	8.4	6.8	7.8	7.43	2.7	1.5	1.6	2.7	2.13

กึ่งหันขนาดเด็ก PVC

ที่ระยะ 0.5 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากึ่งหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	5.1	6.6	5.7	5.1	5.63	4.6	5.4	5	4.1	4.78
2	6.5	7.2	6.9	6.4	6.75	5.6	5.3	4.8	5	5.18
3	7.1	8.4	7.2	7	7.43	6.7	5.9	6.4	6.2	6.30

ที่ระยะ 1 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากึ่งหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	5.5	6.7	7	5.9	6.28	3.4	3.9	4.1	2.4	3.45
2	5.9	8.1	7.5	6.6	7.03	4.2	4.7	4.6	3	4.13
3	7.2	8.4	8	7.3	7.73	4.9	4.7	4.8	3.1	4.38

ที่ระยะ 1.5 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากึ่งหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	4.7	6.4	6.6	6	5.93	2.9	2.7	2.4	2.3	2.58
2	6.3	7.9	6.6	6	6.70	3.1	3.4	3.3	3	3.20
3	7.1	8.3	8	7.5	7.73	3.5	3.3	3.7	4	3.63

ที่ระยะ 2 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากังหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	5.1	5.9	6.3	5.8	5.78	2.1	2	1.6	1.7	1.85
2	6.2	7.4	7	7.2	6.95	2.8	2.3	2.2	2.4	2.43
3	6.8	7.5	7.6	7.8	7.43	2.2	2.4	2.5	2.8	2.48

กังหันลมเรซินเตรียมโยแก้ว

ที่ระยะ 0.5 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากังหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	4.5	6.1	5.3	6	5.48	3.2	5	5.3	4.7	4.55
2	5.3	7.2	7.5	6.3	6.58	3.9	5.5	5.8	5.1	5.08
3	6.1	7.6	7.9	7.5	7.28	3.5	6.2	6.6	5.6	5.48

ที่ระยะ 1 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากังหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	4.3	5.6	5.8	5.9	5.40	3.5	4	3.1	3.3	3.48
2	5	7.4	7	6.9	6.58	4.1	4.8	3.9	3.4	4.05
3	5.8	7.8	8.3	8	7.48	4.4	4.8	4.6	4.2	4.50

ที่ระยะ 1.5 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากังหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	3.8	5.9	6.1	6.3	5.53	2.2	3	2.5	2.4	2.53
2	5.4	6.8	7.6	7.4	6.80	3	3.4	3.5	3.2	3.28
3	5.9	7.8	7.8	7.3	7.20	3.4	3.6	3.5	3.6	3.53

ที่ระยะ 2 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)									
	หน้าพัดลมจุดที่					หน้ากังหันลมจุดที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	3	4	เฉลี่ย
1	4.7	6.1	5.2	6	5.50	1.9	2	1.6	1.8	1.83
2	5.1	6.9	6.2	7.4	6.40	2.3	2.9	2.8	2.7	2.68
3	5.9	7.5	7.5	8	7.23	2.2	3.2	2.9	2.3	2.65

ตาราง สรุปผลความเร็วลมที่ได้จากการทดสอบของกังหันลม

ที่ระยะ 0.5 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)							
	หน้าพัดลมของกังหันแต่ละแบบ				หน้ากังหันแต่ละแบบ			
	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย
1	5.95	5.63	5.48	5.69	2.65	4.78	4.55	3.99
2	6.98	6.75	6.58	6.77	2.88	5.18	5.08	4.38
3	7.78	7.43	7.28	7.50	3.00	6.30	5.48	4.93

ที่ระยะ 1 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)							
	หน้าพัดลมของกังหันแต่ละแบบ				หน้ากังหันแต่ละแบบ			
	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย
1	5.63	6.28	5.40	5.77	2.43	3.45	3.48	3.12
2	6.68	7.03	6.58	6.76	2.95	4.13	4.05	3.71
3	7.25	7.73	7.48	7.49	2.75	4.38	4.50	3.88

ที่ระยะ 1.5 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)							
	หน้าพัดลมของกังหันแต่ละแบบ				หน้ากังหันแต่ละแบบ			
	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย
1	5.95	5.93	5.53	5.80	1.83	2.58	2.53	2.31
2	6.83	6.70	6.80	6.78	2.48	3.20	3.28	2.99
3	7.50	7.73	7.20	7.48	2.60	3.63	3.53	3.25

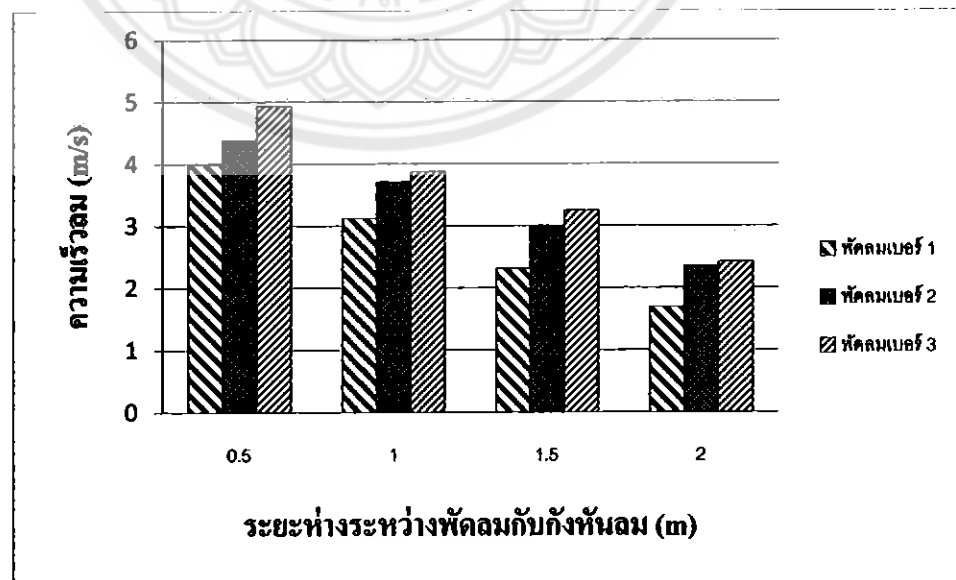
ที่ระยะ 2 m

พัดลมเบอร์	ความเร็วลม (m/s)							
	หน้าพัดลมของกังหันแต่ละแบบ				หน้ากังหันแต่ละแบบ			
	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย	B (PVC)	S (PVC)	S (เรซิน)	เฉลี่ย
1	5.55	5.78	5.50	5.61	1.40	1.85	1.83	1.69
2	6.95	6.95	6.40	6.77	1.95	2.43	2.68	2.35
3	7.43	7.43	7.23	7.36	2.13	2.48	2.65	2.42

หมายเหตุ

B=กังหันลมขนาดใหญ่

S=กังหันลมขนาดเล็ก



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและระยะห่างระหว่างพัดลมกับกังหันลม

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

จากการทดลองหาความเร็วลมเฉลี่ยที่ 2.5 – 3.5 m/s สรุปผลความเร็วลมที่ได้จากการทดสอบกั้นลมขนาดใหญ่ PVC กั้นลมขนาดเล็ก PVC และกั้นลมขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้ว โดยทำการทดสอบที่ระยะ 0.5 , 1 , 1.5 และ 2 m ตามลำดับ พบว่าความเร็วลมที่ต้องการในช่วง 2.5 – 3.5 (m/s) จะอยู่ที่ระยะ 1 m พัดลมเบอร์ 1 และที่ระยะ 1.5 m พัดลมเบอร์ 2 และเบอร์ 3 ตามลำดับ จากผลการทดสอบดังกล่าวผู้วิจัยได้เลือกระยะที่จะใช้ทดสอบกั้นลมทั้ง 3 แบบคือ ระยะที่กั้นลมห่างจากพัดลม 1.5 m ใช้พัดลมเบอร์ 2 เพราะเป็นช่วงที่ให้ความเร็วเฉลี่ยสม่ำเสมอและความเร็วลมเฉลี่ยยังอยู่ในช่วง 2.5-3.5 m/s ซึ่งเป็นช่วงที่ต้องการอีกด้วย





1. การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของกังหันลม (η_T) ของกังหันลมทั้ง 3 แบบ

จากค่าประสิทธิภาพของกังหันลม (η_T) เท่ากับอัตราส่วนของกำลังลมที่กังหันลมสามารถดึงออกมาได้ (P_w) กับกำลังลมที่กังหันลมได้รับ (P_a)

$$\eta_T = \frac{P_w}{P_a}$$

จาก $P_a = \frac{1}{2} \rho A V_1^3$

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A (V_1 - V_2)^3$$

เมื่อ ความหนาแน่นของอากาศ $\rho = 1.23 \text{ kg/m}^3$

ตารางความเร็วลมที่วัดได้จากหน้ากังหันและหลังกังหัน

ชนิดกังหันลม	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)	
	หน้ากังหัน	หลังกังหัน
PVC ใหญ่	2.89	1.42
PVC เล็ก	3.07	1.08
เรซิน เล็ก	3.04	0.93

1.1 กังหันลมขนาดใหญ่ PVC

พื้นที่รับลมของกังหัน

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (1.22)^2}{4} = 1.17 \text{ m}^2$$

เมื่อ $P_a = \frac{1}{2} (1.23) (1.17) (2.89)^3$

$$= 17.37 \text{ W}$$

$$P_w = \frac{1}{2} (1.23) (1.17) (2.89 - 1.42)^3$$

$$= 2.31 \text{ W}$$

ดังนั้นจะได้

$$\eta_T = \frac{P_w}{P_a} = \frac{2.31}{17.37} = 0.1327 = 13.27\%$$

1.2 กังหันลมขนาดเล็ก PVC

พื้นที่รับลมของกังหัน

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.61)^2}{4} = 0.29 \text{ m}^2$$

เมื่อ

$$P_a = \frac{1}{2}(1.23)(0.29)(3.07)^3$$

$$= 5.18 \text{ W}$$

$$P_w = \frac{1}{2}(1.23)(0.29)(3.07 - 1.08)^3$$

$$= 1.42 \text{ W}$$

ดังนั้นจะได้

$$\eta_T = \frac{P_w}{P_a} = \frac{1.42}{5.18} = 0.2739 = 27.39\%$$

1.3 กังหันลมขนาดเล็กเรซิน

พื้นที่รับลมของกังหัน

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.61)^2}{4} = 0.29 \text{ m}^2$$

เมื่อ

$$P_a = \frac{1}{2}(1.23)(0.29)(3.04)^3$$

$$= 5.06 \text{ W}$$

$$P_w = \frac{1}{2}(1.23)(0.29)(3.04 - 0.93)^3$$

$$= 1.69 \text{ W}$$

ดังนั้นจะได้

$$\eta_T = \frac{P_w}{P_a} = \frac{1.69}{5.06} = 0.3333 = 33.33\%$$

2. การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงกลของกังหันลมทั้ง 3 แบบ

จากค่าประสิทธิภาพเชิงกลของกังหันลม (η_M) เท่ากับอัตราส่วนของกำลังที่กังหันลมผลิตได้ (P_{out}) กับกำลังลมที่กังหันลมได้รับ (P_a)

$$\eta_M = \frac{P_{out}}{P_a}$$

จาก $P_a = \frac{1}{2} \rho A V_1^3$

$$P_{out} = T \cdot \omega$$

เมื่อ $T = F \cdot r$; แกนเพลลาของกังหันลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

และ ความหนาแน่นของอากาศ $\rho = 1.23 \text{ kg/m}^3$

ตารางความเร็วลมเฉลี่ยหน้ากังหันลม ความเร็วรอบและแรงที่กังหันทำได้

ชนิดกังหันลม	ความเร็วลมเฉลี่ยหน้ากังหันลม (m/s)	ความเร็วรอบเฉลี่ย (rpm)	แรง (N)
PVC ใหญ่	2.89	204.89	80.00
PVC เล็ก	3.07	358.60	3.70
เรซิน เล็ก	3.04	756.02	2.93

2.1 กังหันลมขนาดใหญ่ PVC

พื้นที่รับลมของกังหัน

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (1.22)^2}{4} = 1.17 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } P_a &= \frac{1}{2} (1.23) (1.17) (2.89)^3 \\ &= 17.37 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\text{และ } T = 80(0.004) = 0.32 \text{ N.m}$$

$$\omega = \frac{2\pi(204.87)}{60} = 21.45 \text{ rad/s}$$

จะได้ว่า $P_{\text{out}} = (0.32)(21.45)$
 $= 6.86 \text{ W}$

ดังนั้นจะได้

$$\eta_M = \frac{6.86}{17.37} = 0.3950 = 39.50 \%$$

2.2 กังหันลมขนาดเล็ก PVC

พื้นที่รับลมของกังหัน

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.61)^2}{4} = 0.29 \text{ m}^2$$

เมื่อ $P_a = \frac{1}{2}(1.23)(0.29)(3.07)^3$
 $= 5.18 \text{ W}$

และ $T = 3.7(0.004) = 0.015 \text{ N.m}$

$$\omega = \frac{2\pi(358.6)}{60} = 37.53 \text{ rad/s}$$

จะได้ว่า $P_{\text{out}} = (0.015)(37.53)$
 $= 0.56 \text{ W}$

ดังนั้นจะได้

$$\eta_M = \frac{0.56}{5.18} = 0.1085 = 10.85 \%$$

2.3 กังหันลมขนาดเด็กเรซิน

พื้นที่รับลมของกังหัน

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.61)^2}{4} = 0.29 \text{ m}^2$$

เมื่อ $P_a = \frac{1}{2}(1.23)(0.29)(3.04)^3$
 $= 5.06 \text{ W}$

และ $T = 2.93(0.004) = 0.012 \text{ N.m}$

$$\omega = \frac{2\pi(756.02)}{60} = 79.13 \text{ rad/s}$$

จะได้ว่า $P_{\text{out}} = (0.012)(79.13)$
 $= 0.95 \text{ W}$

ดังนั้นจะได้

$$\eta_M = \frac{0.95}{5.06} = 0.1877 = 18.77 \%$$

3. การคำนวณเปรียบเทียบกำลังที่กังหันลมสามารถผลิตได้กับขนาด น้ำหนักและราคาของกังหันลมทั้ง 3 แบบ

จาก กำลังที่ได้ต่อขนาดของกังหันลม = P_{out}/D
 กำลังที่ได้ต่อน้ำหนักของกังหันลม = $P_{\text{out}}/\text{Weight}$
 กำลังที่ได้ต่อราคาของกังหันลม = $P_{\text{out}}/\text{บาท}$

เมื่อ

ชนิดกังหันลม	D (m)	น้ำหนัก (kg)	ราคา (บาท)	Pout (W)
PVC ใหญ่	1.22	1.40	400	6.86
PVC เล็ก	0.61	0.40	160	0.56
เรซิน เล็ก	0.61	0.128	85	0.95

3.1 กังหันลมขนาดใหญ่ PVC

$$\text{กำลังที่ได้ต่อขนาดของกังหันลม} = 6.86/1.22 = 5.62 \text{ W/m}$$

$$\text{กำลังที่ได้ต่อน้ำหนักของกังหันลม} = 6.86/1.4 = 4.90 \text{ W/kg}$$

$$\text{กำลังที่ได้ต่อราคาของกังหันลม} = 6.86/400 = 0.017 \text{ W/บาท}$$

3.2 กังหันลมขนาดเล็ก PVC

$$\text{กำลังที่ได้ต่อขนาดของกังหันลม} = 0.56/0.61 = 0.92 \text{ W/m}$$

$$\text{กำลังที่ได้ต่อน้ำหนักของกังหันลม} = 0.56/0.4 = 1.41 \text{ W/kg}$$

$$\text{กำลังที่ได้ต่อราคาของกังหันลม} = 0.56/160 = 0.003 \text{ W/บาท}$$

3.3 กังหันลมขนาดเล็กเรซิน

$$\text{กำลังที่ได้ต่อขนาดของกังหันลม} = 0.95/0.61 = 1.56 \text{ W/m}$$

$$\text{กำลังที่ได้ต่อน้ำหนักของกังหันลม} = 0.95/0.128 = 7.41 \text{ W/kg}$$

$$\text{กำลังที่ได้ต่อราคาของกังหันลม} = 0.95/85 = 0.011 \text{ W/บาท}$$

ตารางเปรียบเทียบกำลังที่กังหันลมสามารถผลิตได้กับขนาด น้ำหนักและราคาของกังหันลมทั้ง 3 แบบ

ค่าที่ได้จากการคำนวณ	ชนิดของกังหันลม		
	PVC ใหญ่	PVC เล็ก	เรซินเล็ก
P_{out}/D (W/m)	5.62	0.92	1.56
P_{out}/Weight (W/kg)	4.90	1.40	7.41
$P_{out}/\text{บาท}$ (W/บาท)	0.017	0.003	0.011

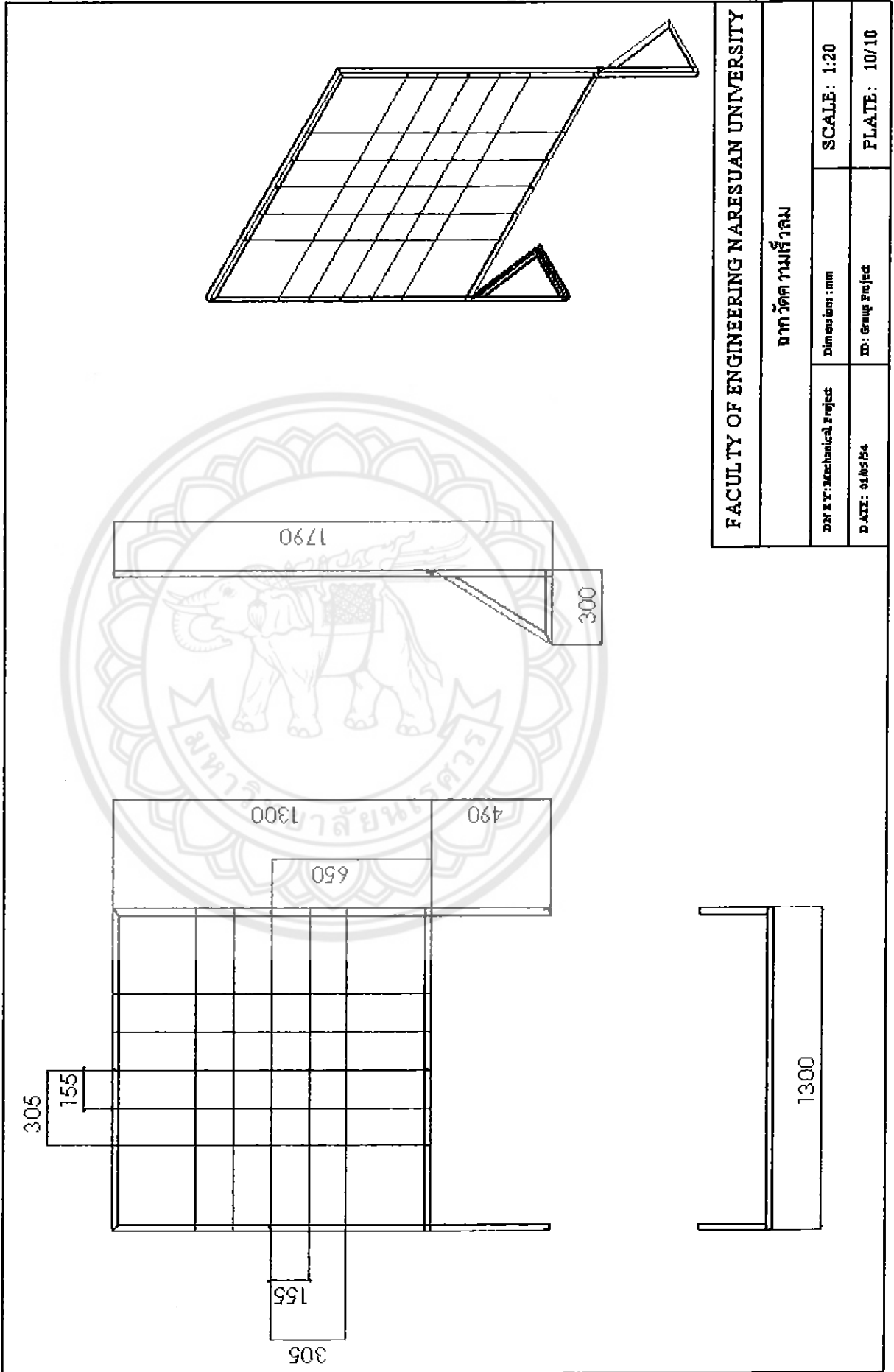
สรุปผลการเปรียบเทียบ

จากการที่ลดขนาดของกังหันลมให้มีขนาดเล็กลงเมื่อเปรียบเทียบในส่วนของกำลังที่ได้ต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนักของกังหันลมและราคา พบว่ากังหันขนาดใหญ่จะให้ค่าที่สูงกว่ากังหันลมขนาดเล็กซึ่งดูได้จากกังหันลมขนาดใหญ่ PVC ให้ค่าถึง 5.62 W/m 4.90 W/kg และ 0.017 W/บาท ตามลำดับ ส่วนกังหันลมขนาดเล็ก PVC ให้เพียง 0.92 W/m 1.41 W/kg และ 0.003 W/บาท การลดน้ำหนักของกังหันลมเมื่อเปรียบเทียบในส่วนของส่วนของกำลังที่ได้ต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนักของกังหันลมและราคา พบว่ากังหันลมที่มีน้ำหนักเบาจะให้ค่าที่สูงกว่ากังหันลมที่มีน้ำหนักมากซึ่งดูได้จากกังหันลมขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้วให้ค่าถึง 1.56 W/m 7.41 W/kg และ 0.011 W/บาท แต่กังหันลมขนาดเล็ก PVC ให้เพียง 0.92 W/m 1.41 W/kg และ 0.003 W/บาท การที่ลดทั้ง

ขนาดและน้ำหนักของกังหันลมเมื่อดูในส่วนของกำลังที่ได้ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางและราคา พบว่ากังหันขนาดใหญ่ PVC จะให้ค่าที่สูงกว่ากังหันขนาดเล็ก PVC กังหันลมขนาดใหญ่ PVC ให้ค่าถึง 5.62 W/m และ 0.017 W/บาท ตามลำดับ ส่วนกังหันลมขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้วให้ค่าเพียง 1.56 W/m และ 0.011 W/บาท ตามลำดับ แต่เมื่อดูในส่วนของกำลังที่ได้ต่อน้ำหนักของกังหันลมพบว่ากังหันขนาดเล็ก PVC จะให้ค่าที่สูงกว่ากังหันลมขนาดใหญ่ ดูได้จากได้จากกังหันลมขนาดเล็กเรซินเสริมใยแก้วให้ค่าถึง 7.41 W/kg แต่กังหันลมขนาดใหญ่ PVC ให้ค่าเพียง 4.90 W/kg







FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

ภาควิชา ทัศนศึกษา

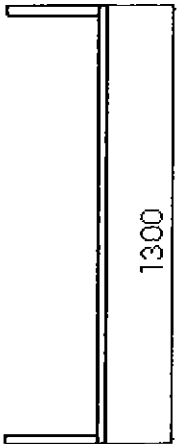
SCALE: 1:20

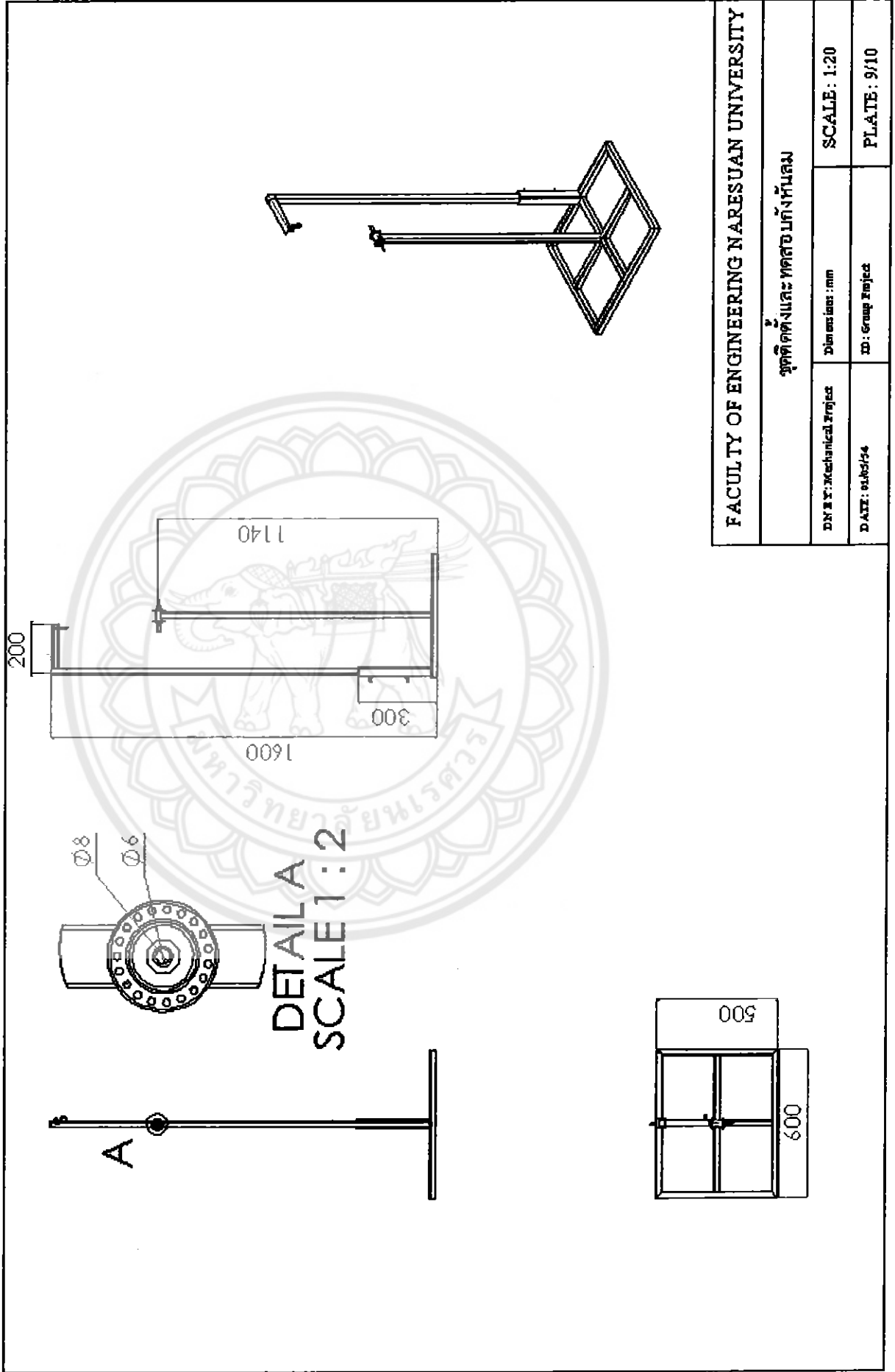
Dimensions: mm

DATE: 01/07/54

PLATE: 10/10

ID: Group Project





FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

รูปตัดตั้งและ ทดสอบ กังหันลม

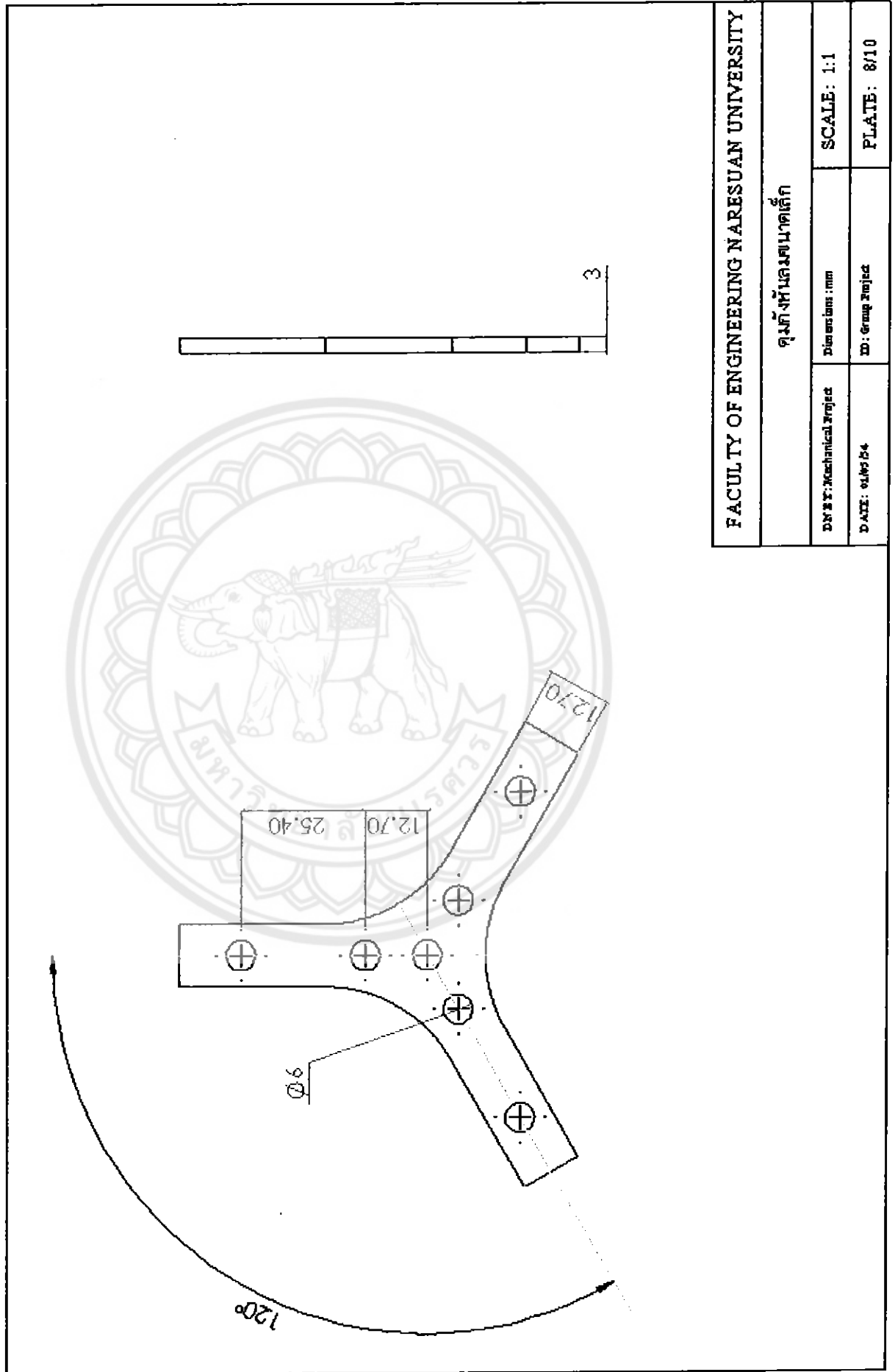
DATE: 01/05/54

ID: Group Project

Dimensions : mm

SCALE : 1:20

PLATE : 9/10



FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

กลุ่มช่างกลโรงงาน

ชื่อวิชา: Mechanical Project

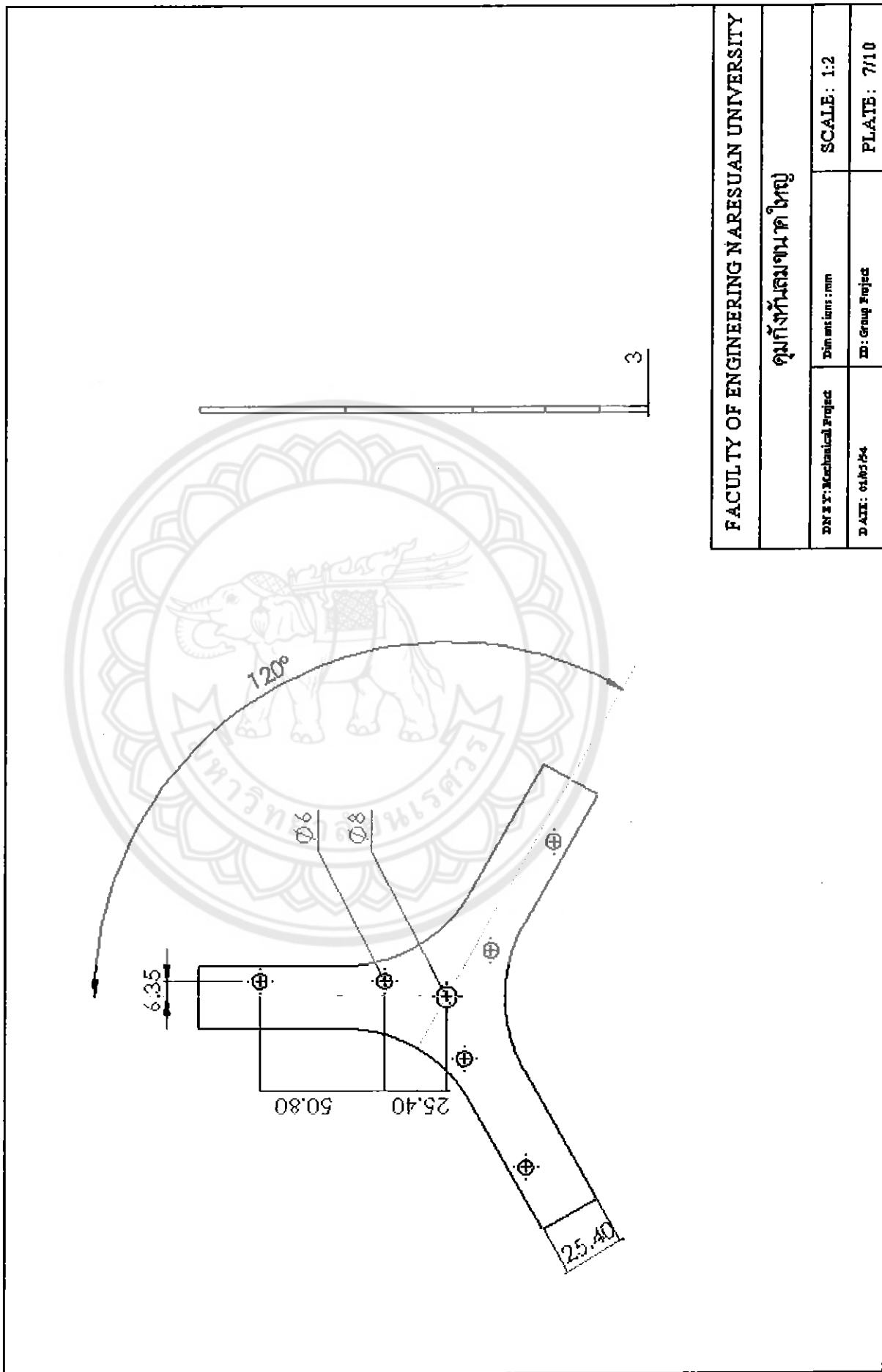
Dimensions : mm

SCALE: 1:1

DATE: ๑๓/๑๑/๕๔

ID: Group Project

PLATE: 8/10



FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

คู่มือช่างกลโรงงาน

Course: Mechanical Project	Dimensions: mm	Scale: 1:2
Date: 01/05/24	ID: Group Project	Plate: 7/10

X	Y
0	44.450
66.720	68.120
76.250	71.5
133.437	64.737
152.500	57.975
305.00	22.225



FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

งานออกแบบคัตกั๊งหั่นลมตบขนาดเล็กPVC และกั๊งหั่นลมเรซินเสริมใยแก้ว

DISCIPLINE: Mechanical Project Dimensions : mm

SCALE : 1:2

DATE: 01/05/64

ID: Group Project

PLATE: 6/10

X	Y
0	88.900
133.440	136.240
152.500	143.000
266.875	129.475
305.000	115.950
610.000	44.450



FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

งานตัดเหล็กขึ้นแบบ

DISC: Mechanical Project

Dimensions : mm

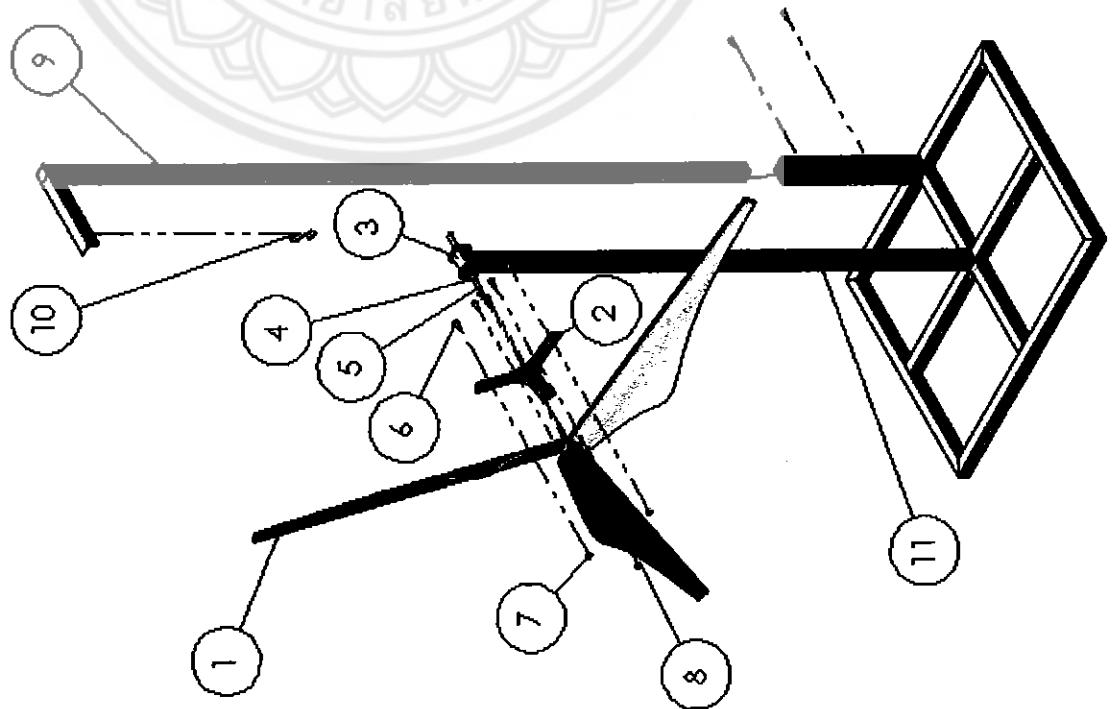
SCALE: 1:5

DATE: 01/05/54

ID: Group Project

PLATE: 5/10

NO.	PART NAME	QTY.
1	ใบกึ่งหันเดม	3
2	ค้อนกึ่งหันเดม	1
3	ค้อนถือถักยกลาน	1
4	เหล็กขนาด 8 มม	1
5	เหล็กขนาด 6 มม	1
6	bol M10	8
7	nut M10	6
8	nut M12	1
9	เสาแขวนคานข้างสปริง	1
10	ตัวแขวนคานข้างสปริง	1
11	เสายึดกึ่งหันเดม	1
12	ฐาน	1



FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

Assembly

NO: 01/05/54

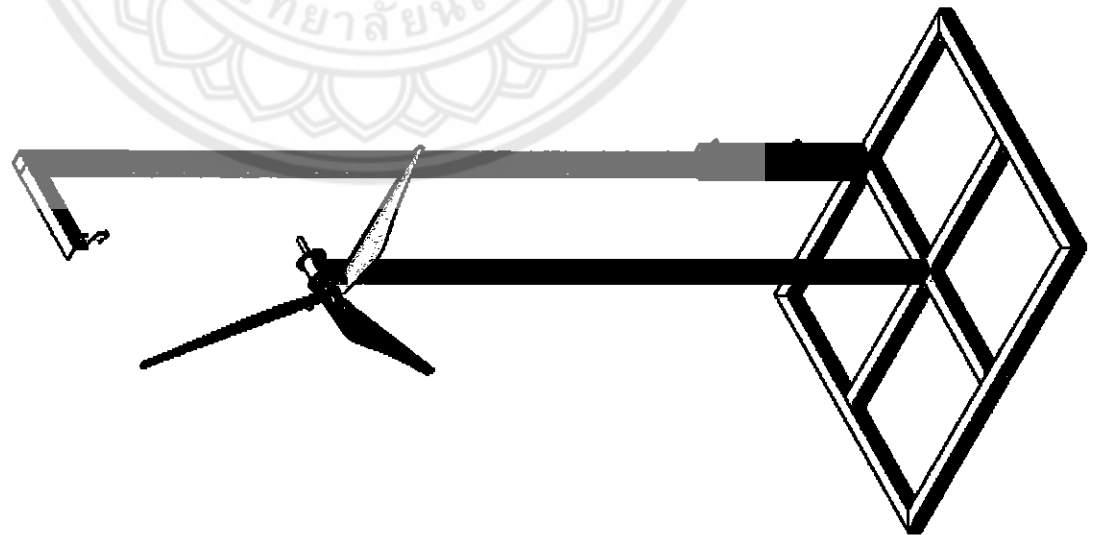
Dimensions : mm

SCALE: 1:12

ID: Group Project

PLATE: 4/7

คุณสมบัติทางเทคนิคของกังหันลมเรซินเสริมใยแก้ว	
วัสดุที่ใช้ทำ	เรซินเสริมใยแก้ว
เส้นผ่านศูนย์กลาง	0.61 เมตร
น้ำหนัก	0.128 กิโลกรัม
ความหนา	1.6 มิลลิเมตร



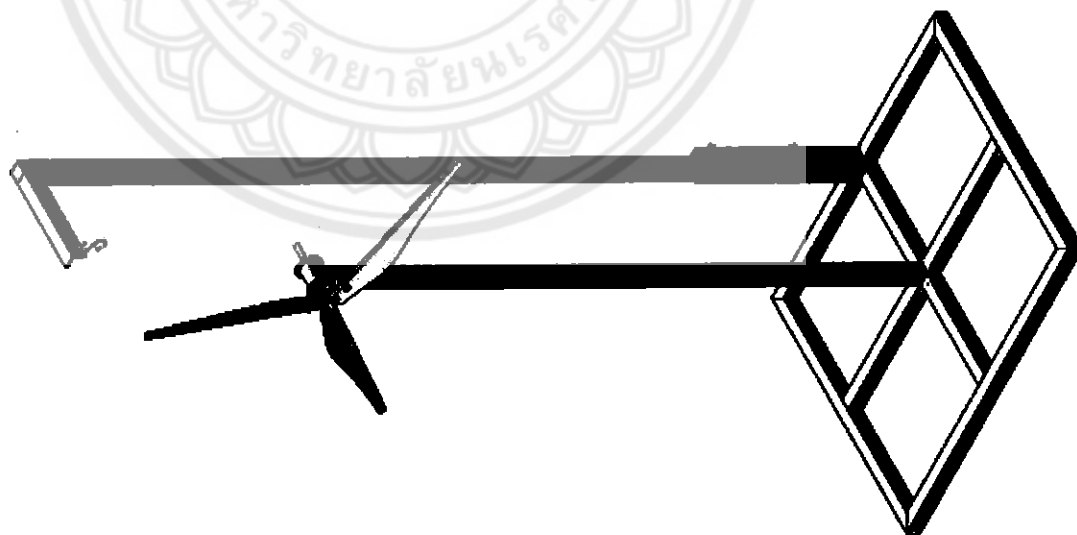
FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

กังหันลมเรซินเสริมใยแก้ว

DEPT: Mechanical Project Dimensions : mm SCALE: 1:10

DATE: 04/03/54 ID: Group Project PLATE: 3/10

คุณสมบัติทางเทคนิคของกึ่งต้นผสมพลาสติก PVC	
วัสดุที่ใช้ทำ	ท่อ PVC ขนาด 6 นิ้ว
เส้นผ่านศูนย์กลาง	0.61 เมตร
น้ำหนัก	0.4 กิโลกรัม
ความหนา	5 มิลลิเมตร



FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

กึ่งต้นผสมพลาสติก PVC

DAY: Mechanical Project

Dimensions: mm

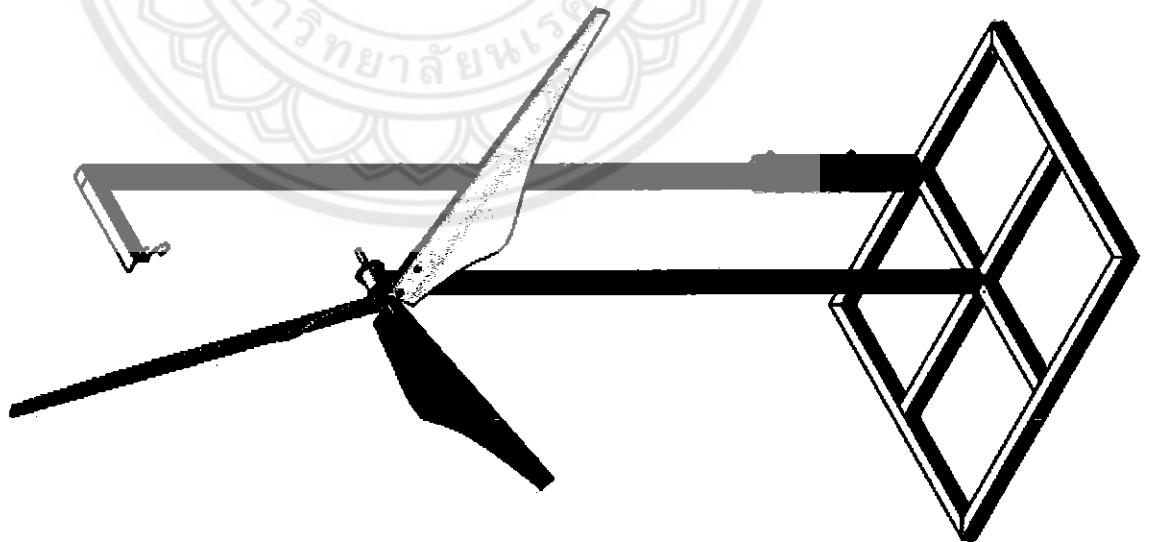
SCALE: 1:10

DATE: 01/05/24

ID: Group Project

PLATE: 2/10

คุณสมบัติทางเทคนิคของกังหันลมต้นแบบ	
วัสดุที่ใช้ทำ	ท่อPVC ขนาด 6 นิ้ว
เส้นผ่าศูนย์กลาง	1.22 เมตร
น้ำหนัก	1.4 กิโลกรัม
ความหนา	5 มิลลิเมตร



FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

กังหันลมขนาดใหญ่ PVC (ต้นแบบ)

SCALE: 1:10

PLATE: J10

Dimensions : mm

DATE: 01/05/54

ID: Group Project

Project Name: Mechanical Project

Project ID: 01/05/54