



## รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การหาประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของกังหันลมขนาดเล็ก  
ที่มาจากวัสดุเหลือทิ้งโดยอาศัยลมเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ



พุทธดี อุบลสุข

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ปีงบประมาณ 2562

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจาก คณะกรรมการบริหารงานวิจัยและบริการวิชาการ (กบวจ.) ครั้งที่ 1/2562 ที่ให้ข้อเสนอแนะในการปรับแก้โครงร่างงานวิจัย ขอขอบคุณ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ จังหวัดปทุมธานี และบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีส่วนร่วมกันให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นในการทำวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณกองทุนวิจัย ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่อำนวยความสะดวก ดูแล และติดตามงานกับผู้วิจัยในระหว่างการดำเนินการวิจัยนี้

พุทธดี อุบลสุขุ

ผู้วิจัย

พฤษภาคม 2563



## บทคัดย่อ

การศึกษาแบบของกังหันลมขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้า อาศัยลมจากคอมเพลสเซอร์ เครื่องปรับอากาศ กังหันลมประดิษฐ์จากวัสดุเหลือทิ้ง 3 แบบ โดยแบบที่ 1 คือ ใบพัดของพัดลมที่ไม่ได้ใช้งาน แบบที่ 2 ทำจากแผ่นเมทัลชีส และแบบที่ 3 ทำจากขวดน้ำพลาสติก กำหนดให้พื้นที่รับลมของใบพัดทั้ง 3 ประเภทเท่ากันที่ 1,200 ตารางเซนติเมตร มีแกนหมุนเป็นแกนนอน ทำการวัดความเร็วลม (เมตร/วินาที) ของคอมเพลสเซอร์เครื่องปรับอากาศที่ปะทะใบพัดที่ระยะห่าง 10 เซนติเมตร วัดความถี่หรือจำนวนรอบของการหมุนของใบพัดทุก 1 นาที และทำการวิเคราะห์ค่ากำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อหาประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า พบว่าความเร็วลมจากคอมเพลสเซอร์เครื่องปรับอากาศมีค่าตั้งแต่ 9.5-11.5 เมตร/วินาที ใบพัดแบบที่ 1 มีความถี่ในการหมุนที่  $241.02 \pm 7.07$  รอบ/นาที มีกำลังการผลิตไฟฟ้าจากมอเตอร์เท่ากับ  $2.89 \pm 0.08$  วัตต์ ใบพัดแบบที่ 2 มีความถี่ในการหมุนที่  $191.38 \pm 7.15$  รอบ/นาที มีกำลังการผลิตไฟฟ้าจากมอเตอร์เท่ากับ  $4.12 \pm 0.15$  วัตต์ และใบพัดแบบที่ 3 มีความถี่ในการหมุนที่  $181.85 \pm 2.62$  รอบ/นาที มีกำลังการผลิตไฟฟ้าจากมอเตอร์เท่ากับ  $3.14 \pm 0.06$  วัตต์ จากข้อมูลจะพบว่าใบพัดแบบที่ 2 จะมีกำลังการผลิตไฟฟ้ามากที่สุด ลำดับถัดมาคือแบบที่ 3 และน้อยที่สุดคือใบพัดแบบที่ 1 เนื่องจากใบพัดแบบที่ 2 มีน้ำหนักมากที่สุดจึงมีระยะห่างจากการหมุนเพิ่มเติมทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด

**คำสำคัญ :** กังหันลม, ลมจากคอมเพลสเซอร์เครื่องปรับอากาศ, ผลิตไฟฟ้า

## Abstract

The study of small wind turbines for electricity generation relying on the wind from the compressor's air conditioning that made wind turbines from 3 types of waste materials. The first type of wind turbine is the fan blades that are not being used, the second type is made from metal sheet plates and the third type is made from plastic water bottles. All 3 types of wind turbines are area equal to 1,200 square centimeters that with a horizontal axis, measure the wind speed (m/s) of the air compressor that hits the rotor within 10 centimeters. Measure the frequency of rotations in every 1 minute. After that, analyze the power of electric motors from the frequency of wind turbine. The wind speed from the air compressor are in the range of 9.5-11.5 m/s. The 1st type of wind turbine has a rotating frequency of  $241.02 \pm 7.07$  rev/min. The electrical generating capacity from the motor is  $2.89 \pm 0.08$  watts. The 2nd type has a rotating frequency of  $191.38 \pm 7.15$  rev/min and the electric generating capacity from the motor is  $4.12 \pm 0.15$  watts. And the 3rd type has a rotating frequency of  $181.85 \pm 2.62$  rev/min and the electric generating capacity from the motor is  $3.14 \pm 0.06$  watts. From the information, it is found that the 2nd type propellers have the highest electrical generating capacity. Next is the 3rd type and the smallest is the 1st type because the 2nd type is the heaviest, so there is an additional rotation delay that can produce the most electricity.

**Keyword:** Small wind turbine, West wind, Electric generation

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 โจทย์วิจัย	3
1.6 คำถามการวิจัย	3
1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.8 กรอบแนวความคิดโครงการวิจัย	4
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>5</b>
2.1 ทฤษฎีการเกิดลมและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงาน	5
2.2 ทฤษฎีพลังงานลม	6
2.3 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับกังหันลม	10
2.4 อากาศพลศาสตร์ของกังหัน (Turbine Aerodynamics)	14
2.5 ทฤษฎีใบพัด	15
2.6 ทฤษฎีเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	15
2.7 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศและการระบายความร้อน	18
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	<b>22</b>
3.1 สถานที่ทำการทดลอง	22

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2 วิธีการดำเนินงาน	22
<b>บทที่ 4 ผลการศึกษา</b>	<b>27</b>
4.1 ค่าความเร็วลมและความถี่	27
4.2 ค่ากำลังไฟฟ้า	31
4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ยและเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า	34
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย</b>	<b>36</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย	36
5.2 อภิปรายผล	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	39
<b>บรรณานุกรม</b>	<b>41</b>
<b>ภาคผนวก ก</b> ภาพการดำเนินงานวิจัย	<b>44</b>
<b>ภาคผนวก ข</b> วิธีการทดสอบลมเหลือทิ้งจากคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ และติดตั้งกังหันลม	<b>48</b>
<b>ภาคผนวก ค</b> การคำนวณหาลำกำลังและเปรียบเทียบศักยภาพของใบพัดกังหันลม ทั้ง 3 แบบ	<b>51</b>
<b>ภาคผนวก ง</b> ตารางข้อมูลของใบพัดทั้ง 3 แบบ	<b>54</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงข้อมูลการวัดความเร็วลมจากคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ	27
4.2 แสดงข้อมูลค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าของใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดกึ่งหันลมใบพัดลม	32
4.3 แสดงข้อมูลค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดกึ่งหันลมจากแผ่น Metal Sheet	33
4.4 แสดงข้อมูลค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดกึ่งหันจากขวดน้ำพลาสติก	33
4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ย ของใบพัดกึ่งหันลม 3 แบบ	34
4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดกึ่งหันลม 3 แบบ	34



## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดการดำเนินงานวิจัย	4
2.1 ความแตกต่างของอุณหภูมิต	5
2.2 เครื่องวัดลม หรือ อะนิมอมิเตอร์ (Anemometer)	6
2.3 ความเร็วลมที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัด	7
2.4 กำลังไฟฟ้าและช่วงการทำงานของกังหันลม	8
2.5 โรงไฟฟ้ากังหันลมลำตะคองชลภาวัฒนา	10
2.6 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine-HAWT)	11
2.7 กังหันลมแนวตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine-VAWT)	12
2.8 ส่วนประกอบของกังหันลม	13
2.9 กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า	14
2.10 กังหันลมแบบสูบชักเพื่อสูบน้ำ	14
2.11 กฎมือขวาของเฟรมมิง	16
2.12 ขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก	17
2.13 สนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด	17
2.14 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าจากการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	18
2.15 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเปรียบเทียบกับไฟฟ้ากระแสสลับ	18
3.1 ใบพัดกังหันลมจากใบพัดลม	23
3.2 ใบพัดกังหันลมจากแผ่น Metal Sheet	23
3.3 ใบพัดกังหันลมแกนจากขวดพลาสติก	24
3.4 วัดความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ	24
3.5 เครื่องมือเก็บความเร็วลม	25
3.6 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ photo gate	25
3.7 Data Logger รุ่น GRAPHTEC MT100	26
4.1 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (รอบ/นาที) และเวลา (นาที)	28

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.2 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (รอบ/นาที) และความเร็วลม (m/s)	30
4.3 กราฟแสดงค่าระหว่างกำลังไฟฟ้า (W) และค่าความเร็วลม (m/s)	31



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

พลังงานเป็นปัจจัยหลักในการดำรงชีวิตของมนุษย์ แหล่งพลังงานในปัจจุบันนี้ได้มาจากฟอสซิล (Fossil) และถ่านหิน ที่นำมาใช้เป็นพลังงานในรูปแบบของไฟฟ้าในการดำรงชีวิตและน้ำมันในการคมนาคมและอุตสาหกรรม (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560) จึงทำให้พลังงานจากแหล่งนี้มีปริมาณลดน้อยและใกล้หมดลงทุกที จึงมีการหาแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้ได้ไม่มีวันหมด โดยการอาศัยพลังงานที่มาจากธรรมชาติเข้ามาเป็นพลังงานทางเลือก (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2542) พลังงานที่มาทดแทนนั้นต้องสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยและจัดว่าเป็นพลังงานสะอาด ซึ่งพลังงานที่กำลังได้รับความนิยมมาใช้ทดแทนนั้นคือพลังงานที่มาจากดวงอาทิตย์ ลม น้ำ คลื่น ความร้อนใต้พิภพ เชื้อเพลิงชีวภาพ (นพวรรณ มงขุนทด, 2556) โดยพลังงานทดแทนของประเทศไทยใช้มากที่สุดมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ แต่ลำดับถัดมาคือพลังงานลม ซึ่งลมนี้เกิดจากเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศและแรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าลมเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีอยู่ในตัวเอง ซึ่งในบางครั้งแรงที่เกิดจากลมอาจทำให้บ้านเรือนที่อยู่อาศัยพังทลายต้นไม้ หักโค่นลง สิ่งของวัตถุต่าง ๆ ล้มหรือปลิวลอยไปตามลม ฯลฯ ในปัจจุบันมนุษย์ได้ให้ความสำคัญและนำพลังงานจากลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากพลังงานลมมีอยู่โดยทั่วไป ไม่ต้องซื้อหา เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จำกัดสิ้น พลังงานลมก็เหมือนกับพลังงานแสงอาทิตย์คือไม่ต้องซื้อ แต่การใช้พลังงานจากลมนั้นยังมีปัญหาเนื่องจากปริมาณของลมในแต่ละพื้นที่ไม่สม่ำเสมอตลอดปี แต่ก็ยังคงมีพื้นที่บางพื้นที่สามารถนำเอาพลังงานลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ โดยการใช้อย่างเหมาะสมจากลมนั้นไม่จำเป็นต้องรอลมที่มาจากธรรมชาติเท่านั้น เราสามารถใช้ลมที่มาจากแหล่งต่างๆ ได้อีก เช่น ลมที่เกิดจากการหมุนเวียนอากาศจากเครื่องปรับอากาศ (หลักการการทำงานของแอร์, ออนไลน์, 2560) ซึ่งลมที่ได้นี้เป็นลมจากการระบายความร้อนที่ไม่ได้สร้างประโยชน์ใดๆ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำลมจากการระบายความร้อนจากคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยใช้กับกังหันลมขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่าง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า สร้างประโยชน์จากลมที่ระบายออกสู่บรรยากาศที่ทิ้งไปโดยไม่เกิดประโยชน์ โดยสร้างกังหันลมขนาดเล็กผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ ออกแบบกังหัน

ลมให้เหมาะสมกับความเร็วของลม เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ใช้วัสดุราคาถูกหรือเหลือจากการใช้ประโยชน์มาแล้วมาทำใบพัดของกังหันลม เพื่อลดภาระในการใช้ไฟฟ้าและเป็นการนำพลังงานที่เหลือใช้จากลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของกังหันลมขนาดเล็กที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้ง
2. เพื่อผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมที่อาศัยลมจากการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

### ขอบเขตด้าน หน่วยทดลอง

1. หน่วยหมุนของกังหันลม รอบ/นาที
2. หน่วยไฟฟ้า วัตต์ (W)
3. ค่าความเร็วลม เมตร/วินาที (m/s)
4. พื้นที่รับลม ตารางเซนติเมตร (cm<sup>2</sup>)

### ขอบด้านตัวแปร/ขอบเขตด้านเนื้อหา

1. ศึกษาลมจากการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 36,000 BTU
2. กังหันลมเป็นแกนนอน
3. วัสดุทำกังหันลม มี 3 แบบ คือ ใบพัดลม แผ่นเมทัลชีท และขวดน้ำพลาสติก
4. พื้นที่หน้าตัดสำหรับรับลม 1,200 ตร.ซม.

### ขอบเขตด้านพื้นที่และระยะเวลาที่ทำการวิจัย

1. อาคารศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ทุ่งกะโล่
2. ระยะเวลาการทดสอบการผลิตไฟฟ้า 15 วัน ที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ
3. ระยะเวลาในการทำวิจัย 90 วัน

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้วัสดุเหลือทิ้งมาประดิษฐ์เป็นใบพัดกังหันลมขนาดเล็กได้
2. ลดการสร้างขยะให้กับชุมชนได้
3. สามารถประโยชน์จากลมจากการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ
4. เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งได้

## 1.5 โจทย์วิจัย

ต้องการนำลมที่ระบายความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ มาผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมขนาดเล็กได้

## 1.6 คำถามการวิจัย

สามารถใช้กังหันลมขนาดเล็กในการผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยลมระบายความร้อนที่มาจากเครื่องปรับอากาศได้หรือไม่

## 1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

### คำนิยามศัพท์ทั่วไป

กังหันลม คือ เครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถรับและแปลงพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลได้ และนำพลังงานกลมาใช้เพื่อผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ของเครื่องปรับอากาศ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เพิ่มความดันของสารทำความเย็น โดยการดูดและอัดมีผลให้ความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้สารทำความเย็นเกิดการไหลเวียนในระบบ

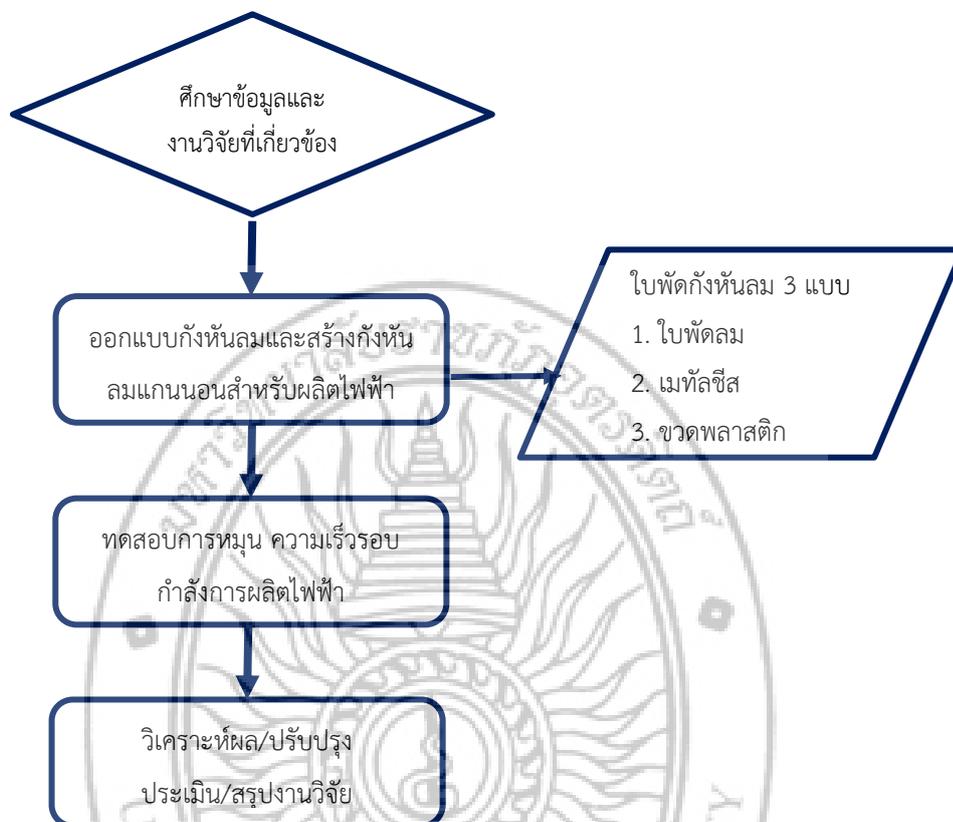
ลมระบายความร้อน คือ ลมที่ระบายความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ ที่ติดตั้งไว้ภายนอกห้องที่เครื่องปรับอากาศทำงาน

ไฟฟ้า คือ กระแสที่มาจากเคลื่อนที่ของประจุ + และประจุ- ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่ง ณ ที่นี้เกิดจากการหมุนตัวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

### คำนิยามเชิงปฏิบัติการ

การหาประสิทธิภาพ คือ การเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมาจากจำนวนรอบของการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

## 1.8 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการดำเนินงานวิจัย

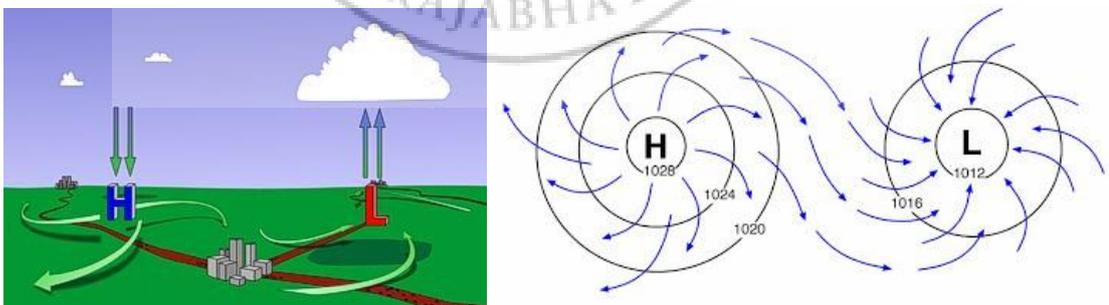
## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีการเกิดลมและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงาน

##### 2.1.1 การเกิดลม

ลม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่ขนานกับพื้นผิวโลก แรงความลาดชันของความกดอากาศ คือ แรงที่มีอิทธิพลต่อความเร็วลมที่พัดซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของย่อมอากาศ อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว ทำให้มีความหนาแน่นน้อยกว่าปกติและลอยตัวสูงขึ้น ซึ่งเรียกว่า กระแสอากาศ เมื่ออากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นอากาศในแนวราบจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเคลื่อนขนานกับแนวราบเข้ามาแทนที่ อากาศที่จะเคลื่อนที่ขนานกับพื้นผิวของโลกเรียกว่า ลม ลมจะพัดจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าหรือบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่า ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าหรือบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า กลางวันอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำเนื่องจากดินและน้ำได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ในปริมาณเท่ากันแต่ดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำ ส่วนกลางคืนอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินจะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำ เนื่องจากดินคายความร้อนได้ดีกว่าน้ำ ปรากฏการณ์นี้จะเกี่ยวข้องกับการเกิดลมบก ลมทะเล คือ ในเวลากลางวันอากาศเหนือพื้นดินร้อน ลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือพื้นน้ำเย็นกว่าเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ที่เกิดลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง เรียกว่า ลมทะเล ในเวลากลางคืนอากาศเหนือพื้นน้ำร้อนกว่า ลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือพื้นดินเย็นกว่าเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ เกิดลมพัดจากบกออกสู่ทะเล เรียกว่า ลมบก (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2552)



ภาพที่ 2.1 ความแตกต่างของอุณหภูมิ  
ที่มา: สาเหตุการเกิดลม, Clouds At KP. (2552)

### 2.1.2 การวัดทิศทางทางและความเร็วของลม

ลม คือ การเคลื่อนไหวของอากาศ ถ้าลมแรงก็หมายถึงว่ามีมวลของอากาศเคลื่อนตัวไปมากและเร็วในอุทกนิยามวิทยา สามารถวัดลมจำต้องวัดทั้งทิศทางของลมและอัตราหรือความเร็วของลม สำหรับการวัดทิศทางของลมน้ำสามารถใช้ครลม (wind vane) ส่วนการวัดความเร็วของลม สามารถใช้เครื่องมือที่เรียกว่า อะนิมอมิเตอร์ (anemometer) ซึ่งมีหลายชนิดแต่ส่วนมากใช้แบบใบพัดหรือกังหันหรือใช้แบบถ้วยกลมสามใบและมีก้านสามก้านต่อมารวมกันที่ต่อลงมายังเบื้องล่างเมื่อกังหันหมุนจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เข็มที่หน้าปัดชี้แสดงความเร็วของลมคล้ายๆกับหน้าปัดที่บอกความเร็วของรถยนต์การวัดความเร็วและทิศทางของลม อาจทำได้โดยใช้เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งเรียกว่า ใบพัดลม ซึ่งสามารถวัดความเร็วและทิศได้พร้อมกัน ในการวัดความเร็วของลมมรน้อยที่ใช้กันอยู่หลายหน่วยแล้วแต่ผู้ใช้จะนิยมและสะดวกที่จะใช้หน่วยใด เช่น นอตหรือไมล์ทะเลต่อชั่วโมง กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไมล์ (บก) ต่อชั่วโมง (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2518)



ภาพที่ 2.2 เครื่องวัดลม หรือ อะนิมอมิเตอร์ (Anemometer)  
ที่มา: สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน (2518)

## 2.2 ทฤษฎีพลังงานลม

### 2.2.1 พลังงานลม

พลังงานลม คือ มวลอากาศซึ่งเคลื่อนที่ไปบนผิวโลกตามแนวนอนในทุกทิศทางด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน พลังงานลมเกิดจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์ โดยบริเวณพื้นผิวโลกแต่ละส่วนได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน จึงเป็นเหตุให้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงเกิดการลอยตัวสูงขึ้น และอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำไหลเข้ามาแทนที่ จึงทำให้มวลของอากาศเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นซึ่งเราเรียกว่าลม พลังงานลมเป็นพลังงานจลน์ที่เกิดจากลมในหนึ่งหน่วยเวลา (Wind power) ค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาตรของความเร็วลม (V) โดยขนาดความเร็วลม 3 เมตร/วินาที จะมีกำลังลมต่อพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเมตร มีค่าเท่ากับ 9 วัตต์/ตารางเมตร ณ ที่ความเร็ว 10 เมตร/วินาที ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น

325 วัตต์/ตารางเมตร และที่ความเร็ว 50 เมตร/วินาที (ความเร็วพายุเฮอริเคน) จะมีกำลังสูงถึง 40,560 วัตต์/ตารางเมตร ตามทฤษฎีแล้วกังหันลมสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุดแค่ 16 ใน 27 ส่วนหรือประมาณ 59.3 % ของพลังงานจลน์ของลม เราสามารถพิจารณากำลังลมจากสมการที่ 2.1

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (2.1)$$

เมื่อ

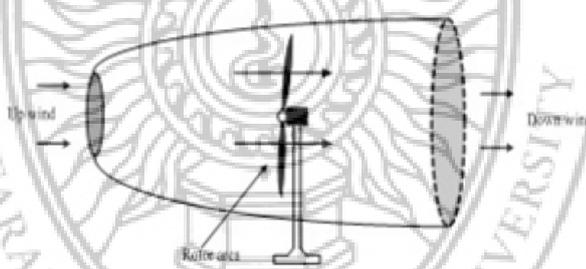
$P_w$  คือ กำลังลม (W)

$\rho$  คือ ความหนาแน่นของอากาศ (มีค่าเท่ากับ 1.225 kg/m<sup>3</sup>)

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัด (m<sup>2</sup>)

$V$  คือ ความเร็วลม (m/s)

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 2.3 พลังงานลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานกลเพื่อขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ในทางปฏิบัติแล้วพลังงานลมไม่สามารถถ่ายเทให้กับใบพัดได้ทั้งหมด นั่นหมายความว่ามวลของอากาศที่ปะทะเข้ากับใบพัดจะต้องหยุดสนิทอยู่กับที่บริเวณพื้นที่หน้าตัดของใบพัดทั้งหมด



ภาพที่ 2.3 ความเร็วลมที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัด

ที่มา: ญัฐพงษ์ ประพฤติ (2558)

พลังงานที่ได้รับจากกังหันลมจะมีเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความเร็วลม แต่ความสัมพันธ์นี้ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรง ณ ที่ความเร็วลมต่ำในช่วง 1-3 เมตรต่อวินาที กังหันลมจะยังไม่ทำงานจึงยังไม่สามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ ความเร็วลมระหว่าง 2.5-5 เมตรต่อวินาที กังหันลมจะเริ่มทำงานเรียกช่วงนี้ว่าช่วงเริ่มความเร็วลม (Cut in wind speed) และที่ความเร็วลมในช่วง 12-15 เมตรต่อวินาที เรียกว่าช่วงความเร็วลมพิกัด (Nominal or Rate wind speed) ซึ่งเป็นช่วงที่กังหันลมทำงานอยู่บนพิกัดกำลังสูงสุดของตัวเอง ในช่วงที่ความเร็วลมไต่ระดับไปสู่ช่วงความเร็วลมซึ่งเป็นการทำงานของกังหันลมด้วยประสิทธิภาพสูงสุด (Maximum rotor efficiency) โดยค่านี้ขึ้นอยู่กับอัตราการกระตุ้นความเร็ว (Tip speed ratio) และในช่วงเลยความเร็วลม (Cut out wind speed) คือช่วงที่ความเร็ว

ลมสูงกว่า 25 เมตรต่อวินาที กังหันลมจะหยุดทำงานเนื่องจากความเร็วลมสูงเกินไป ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อกลไกและระบบของกังหันลมได้ (ณัฐพงษ์ ประพฤติ, 2558) ดังภาพที่ 2.4 และค่ากำลังไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการที่ 2.2-2.4 ดังต่อไปนี้

$$P_{\text{กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า}} = \tau \cdot V \quad (2.2)$$

$$= (F \cdot r) \cdot V$$

เมื่อ

$$V = f \lambda \quad (2.3)$$

V คือ อัตราความเร็ว

f คือ ความถี่ (รอบ/นาที)

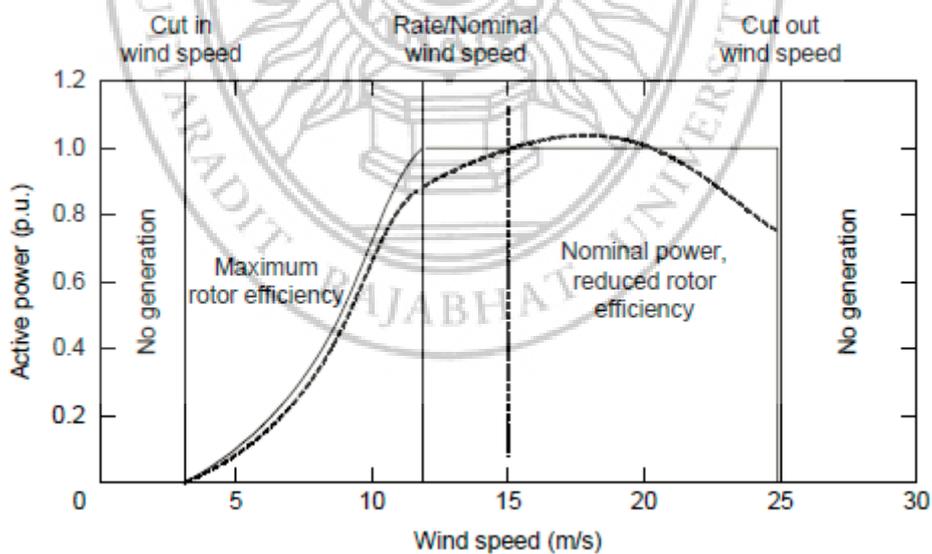
$\lambda$  คือ ความยาวของรอบ ( $2\pi r$ )

และ

$$F = ma \quad (2.4)$$

m คือ มวล (kg)

a = g คือ ความเร่ง หรือแรงโน้มถ่วง มีค่าเท่ากับ  $9.81 \text{ m/s}^2$



ภาพที่ 2.4 กำลังไฟฟ้าและช่วงการทำงานของกังหันลม

ที่มา: ณัฐพงษ์ ประพฤติ (2558)

กรณีที่ไม่สามารถหาหรือกำหนดปริมาณมาตรฐานเพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลการทดลองได้แต่มีผลการทดลอง 2 ชุดที่มีค่าแตกต่างกัน เราสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการทดลองทั้ง 2 ชุดโดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้ง 2 ชุดเป็นปริมาณที่ใช้เปรียบเทียบกับกัน กล่าวคือ ถ้าให้  $E_1$  และ  $E_2$  เป็นผลการทดลอง 2 ชุด จะได้สมการที่ 2.5 ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง 100\%} = \frac{E_1 - E_2}{\bar{E}} \times 100\% \quad (2.5)$$

โดย ค่าเฉลี่ยของปริมาณทั้งสองปริมาณ  $\bar{E} = \frac{E_1 + E_2}{2}$

## 2.2.2 ตัวอย่างของพลังงานลมในประเทศไทย

พลังงานลมอาจไม่ใช่ทางเลือกที่โดดเด่นสำหรับการพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่ออนาคตของประเทศไทย แต่ถึงอย่างนั้น ลมในหลายพื้นที่ของประเทศไทยก็มีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้ในการผลิตไฟฟ้า โดยอาศัยลมมรสุมสองช่วง คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

### 2.2.2.1 ภาครัฐ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ได้เริ่มติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าเป็นครั้งแรกที่บริเวณแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต โดยใช้เป็นสถานที่ทดลองการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ใช้ชื่อว่า “สถานีพลังงานทดแทนพรหมเทพ” ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของแหลมพรหมเทพ ประมาณหนึ่งกิโลเมตร ในตำแหน่งที่ติดทะเลและอยู่บนพื้นที่สูงทำให้รับลมเกือบตลอดทั้งปี มีความเร็วลมเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 5 เมตรต่อวินาที ปัจจุบัน ระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของกฟผ. คือ “โรงไฟฟ้ากังหันลมลำตะคองชลภาวัฒนา” เปิดดำเนินการเมื่อวันที่ 15 พ.ค. พ.ศ. 2552 ตั้งอยู่บริเวณอ่างพักน้ำตอนบนเขื่อนลำตะคอง ความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ 5-6 เมตรต่อวินาที เป็นหนึ่งในโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2547-2558 (PDP 2004) สำหรับแผนในระยะที่หนึ่ง กฟผ. ได้ติดตั้งกังหันลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 64 เมตร ความสูงของเสา 68 เมตร กำลังผลิต 1.25 เมกะวัตต์ จำนวน 2 ชุด รวมกำลังผลิต 2.5 เมกะวัตต์ งบประมาณลงทุน 145 ล้านบาท โดยแต่ละปีสามารถจะผลิตไฟฟ้าได้ 4.60 ล้านหน่วย ทดแทนการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงได้ 1.1 ล้านลิตรต่อปี และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุภาวะโลกร้อนได้ 2,300 ตันต่อปี ส่วนแผนในระยะที่สอง เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายความมั่นคงทางพลังงานของรัฐ กฟผ. มีเป้าหมายจะลงทุนติดตั้งกังหันลมเพิ่มขึ้นอีก 12 ตัว เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด 116 เมตร ความสูงของเสา 94 เมตร รวมกำลังผลิต 24 เมกะวัตต์ พร้อมกับนำระบบ wind hydrogen hybrid เทคโนโลยีใหม่ในการกักเก็บและผลิตไฟฟ้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และถือเป็นโครงการขนาดใหญ่แห่งแรกในเอเชีย มาใช้ควบคู่กับเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง

เพื่อเพิ่มศักยภาพให้กับพลังงานลมให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ในทุกช่วงเวลา ใช้งบประมาณราว 1,400 ล้านบาท คาดว่าจะติดตั้งแล้วเสร็จภายในต.ค. พ.ศ. 2560



ภาพที่ 2.5 โรงไฟฟ้ากังหันลมลำตะคองชลภาวัฒนา  
ที่มา: นพวรรณ มงขุนทด (2556)

#### 2.2.2.2 ภาคเอกชน

ในช่วงไม่กี่ปีมานี้มีบริษัทเอกชนหลายรายทั้งไทยและต่างประเทศได้ก้าวเข้ามาลงทุนทางด้านพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้าจำหน่ายให้กับ กฟภ. อาทิ ห้าบริษัทที่เข้าซื้อที่ดินในสองอำเภอชายทะเลของจังหวัดนครศรีธรรมราช คือ ปากพนัง และหัวไทร เพื่อเตรียมการจะติดตั้งกังหันลมกว่า 500 ตัว กำลังผลิตกว่า 600 เมกะวัตต์ รายแรกคือ บริษัทอินเตอร์พาร์อีสท์วินด์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ที่ตอนนี้ติดตั้งกังหันลมไปแล้ว 4 ตัว นอกจากนี้ ยังมีบริษัทพลังงานยักษ์ใหญ่อีกกลุ่มหนึ่งคือ เพาเวอร์ที่กำลังศึกษาความเป็นไปได้ในการก่อสร้างฟาร์มกังหันลมนอกชายฝั่งทะเล 1.5 กิโลเมตร ในพื้นที่ใกล้เคียงกันนี้ โดยมีแผนจะติดตั้งกังหันลมกว่า 2,000 ตัว งบประมาณลงทุนกว่าสองแสนล้านบาทเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยไม่ให้เป็นภาระแก่ผู้ใช้ไฟฟ้ามากเกินไป แม้ว่าจะมีปัญหาในเรื่องของต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าการใช้ก๊าซธรรมชาติหรือถ่านหินก็ตาม (นพวรรณ มงขุนทด, 2556)

## 2.3 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับกังหันลม

### 2.3.1 ประวัติกังหันพลังงานลม

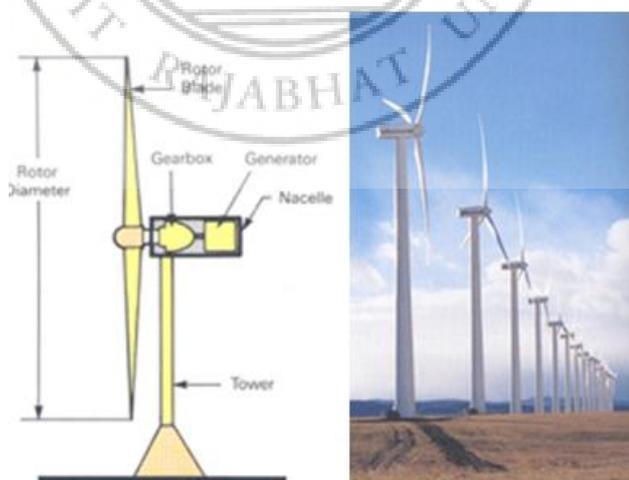
เมื่อ 3000 ปีก่อนคริสตกาล มนุษย์ใช้ประโยชน์จากลม เป็นครั้งแรกในการเล่นเรือใบของอียิปต์ใบเรือจะรับแรงลมที่จะทำให้ตั้งเรือแล่นไปได้ต่อมาเมื่อ 2000 ปีก่อนคริสตกาล ก็มีกังหันลม (Windmills) ที่ใช้สำหรับโม่แป้งสาลีของชาวบาบิโลนสมัยโบราณ หรือ 200 ปีก่อนคริสตกาลอาณาจักรเปอร์เซียสมัยโบราณ ได้สร้างคานไม้ตรงปลายเป็นหินลับมีด ซึ่งตรงหัวคานจะมีใบพัดเพื่อรับแรงลม แนวคิดที่ใช้พลังงานลมในการบดแป้งสาลีใช้กันอย่างกว้างขวางรวดเร็ว ในตะวันออกกลางและใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางยาวนานก่อนที่จะมีกังหันลมเกิดขึ้นในยุโรป การเริ่มต้นในศตวรรษที่

11 ชาวยุโรปเริ่มนำแนวคิดเกี่ยวกับกังหันลมมาใช้และในเนเธอร์แลนด์ได้มีการเอากังหันลมมาใช้จนเป็นที่รู้จักไปทั่วโลกเทคโนโลยีเทคโนโลยีกังหันลมสมัยใหม่ เริ่มตั้งแต่ทศวรรษที่ 1930 มีการนำมาใช้ในงานผลิตพลังงานไฟฟ้า บั้มสูบน้ำ ฯลฯ ในการผลิตไฟฟ้าได้จ่ายพลังงานไปให้แก่ชุมชนรอบ ๆ ทั่วไปกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าในปัจจุบัน มีสามารถผลิตกำลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 4 MW ในช่วงกลางศตวรรษที่ 18 ได้มีการพัฒนากังหันลมขนาดเล็กเพื่อนำมาใช้กับการสูบน้ำในพื้นที่อเมริกาตะวันตก ซึ่งมีทุ่งหญ้ากว้างใหญ่แต่น้ำผิวดินน้อย น้ำที่มีส่วนใหญ่มจะเป็นน้ำใต้ดินกังหันลมที่ถูกพัฒนาจะมีหลายใบ ซึ่งจะให้แรงบิดเริ่มหมุนสูงมีประสิทธิภาพดีเหมาะที่จะนำมาใช้ในการสูบน้ำเป็นอย่างดีซึ่งมีการประมาณว่าในระหว่างปี ค.ศ.1880-1930 มีการสร้างกังหันชนิดนี้มีประมาณ 6.5 ล้านตัว (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2554)

### 2.3.2 ประเภทของกังหันลม

ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมเพื่อใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หลายประเทศทั่วโลกได้ให้ความสนใจ โดยเฉพาะในทวีปยุโรป เช่น ประเทศเดนมาร์ก กังหันลมที่ได้มีการพัฒนากันขึ้นมานั้นจะมีลักษณะและรูปร่างแตกต่างกันออกไป แต่ถ้าจำแนกตามลักษณะแนวแกนหมุนของกังหันจะได้ 2 แบบ คือ

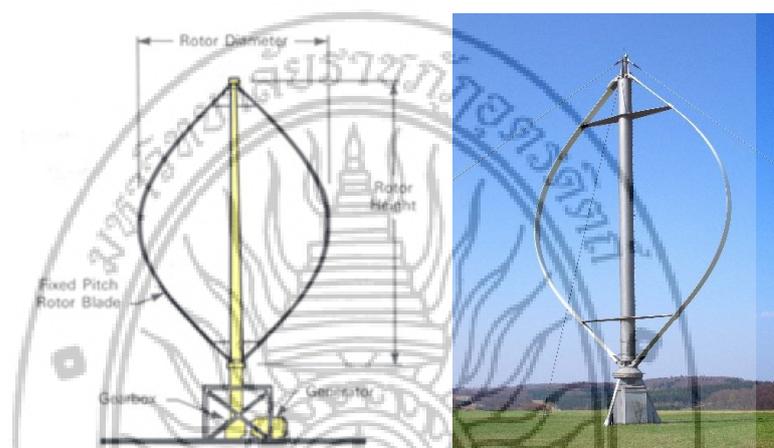
2.3.2.1 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine-HAWT) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลมโดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม มีอุปกรณ์ควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลม เรียกว่า หางเสือ และมีอุปกรณ์ป้องกันกังหันชำรุดเสียหายขณะเกิดลมพัดแรง เช่น ลมพายุและตั้งอยู่บนเสาที่แข็งแรง กังหันลมแบบแกนนอน ได้แก่ กังหันลมวินด์มิลล์ (Windmills) กังหันลมใบเสื่อลำแพน นิยมใช้กับเครื่องสูบน้ำ กังหันลมแบบกังล้อจักรยาน กังหันลมสำหรับผลิตไฟฟ้าแบบพรอปเพลเลอร์ (Propeller)



ภาพที่ 2.6 กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine-HAWT)

ที่มา: อนุรักษ์ ประพฤติ (2558)

2.3.2.2 กังหันลมแนวตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine-VAWT) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง กังหันลมแบบแกนตั้งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานต่ำ มีข้อจำกัดในการขยายให้มีขนาดใหญ่และการยกชุดใบพัดเพื่อรับแรงลมในปัจจุบันมีการใช้งานกังหันลมแบบนี้้น้อยมาก



ภาพที่ 2.7 กังหันลมแนวตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine-VAWT)

ที่มา: ญัฐพงษ์ ประพฤติ (2558)

### 2.3.3 ส่วนประกอบของกังหันลม

2.3.3.1 ใบพัด ทำหน้าที่เป็นตัวรับพลังลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกล ซึ่งยึดติดกับชุดแกนหมุนและส่งแรงจากแกนหมุนไปยังเพลาแกนหมุน

2.3.3.2 เพลาแกนหมุน ทำหน้าที่รับแรงจากแกนหมุนใบพัด และส่งผ่านระบบกำลังเพื่อหมุนและปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.3.3.3 ห้องส่งกำลัง เป็นระบบปรับเปลี่ยนและควบคุมความเร็วในการหมุนระหว่างเพลาแกนหมุนกับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.3.3.4 ห้องเครื่อง มีขนาดใหญ่และมีความสำคัญต่อกังหันลม ใช้บรรจุระบบต่างๆของกังหันลม เช่น ระบบเกียร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบเบรกและระบบควบคุม เป็นต้น

2.3.3.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า

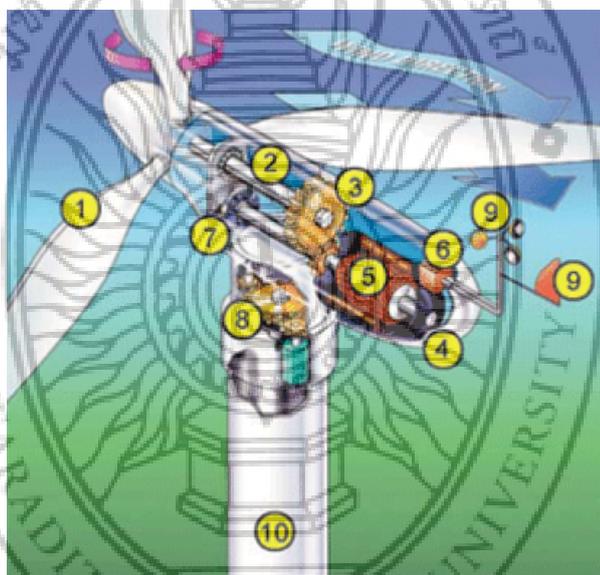
2.3.3.6 ระบบควบคุมไฟฟ้า ใช้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานและส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า

2.3.3.7 ระบบเบรก เป็นระบบกลไกเพื่อใช้ควบคุมการหยุดหมุนของใบพัดและเพลาแกนหมุนของกังหัน เมื่อได้รับความเร็วลมเกินความสามารถของกังหันที่รับได้ หรือในระหว่างการซ่อมบำรุงรักษากังหันลม

2.3.3.8 แกนคอกหมุนรับทิศทางการลม ทำหน้าที่ควบคุมการหมุนของห้องเครื่อง เพื่อให้ใบพัดรับทิศทางการลมโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่เชื่อมต่อให้มีความสัมพันธ์กับทางเสื่อรับทิศทางการลมที่อยู่ด้านบนของเครื่อง

2.3.3.9 เครื่องวัดความเร็วลมและทิศทางการลม ทำหน้าที่เป็นตัววัดความเร็วลมและทิศทางการลม เชื่อมต่อสายสัญญาณเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อที่คอมพิวเตอร์สามารถควบคุมกลไกอื่นๆ ของกังหันลมได้อย่างถูกต้อง

2.3.3.10 เสากังหันลม ทำหน้าที่รับน้ำหนักตัวเครื่องที่อยู่ด้านบน



ภาพที่ 2.8 ส่วนประกอบของกังหันลม

ที่มา: ญัฐพงษ์ ประพฤติ (2558)

## 2.3.4 ลักษณะการใช้งานของกังหันลม

2.3.4.1 กังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า (Wind turbine for electricity) เครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถรับพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลได้ จากนั้นนำพลังงานกลมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น พลังงานไฟฟ้า



ภาพที่ 2.9 กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า

ที่มา: <http://www.reca.or.th/library-wind-power.aspx>

2.3.4.2 กังหันลมเพื่อสูบน้ำ (Wind turbine for pumping) เป็นกังหันลมที่รับพลังงานจากการเคลื่อนที่ของลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกลเพื่อใช้ในการชักหรือสูบน้ำจากที่ต่ำขึ้นที่สูงเพื่อใช้ในการเกษตร การทำนาเกลือ การอุปโภคและการบริโภค ปัจจุบันมีใช้อยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบระหัดและแบบสูบชัก



ภาพที่ 2.10 กังหันลมแบบสูบชักเพื่อสูบน้ำ

ที่มา: <http://www.reca.or.th/library-wind-power.aspx>

## 2.4 อากาศพลศาสตร์ของกังหัน (Turbine Aerodynamics)

ในกังหันลมสมัยใหม่ใบพัดกังหันมีลักษณะคล้ายกับปีกของเครื่องบิน วิชาอากาศพลศาสตร์ จึงต้องนำมาศึกษาเกี่ยวกับใบพัดกังหัน เพื่อสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในงานผลิตพลังงานจากลมให้ได้

ประสิทธิภาพสูงสุด แรงพื้นฐานของอากาศพลศาสตร์จะมีอยู่สองแรงที่ทำให้กังหันลมเกิดการหมุนได้งาน ได้แก่ แรงยก (Lift) และแรงฉุด (Drag)

- แรงยก ซึ่งเป็นแรงที่กระทำทิศทางตั้งฉากกับการไหลของลม
- แรงฉุด ซึ่งเป็นแรงที่กระทำทิศทางขนานไปกับการไหลของลม

ใบของกังหันลมมีลักษณะคล้ายกับปีกของเครื่องบิน มีการออกแบบแบนอากาศ (Airfoil) ในแบนอากาศผิวด้านบนของใบพัด มีลักษณะโค้ง ขณะที่ด้านล่างมีลักษณะพื้นผิวแบนราบ หลักการง่าย ๆ ก็คือ เมื่อลมเคลื่อนที่มาปะทะกับใบพัดลมจะพัดผ่านทั้งผิวโค้งด้านบนปีกและผิวเรียบด้านล่างได้ปีกไปพร้อมกัน ลมที่วิ่งบนปีกจะมีความเร็วที่สูงกว่าลมที่วิ่งใต้ปีก เมื่อลมเคลื่อนที่ผ่านทั้งผิวโค้งด้านบน และผิวด้านล่างลมจะวิ่งไปบรรจบที่ปลายปีกใบพัดในเวลาเดียวกัน ผลที่เกิดขึ้นก็คือผลโค้งด้านบนมีความเร็วลมสูงความกดดันอากาศจึงต่ำ เมื่อเทียบกับผิวเรียบด้านล่างซึ่งมีความความกดดันอากาศที่สูงกว่า ทำให้เกิดแรงยกดันให้ใบพัดมีการยกตัวหรือมีแรงพยายามหมุนใบพัด ส่วนรายละเอียดการคำนวณทางวิชาการจะไม่กล่าว ณ ที่นี้ อัตราส่วนแรงยกต่อแรงฉุด (Lift / Drag) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการออกแบบประสิทธิภาพของใบพัดกังหัน (นิรนาม, 2558)

## 2.5 ทฤษฎีใบพัด

### 2.5.1 กำลังของใบพัด (Blade Power)

ใบพัด สร้างขึ้นให้มีลักษณะหรือรูปร่างเป็น Airfoil คล้ายกับลักษณะของปีกเครื่องบิน เมื่อใบพัดหมุนโดยการหมุนของเครื่องยนต์ ใบพัดก็จะสร้างแรงยกไปทางด้านหน้าของเครื่องบินและแรงยกส่วนนี้เราเรียกว่า Thrust ที่จะทำให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปข้างหน้า มีใบพัดแบบที่ใช้ดึงเครื่องบินผ่านไปใ้อากาศ ใบพัดประเภทนี้เรียกว่าใบพัดแบบ Tractor

### 2.5.2 ความเร็วของใบพัด

ความเร็วของใบพัดที่จะหมุนขึ้นอยู่กับว่าในขณะนั้นมีภาระงานหรือไม่ต่อกับแบตเตอรี่หรือโหลดไฟใช้งานอะไรอยู่ (load) ถ้าไดนาโมหรือเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้ามี load เวลาหมุน อาจจะทำให้หมุนยากหรือความเร็วรอบตก ถ้าไม่มีภาระงานไม่ได้ต่อพ่วงกับอุปกรณ์อะไรชุด ใบพัดจะหมุนได้โดยง่ายตาย หมุนแบบอิสระที่ความเร็วสูงมาก (ณัฐพงษ์ ประพฤติ, 2558)

## 2.6 ทฤษฎีเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

### 2.6.1 หลักการเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า จากกฎของไมเคิล ฟาราเดย์ ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กจะเกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้น ดังสมการที่ 2.6

$$e = N \frac{d\phi}{dt} \quad (2.6)$$

โดยที่

e คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (v)

N คือ จำนวนรอบของขดลวด (รอบ)

$\phi$  คือ เส้นแรงแม่เหล็ก (Wb)

t คือ เวลา (s)

กฎมือขวาของเฟรมมิงหรือกฎไดนาโม กล่าวว่าเมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นและเกิดกระแสไหลในตัวนำนั้นในทิศทางตั้งฉาก



ภาพที่ 2.11 กฎมือขวาของเฟรมมิง  
ที่มา: สุภารัตน์ แก้วมณีวรรณ (2557)

## 2.6.2 ชนิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ

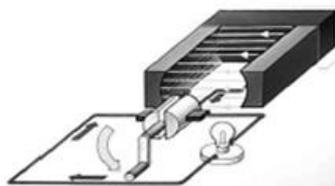
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ หมายถึงเครื่องกลไฟฟ้าที่สามารถเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า สามารถแบ่งตามประเภทของกระแสได้เป็น 2 ชนิด คือ

- 1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Generator)
- 2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Generator)

## 2.6.3 หลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า

### 2.6.3.1 หลักการขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

เป็นหลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวิธีการของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็กมีหลักการดังนี้ ให้ขั้วแม่เหล็กอยู่กับที่แล้วนำขดลวดตัวนำมาวางระหว่างขั้วแม่เหล็กแล้วหาพลังงานมาหมุนขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็กทำให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำนี้

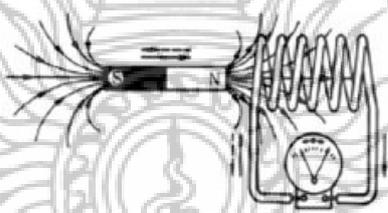


ภาพที่ 2.12 ขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

ที่มา: วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี (2560)

### 2.6.3.2 หลักการสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด

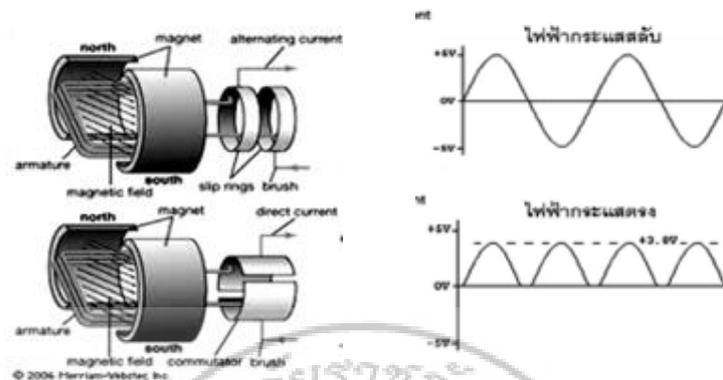
หลักการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวิธีการของสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดหลักการนี้ให้ขดลวดตัวนำอยู่กับที่แล้วหาพลังงานกลมาขับให้สนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดตัวนำทำให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำ



ภาพที่ 2.13 สนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด

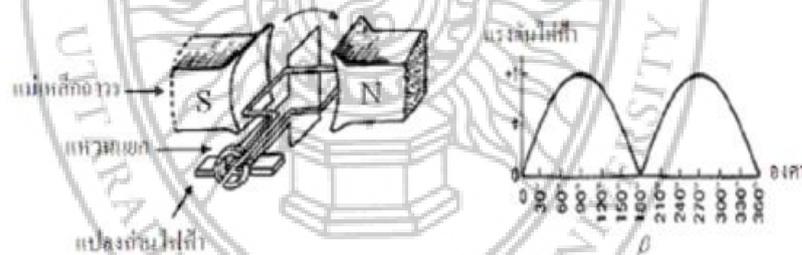
ที่มา: วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี (2560)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นการนำเอาเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงมา ทำเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยนำกำลังกลมาขับเคลื่อนที่เพลลาของเครื่องกล สรุปลักษณะของเครื่องกำเนิดคือการแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าและในภาพที่ 2.14 (ก) แสดงการทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อทำการหมุนเครื่องกลไฟฟ้าจากตำแหน่ง 0 องศา ถึงตำแหน่ง 360 องศา จะได้แรงดันไฟฟ้าในซีกบวกดังภาพที่ 2.14 (ข)



(ก) การหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (ข) รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง  
 ภาพที่ 2.14 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าจากการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง  
 ที่มา: วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี (2560)

ความแตกต่างระหว่างการกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ที่จุดที่ต่อไฟฟ้าออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้าใช้สลีปรिंगจะได้ไฟฟ้ากระแสสลับ แต่ถ้าใช้แปรงถ่านจะได้ไฟฟ้ากระแสตรง ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเปรียบเทียบกับไฟฟ้ากระแสสลับ  
 ที่มา: วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี (2560)

## 2.7 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศและการระบายความร้อน

### 2.7.1 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

หลักการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศนั้นก็คือ การนำเอาความร้อนจากที่ๆต้องการทำความเย็น (โดยทั่วไปคือภายในอาคาร) ถ่ายเทไปสู่ที่ๆไม่ต้องการทำความเย็น (นอกอาคาร) โดยผ่านตัวกลางคือ สารทำความเย็น

## 2.7.2 การระบายความร้อน

โดยเครื่องปรับอากาศจะมีการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์โดยหลักการทำงานของคอนเดนเซอร์จะทำหน้าที่รับความร้อน จากคอมเพรสเซอร์ที่ถูกอัดให้เป็นไอ (แรงดันสูง-อุณหภูมิสูง) เมื่อมาเจอกับอากาศภายนอกห้อง ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจึงมีการถ่ายเทความร้อนออกไป และเกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลว (แรงดันสูง-อุณหภูมิสูง) ในการระบายความร้อนจะมีมอเตอร์พัดลมเป็นตัวช่วยในการระบายความร้อนเพื่อการระบายความร้อนที่เร็วขึ้น (เพ็ชรสังข์, 2560)

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุทธิ ตั้งแสวงพรกุล (2554) ดำเนินงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบและสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายได้ ผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์ระบายความร้อน ซึ่งใบพัดที่ทำการทดลองมี 2 ลักษณะ คือ ใบพัดโลหะจากใบพัดลมและใบพัดท่อ PVC ที่มีความยาว 30 เซนติเมตร กว้าง 15 เซนติเมตร ความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์ระบายความร้อน มีความเร็วลม 6 m/s จะติดตั้งห่างจากคอมเพรสเซอร์ระบายความร้อน 10, 20 และ 30 เซนติเมตร จากการทดสอบในครั้งนี้ระยะที่กังหันลมสามารถรับลมได้ดี ซึ่งผลที่ออกมา ระยะห่างที่ 10 เซนติเมตร ติดกังหันลมตรงกับจุดศูนย์กลางของใบพัดคอมเพรสเซอร์แอร์ สำหรับชุดผลิตไฟฟ้าฯ สามารถดึงพลังงานลมจากคอมเพรสเซอร์ระบายความร้อน 1 เครื่องในขณะที่ใช้งาน เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าคิดเป็นกำลังไฟฟ้าได้ 3 วัตต์ ทำการประดิษฐ์โครงเหล็กของกังหันสำหรับติดกับคอมเพรสเซอร์แอร์ผลที่ได้คือกังหันลมสามารถทำงานได้และโครงเหล็กที่ติดกับคอมเพรสเซอร์ไม่เสียหายและทำให้ลมระบายความร้อนที่จากคอมเพรสเซอร์แอร์ไหลได้ปกติ

พงศ์วิริยะ เชาวลิตร และคณะ (2556) ศึกษาการสร้างชุดต้นกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้า ขนาด 28 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ประกอบกับชุดระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ เพื่อเป็นต้นกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าและชาร์จประจุไว้ในแบตเตอรี่สำหรับจ่ายโหลดแสงสว่างไฟส่องป้ายสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า เป็นการมุ่งหาแหล่งพลังงานทดแทนที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต ผลการทดลองสามารถชาร์จประจุไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ตลอดการทำงานของพัดลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศทางาน เฉลี่ยต่อวัน แรงดันที่ชาร์จได้เท่ากับ 12.06 โวลต์ และ แบตเตอรี่สามารถทำการจ่ายโหลดได้นานเฉลี่ย 5 ชั่วโมง ในการจ่ายโหลดควบคุมด้วย ATS Control เพื่อเลือกชุดแหล่งจ่าย ในการจ่ายโหลดแสงสว่างให้มีความเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น โดยจ่ายให้กับโหลดแอลอีดี ไฟกระแสดตรง 12 โวลต์ 10 วัตต์ จำนวน 3 หลอด สำหรับไฟส่องป้ายสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนาตาก

วิรัช โยธินรินทร์ และคณะ (2552) ออกแบบและสร้างกังหันลมแบบแรงผสมใช้สำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างบนถนน โดยอาศัยลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและลมจากธรรมชาติเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะเป็นกระแสตรงจึงต้องใช้แบตเตอรี่เก็บกระแสไฟฟ้า กังหันลมสามารถหมุนด้วยตัวมันเองที่ความเร็วต่ำๆ เนื่องจากมีใบรับลมเพื่อเพิ่มความเร็วมวลทางเข้าก่อนจะป้อนเข้าสู่กังหัน กังหันลมที่สร้างขึ้นสามารถพัฒนาต่อให้สามารถติดตั้งใช้งานบนถนนจริงได้ต่อไป

อิลีหัยะ สนิโซ และคณะ (2557) ศึกษาการนำพลังงานลมเป็นพลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการประยุกต์ใช้โดยเฉพาะพลังงานลมขนาดเล็กที่ไม่สลัซซ์ชั่นและราคาผลิตต่อหน่วยถูก (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ออกแบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดเล็ก จ.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส โดยใช้มอเตอร์ขนาด 800-1,000 วัตต์เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับพบว่าสามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดเล็กที่ผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ  $42.2 \pm 7.2$  โวลต์ ความเร็วรอบเท่ากับ  $105.6 \pm 17.7$  รอบต่อนาที แสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดเล็กจากมอเตอร์เป็นเทคโนโลยีพื้นฐานที่สามารถปรับปรุงและพัฒนา เพื่อผลักดันให้สามารถใช้งานระดับท้องถิ่นในประเทศได้ เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดเล็กมีความเหมาะสมกับการใช้งานในครัวเรือนชนบท สามารถประดิษฐ์ได้ง่าย ใช้เงินลงทุนต่ำติดตั้งและควบคุมดูแลระบบได้โดยประชาชน

ทองศักดิ์ เทียมยศ และคณะ (2556) ทดสอบและสร้างกังหันลมชนิดแกนนอนผลิตไฟฟ้าใช้กับวงจรเปิด-ปิดไฟเวลากลางคืนเพื่อใช้เป็นไฟส่องสว่างภายนอกอาคาร ซึ่งทางคณะวิจัยและเพื่อทดสอบการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าซึ่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมที่เกิดขึ้น จากการทดสอบในครั้งนี้จะใช้พัดลมเพื่อหาระยะที่กังหันลมสามารถรับลมได้ดีซึ่งผลที่ออกมาจะห่างที่ 2.5 เมตรได้แรงดันไฟได้สูงกว่าระยะอื่น เนื่องจากการรับลมของใบที่มีความใหญ่จึงได้รับลมระยะไกล ได้ดีกว่าระยะอื่น การทำงานของวงจรพอมืดแสงสว่างของแสงแดดวงจรจะทำงานทันทีธรรมชาติ

สามารถ โสภา และคณะ (2556) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมโดยใช้อากาศที่ระบายออกจากอาคาร โดยอากาศที่ถูกระบายออกจากอาคารด้วยโบลเวอร์ส่งลมผ่านทางปล่องลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.23 เมตร และใช้กังหันลมชนิดแกนแนวนอนแบบ 3 ใบพัด ขนาด 200 วัตต์ 24 โวลต์ (AC) เส้นผ่านศูนย์กลางกังหันเท่ากับ 2.14 เมตร โดยการทดลองจะติดตั้งกังหันลมห่างจากปล่องระบายอากาศที่ระยะ 2, 3 และ 4 เมตร ผลการทดลองที่ระยะ 2 เมตร ได้ความเร็วลมเฉลี่ย 5.76 m/s และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 78.86 watts และประสิทธิภาพของกังหันลมเท่ากับ 18.72% ซึ่งสามารถคิดเป็นพลังงานที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้เท่ากับ 7.17%

เดช ดำรงค์ศักดิ์ และยงยศ วุฑฒิโกวิท (2547) ศึกษาการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลม ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการขับเคลื่อนระบบกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยทำการติดตั้งระบบกังหันลม ณ สำนักงานเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าสะเมิง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ งานวิจัยนี้จะทำการเก็บข้อมูลความเร็วลมทิศทางลมและความเร็วลมกรรโชก เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์หาศักยภาพในการใช้พลังงานลมในการผลิตกระแสไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์พบว่าความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปีมีค่าเท่ากับ 4.1 m/s ซึ่งมีค่ามากกว่า 3 m/s ที่เป็นความเร็วลมเริ่มต้นที่สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้และมีความเร็วลมกรรโชกสูงสุด 25 m/s โดยระบบกังหันลมจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 507,264 ยูนิิตต่อปี เมื่อหันกังหันไปรับลมที่มาจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

เสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์ (2556) สร้างและทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร โดยการทดสอบการผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคารแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การทดสอบทำงานของกังหันลมที่มีความเร็วในแต่ละวัน พบว่าเมื่อมีแรงลมมากระทบกับใบพัดของกังหันลม จะสามารถทำให้ใบพัดของกังหันเกิดแรงดันไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการทดสอบการจ่ายไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้าให้กับทางไฟฟ้าพบว่าความดันที่กังหันลมผลิตได้เมื่อจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าพบว่าแรงดันที่กังหันลมผลิตไฟฟ้าได้เมื่อจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดของกังหันลม จะเปลี่ยนแปลงโดยที่มีแรงดันที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้ ซึ่งเป็นแรงดันที่บอกถึงการที่จะนำไปใช้จริง

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เริ่มต้นโดยการศึกษาข้อมูลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่าง การใช้ลมจากการระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ กำหนดขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ 36,000 บีทียู ทำการวัดความเร็วลมจากคอมเพรสเซอร์ที่ระยะต่างๆ 3 ระยะ คือ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร กำหนดพื้นที่รับลมของใบพัดที่ 1,200 ตารางเซนติเมตร ใบพัดกังหันลมที่จะศึกษามี 3 แบบ โดยแบบที่ 1 คือใบพัดของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว มีใบพัด 3 ใบ พื้นที่รับลมไม่เกินที่กำหนด แบบที่ 2 ทำจากแผ่นเมทัลชีส เหลือทิ้งจากการใช้ประโยชน์ มีพื้นที่รับลมตามที่กำหนด แบบที่ 3 ทำจากพลาสติกที่มาจากขวดน้ำ นำมาตัดทำใบพัด ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

#### 3.1 สถานที่ทำการทดลอง

อาคารศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ทุ่งกะโล่ ซึ่งลักษณะของอาคารเป็นอาคารที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศหลากหลายขนาด ตั้งแต่ขนาด 9,000 บีทียู ไปจนถึง 36,000 บีทียู

#### 3.2 วิธีการดำเนินงาน

##### 3.2.1 การเลือกและประดิษฐ์ใบพัดกังหันลม

วิธีการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการเลือกวัสดุเหลือทิ้งที่จะนำมาทำเป็นใบพัดกังหันลม 3 แบบ โดยแบบที่ 1 คือใบพัดจากพัดลมที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 นิ้ว เป็นตัวต้นแบบ ทำการวัดขนาดและคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดรับแรงลม ด้วยการนำใบพัดทาบลงไปแล้วลากเส้นรอบใบพัดบนกระดาษจากนั้นก็ตีตารางวัดเป็นช่องๆ ประมาณพื้นที่แต่ละส่วนให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่วัดพื้นที่ได้ง่าย พบว่าความยาวของแกนพัดลมเท่ากับ 9 เซนติเมตร และพื้นที่ของใบพัดลมเท่ากับ 1,200 ตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ใบพัดกังหันลมจากใบพัดลม

ใบพัดแบบที่ 2 คือ ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet ซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากงานก่อสร้างหลังคา มีวิธีการทำคือ วัดแผ่น Metal Sheet ยาว 15 เซนติเมตร กว้าง 10 เซนติเมตร มุม 45 องศา ตัดแผ่น Metal Sheet ตามขนาดที่วัดไว้ ด้วยกรรไกรตัดเหล็ก ใช้ตะปูเจาะรู 4 รู เพื่อยึดกับแกนเหล็กของใบพัด แล้วจึงนำสายรัดพลาสติกมารัดติดกับแกนเหล็กของใบพัด โดยพื้นที่รับลมของใบพัดจะเท่ากับ 1,200 ตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ใบพัดกังหันลมจากแผ่น Metal Sheet

ใบพัดแบบที่ 3 เป็นใบพัดกังหันลมจากขวดน้ำพลาสติก มีวิธีการทำดังนี้ วัดขวดน้ำพลาสติก ยาว 15 เซนติเมตร กว้าง 10 เซนติเมตร ตัดขวดน้ำพลาสติกตามขนาดที่วัดไว้ ด้วยกรรไกรตัดเหล็ก ใช้ตะปูเจาะรู 4 รู เพื่อยึดกับแกนเหล็กของใบพัด นำสายรัดพลาสติกมารัดติดกับแกนเหล็กของใบพัด โดยพื้นที่รับลมของใบพัดจะเท่ากับ 1,200 ตารางเซนติเมตร ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ใบพัดกังหันลมแกนจากขวดพลาสติก

### 3.2.2 การวัดความเร็วลมของลมจากการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ

กำหนดจุดวัดลม เพื่อหาระยะการติดตั้งกังหันลมที่เหมาะสมนั้น จะต้องทำการทดสอบวัดความเร็วลมที่ระยะต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบโดยระยะห่างของแต่ละจุดจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างห่างกัน 10 เซนติเมตร เพื่อหาความเร็วลมที่ดีที่สุดและเลือกระยะห่างในการติดตั้งกังหันลม ดังภาพที่ 3.4 โดยจุด D2 คือตำแหน่งความเร็วลมที่ดีที่สุด จุด E2 คือตำแหน่งของใบพัดกังหันลม



ภาพที่ 3.4 วัดความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ

ทำการทดสอบความเร็วลมที่ระยะห่างระหว่างคอมเพรสเซอร์กับกังหันลม โดยระยะห่างจะอยู่ที่ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเร็วลมและเลือกจุดติดตั้งกังหันลมในระยะห่างที่ดีที่สุด เครื่องมือที่ใช้วัด คือ เครื่องมือเก็บความเร็วลม Anemometer รุ่น AM-4257SD



ภาพที่ 3.5 เครื่องมือเก็บความเร็วลม

วัดจำนวนรอบของการหมุนของใบพัดเมื่อรับลมด้วย เครื่องมือวัดความเร็วรอบ photo gate รุ่น Head Assembly No. 003-06268 (ภาพที่ 3.6) และบันทึกข้อมูลจำนวนรอบด้วย Data Logger รุ่น GRAPHTEC MT100 (ภาพที่ 3.7)



ภาพที่ 3.6 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ photo gate รุ่น Head Assembly No. 003-06268



ภาพที่ 3.7 Data Logger รุ่น GRAPHTEC MT100

เก็บข้อมูลการทำงานของกังหันลม โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (180 ข้อมูล) หยุดใบพัดกังหันลมทุก 5 นาที เพื่อวัดความเร็วลมเก็บข้อมูลหาค่าความถี่ (รอบ/นาที) และนำมาวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้า (W) โดยใช้สมการที่ 2.1 ติดตั้งกับคอมพิวเตอร์เครื่องปรับอากาศ ขนาด 36,000 BTU ณ อาคารศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ทุงกะโล่ วิเคราะห์ประสิทธิภาพของกังหันลมว่าใบพัดกังหันลมแกนนอนแต่ละชนิดชนิดใดทำงานได้ดีกว่ากัน นำข้อมูลของใบพัดทั้ง 3 ชนิด มาวิเคราะห์หาค่ากำลังมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้สมการที่ 2.2-2.3 และวิเคราะห์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ย เพื่อหาร้อยละของการเปรียบเทียบ โดยใช้สมการที่ 2.5 ซึ่งระยะเวลาในการทดสอบการผลิตไฟฟ้าอาศัยช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอน ของห้องเรียนใน อาคารศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ทุงกะโล่ และการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้เพื่อคาดการณ์การเก็บสะสมในแบตเตอรี่ สำหรับการใช้งานในไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของกังหันลมขนาดเล็กที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งและหาค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมที่รับลมจากคอมพิวเตอร์เครื่องปรับอากาศ ทำการวิเคราะห์ผล ปรับปรุงเพื่อหาแนวทางพัฒนา ประเมินและสรุปผลงานวิจัย

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การหาประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของกังหันลมขนาดเล็กที่มาจากวัสดุเหลือทิ้งโดยอาศัยลมจากการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ ได้ทำการประดิษฐ์กังหันลมแกนนอน 3 แบบ โดยแบบที่ 1 คือ ใบพัดกังหันลมใบพัดลม แบบที่ 2 คือ ใบพัดกังหันลมจากแผ่น Metal Sheet และแบบที่ 3 คือ ใบพัดกังหันลมจากขวดน้ำพลาสติก โดยพื้นที่หน้าตัดของใบพัดกังหันลมทั้ง 3 แบบมีขนาดเท่ากับ 1,200 ตารางเซนติเมตร ทำการเก็บข้อมูลหาค่า ความถี่ (รอบ/นาที) ความเร็วลม (m/s) และวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้า (W) โดยมีผลจากการดำเนินงานวิจัยดังนี้

#### 4.1 ค่าความเร็วลมและความถี่

ผลการศึกษาและวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของกังหันลมขนาดเล็กที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งและหาค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมที่รับลมจากคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ

##### 4.1.1 ความเร็วลมเครื่องปรับอากาศ

ทำการวัดความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศขนาด 36,000 บีทียู ที่ระยะ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร ที่จุด D2 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อระยะห่างจากคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศมากขึ้น ความเร็วลมจะลดลง

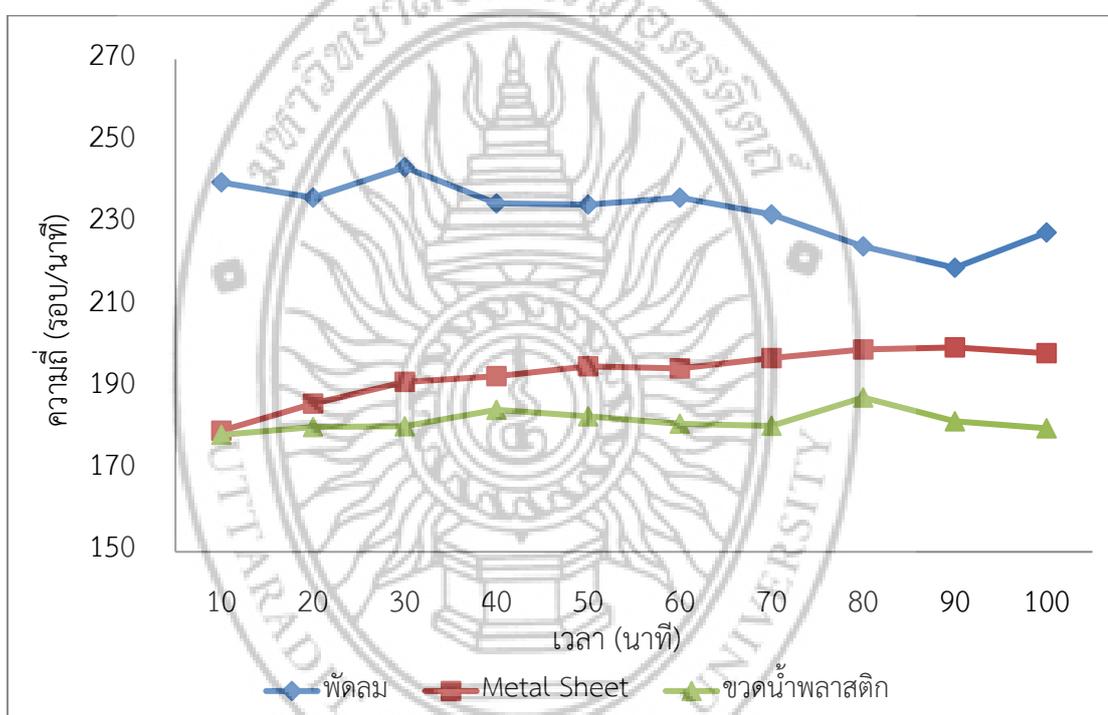
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลการวัดความเร็วลมจากคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ

ระยะการวัดความเร็วลม (เซนติเมตร)	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)
10	11.4
20	9.8
30	6.5

จากตารางการเปรียบเทียบการวัดความเร็วลมจากคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ จะเห็นว่าระยะที่มีความเร็วลมมากที่สุด นั้นอยู่ระยะ 10 เซนติเมตร ที่ความเร็วลม 11.4 เมตร/วินาที

#### 4.1.2 การวัดค่าความถี่ (รอบ/นาที) ของใบพัดกังหันลม

การวัดค่าความถี่ (รอบ/นาที) แต่ละช่วงเวลาโดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบและบันทึกข้อมูลโดยเครื่อง Data logger เพื่อดูการหมุนของใบพัดกังหันลมแกนนอนทั้ง 3 รูปแบบ ด้วยการติดตั้งหน้าคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ ระยะห่างจากศูนย์กลางของใบพัดกังหันลม 10 เซนติเมตร เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบศักยภาพ ทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เป็นข้อมูล 180 ค่า มาจัดเรียงเพื่อวิเคราะห์หาค่าความถี่ (รอบ/นาที) ที่ซ้ำกันและค่ามีความใกล้เคียงกันมากที่สุด จำนวน 100 ค่า นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยความถี่ (รอบ/นาที) ทุก 10 นาที ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (รอบ/นาที) และเวลา (นาที)

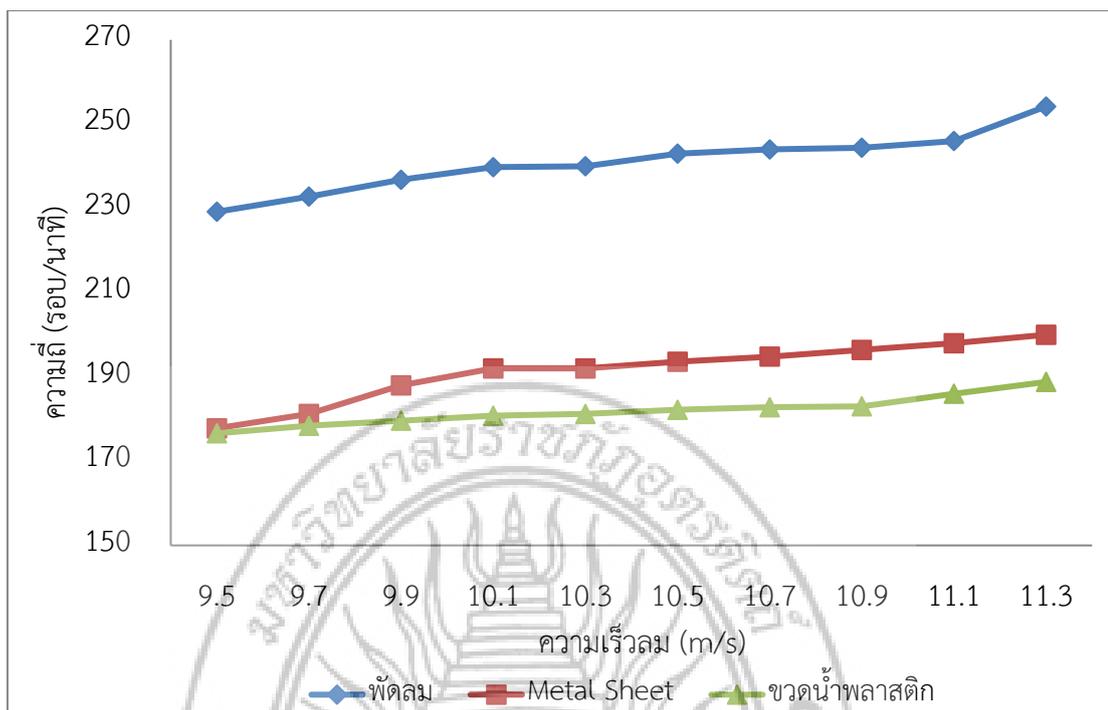
จากภาพที่ 4.1 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (รอบ/นาที) และเวลา (นาที) ของใบพัดทั้ง 3 แบบ ในนาทีที่ 10 ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 240 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 179.5 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 178.5 รอบ/นาที ในนาทีที่ 20 ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 236.3 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 186.1 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 180.4 รอบ/นาที ในนาทีที่ 30 ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 243.7 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 191.4 รอบ/นาที

ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 180.6 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 40 ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 234.9 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 192.8 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 184.6 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 50 ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 234.6 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 195.2 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 183 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 60 ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 236.3 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 194.7 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 181.2 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 70 ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 232.2 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 197.2 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก ได้จำนวนรอบ 180.7 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 80 ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม ได้จำนวนรอบ 224.4 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 199.3 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 187.6 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 90 ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 219.2 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 199.8 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 181.8 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 100 ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 227.8 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 198.4 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกาที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 180.1 รอบ/นาทีก่อนนาฬิกา

เมื่อนำความถี่ (รอบ/นาทีก่อนนาฬิกา) ทั้งหมด มาหาค่าเฉลี่ย ใบพัดจากใบพัดลม มีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ  $232.94 \pm 7.33$  รอบ/นาทีก่อนนาฬิกา ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ  $193.44 \pm 6.42$  รอบ/นาทีก่อนนาฬิกา ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ  $181.85 \pm 2.62$  รอบ/นาทีก่อนนาฬิกา

#### 4.1.3 การวัดค่าความเร็วลม (m/s)

การวัดค่าความเร็วลม (m/s) แต่ละช่วงเวลา โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม Anemometer เพื่อเก็บข้อมูลและสังเกตลมในแต่ละช่วงเวลาพบว่าความเร็วลมจากคอมพิวเตอร์เครื่องปรับอากาศอยู่ช่วง 9.5 – 11.3 m/s นำมาเปรียบเทียบกับความถี่ (รอบ/นาทีก่อนนาฬิกา) และหาค่าความสัมพันธ์กัน โดยจะทำการเก็บข้อมูลความเร็วลมทุกๆ 5 นาที ดังแสดงในภาพที่ 4.2



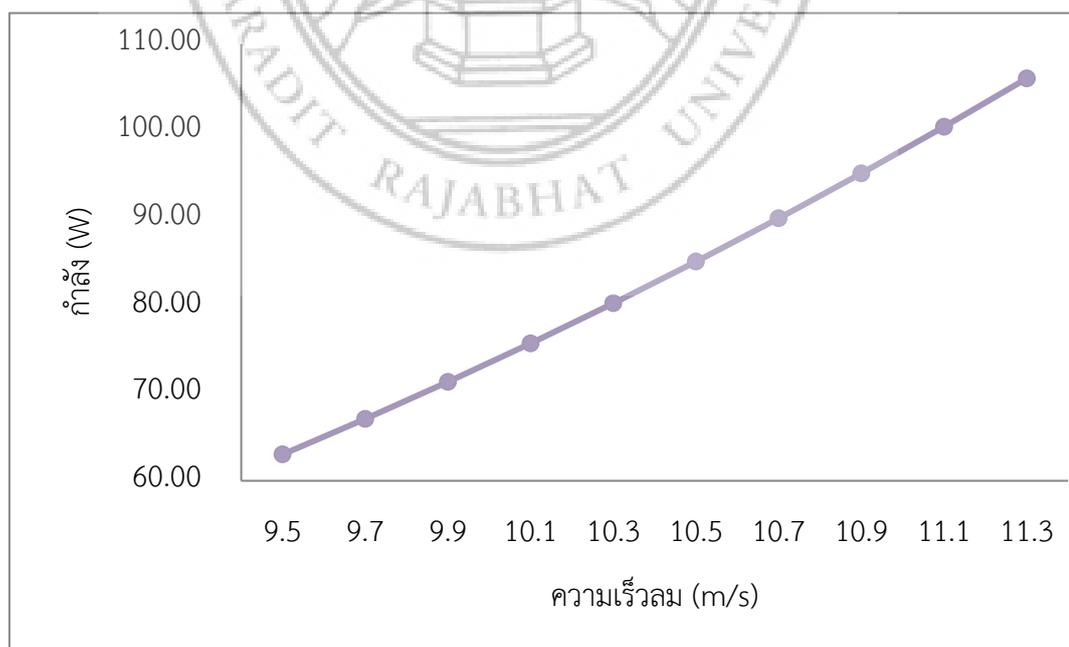
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (รอบ/นาที) และ ความเร็วลม (m/s)

จากภาพที่ 4.2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความเร็วลม ของใบพัดทั้ง 3 แบบ พบว่า ความเร็วลมเท่ากันที่ 9.5 m/s ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 229.2 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 177.8 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 176.6 รอบ/นาที ความเร็วลมเท่ากันที่ 9.7 m/s ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 232.8 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 181.2 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 178.4 รอบ/นาที ความเร็วลมเท่ากันที่ 9.9 m/s ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 236.8 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 188 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติกมีจำนวนรอบเฉลี่ย 179.6 รอบ/นาที ความเร็วลมเท่ากันที่ 10.1 m/s ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 239.8 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 192 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 180.8 รอบ/นาที ความเร็วลมเท่ากันที่ 10.3 m/s ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 240 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 192 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 181.2 รอบ/นาที ความเร็วลมเท่ากันที่ 10.5 m/s ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 243 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น

Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 193.6 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 182.2 รอบ/นาที ความเร็วลมเท่ากับที่ 10.7 m/s ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 244 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 194.8 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 182.8 รอบ/นาที ความเร็วลมเท่ากับที่ 10.9 m/s ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 244.4 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 196.4 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติกมีจำนวนรอบเฉลี่ย 183 รอบ/นาที ความเร็วลมเท่ากับที่ 11.1 m/s ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 246 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 198 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 186 รอบ/นาที ความเร็วลมเท่ากับที่ 11.3 m/s ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดจากใบพัดลม มีจำนวนรอบเฉลี่ย 254.2 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดจากแผ่น Metal Sheet มีจำนวนรอบเฉลี่ย 200 รอบ/นาที ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดจากขวดน้ำพลาสติก มีจำนวนรอบเฉลี่ย 188.8 รอบ/นาที

#### 4.2 ค่ากำลังไฟฟ้า

การหาค่ากำลังไฟฟ้า (วัตต์, W) ในแต่ละความเร็วลม (เมตร/วินาที, m/s) โดยจะทำการวัดลมจากคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ เพื่อนำข้อมูลที่ได้เข้าสมการวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าแต่ละช่วงของความเร็วลม ของใบพัดทั้ง 3 แบบ โดยใช้สมการที่ 2.1 ดังข้อมูลต่อไปนี้



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าระหว่างกำลังไฟฟ้า (W) และค่าความเร็วลม (m/s)

จากภาพที่ 4.3 แสดงค่าสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าในแต่ละความเร็วลม โดยที่ความเร็วลม 9.5 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 63.02 W ความเร็วลมที่ 9.7 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 67.08 W ความเร็วลมที่ 9.9 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 71.32 W ความเร็วลมที่ 10.1 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 75.73 W ความเร็วลมที่ 10.3 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 80.32 W ความเร็วลมที่ 10.5 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 85.09 W ความเร็วลมที่ 10.7 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 90.04 W ความเร็วลมที่ 10.9 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 95.18 W ความเร็วลมที่ 11.1 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 100.52 W และความเร็วลมที่ 11.3 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 106.05 W

การหาค่ากำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ( $P_m$ ) ในแต่ละความเร็วรอบ จะทำการเก็บข้อมูลความถี่ (รอบ/นาที) และความเร็วรอบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้เข้าสมการวิเคราะห์หาค่ากำลังมอเตอร์ไฟฟ้า แต่ละช่วงของความเร็วรอบ ของใบพัดทั้ง 3 แบบ โดยใช้สมการที่ 2.2-2.4 ได้ข้อมูลต่อไปนี้

**ตารางที่ 4.2** แสดงข้อมูลค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าของใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดกึ่งหันลม ใบพัดลม

ความถี่ (รอบ/นาที)	ความเร็วรอบ (V)	$P_m$
229.2	4.68	2.75
232.8	4.75	2.79
236.8	4.83	2.84
239.8	4.89	2.87
240	4.90	2.88
243	4.96	2.91
244	4.98	2.92
244.4	4.99	2.93
246	5.02	2.95
254.2	5.19	3.05
<b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>	<b>241.02±7.07</b>	<b>4.92±0.14</b>
		<b>2.89± 0.08</b>

จากตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดกึ่งหันลมจากใบพัดลม ทำการเฉลี่ยข้อมูลพบว่า ค่าเฉลี่ยความถี่ (รอบ/นาที) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 241.02±7.07 รอบ/นาที ความเร็วรอบ (V) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.92±0.14 V และ  $P_m$  (กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.89± 0.08 W

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดกึ่งหันลม จากแผ่น Metal Sheet

ความถี่ (รอบ/นาที)	ความเร็วรอบ (V)	$P_m$
177.8	3.63	3.83
181.2	3.70	3.91
188	3.84	4.05
192	3.92	4.14
192	3.92	4.14
193.6	3.95	4.17
194.8	3.98	4.20
196.4	4.01	4.23
198	4.04	4.27
200	4.08	4.31
<b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>	<b>191.38±7.15</b>	<b>3.91±0.15</b>
		<b>4.12± 0.15</b>

จากตารางแสดงข้อมูลค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดกึ่งหันลม จากแผ่น Metal Sheet ทำการเฉลี่ยข้อมูลดังตารางที่ 4.3 พบว่าค่าเฉลี่ยความถี่ (รอบ/นาที) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 191.38±7.15 รอบ/นาที ความเร็วรอบ (V) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.91±0.15 V และ  $P_m$  (กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.12± 0.15 W

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดกึ่งหันจาก  
ขวดน้ำพลาสติก

ความถี่ (รอบ/นาที)	ความเร็วลม (V)	$P_m$
176.6	3.60	3.05
178.4	3.64	3.08
179.6	3.67	3.10
180.8	3.69	3.12
181.2	3.70	3.12
182.2	3.72	3.14
182.8	3.73	3.15
183	3.74	3.16
186	3.80	3.21
188.8	3.85	3.26
<b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>	<b>181.94±3.56</b>	<b>3.71±0.07</b>
		<b>3.14±0.06</b>

จากตารางแสดงข้อมูลค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดกึ่งหัน  
ลมแกนนอนจากขวดน้ำพลาสติก ทำการเฉลี่ยข้อมูลดังตารางที่ 4.4 พบว่าค่าเฉลี่ยความถี่ (รอบ/นาที)  
มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 181.94±3.56 รอบ/นาที ความเร็วรอบ (V) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.71±0.07 V  
และ  $P_m$  (กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.14±0.06 W

#### 4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ยและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ยและเปรียบเทียบประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์  
ไฟฟ้า ของใบพัดทั้ง 3 แบบ แบบที่ 1 คือ ใบพัดกึ่งหันลมแกนนอนจากใบพัดลม แบบที่ 2 คือ ใบพัด  
กึ่งหันลมแกนนอนจากแผ่น Metal Sheet และแบบที่ 3 คือ ใบพัดกึ่งหันลมแกนนอนจากขวดน้ำ  
พลาสติก โดยใช้สมการที่ 2.5 ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

**ตารางที่ 4.5** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ย ของใบพัดกังหันลม 3 แบบ

% เปรียบเทียบประสิทธิภาพ	
ใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 2	ใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 3
18.52	24.59

\*หมายเหตุ ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดกังหันลมแกนนอนจากใบพัดลม ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดกังหันลมแกนนอนจากแผ่น Metal Sheet ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดกังหันลมแกนนอนจากขวดน้ำพลาสติก

จากตารางการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ย ของใบพัดทั้ง 3 ชนิด ดังตารางที่ 4.5 เมื่อหาค่าประสิทธิภาพของจำนวนรอบเฉลี่ยที่ได้จากใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 2 พบว่า ใบพัดแบบที่ 1 ดีกว่าใบพัดแบบที่ 2 เฉลี่ยอยู่ที่ 18.52 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 3 พบว่า ใบพัดแบบที่ 1 ดีกว่าใบพัดแบบที่ 3 เฉลี่ยอยู่ที่ 24.59 เปอร์เซ็นต์

**ตารางที่ 4.6** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดกังหันลม 3 แบบ

% เปรียบเทียบประสิทธิภาพ	
ใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 2	ใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 3
35.09	8.29

\*หมายเหตุ ใบพัดแบบที่ 1 ใบพัดกังหันลมจากใบพัดลม ใบพัดแบบที่ 2 ใบพัดกังหันลมจากแผ่น Metal Sheet ใบพัดแบบที่ 3 ใบพัดกังหันลมจากขวดน้ำพลาสติก

จากตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดทั้ง 3 แบบ เมื่อหาค่าประสิทธิภาพของกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าที่ได้จากใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 2 พบว่า ใบพัดแบบที่ 1 ต่ำกว่าใบพัดแบบที่ 2 อยู่ที่ 35.09 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 3 พบว่า ใบพัดแบบที่ 1 ต่ำกว่าใบพัดแบบที่ 3 อยู่ที่ 8.29 เปอร์เซ็นต์

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การหาประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของกังหันลมขนาดเล็กที่มาจากวัสดุเหลือทิ้งโดยอาศัยลมจากการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ ได้ทำการประดิษฐ์กังหันลมแกนนอน 3 แบบ โดยแบบที่ 1 คือ ใบพัดกังหันลมใบพัดลม แบบที่ 2 คือ ใบพัดกังหันลมจากแผ่น Metal Sheet และแบบที่ 3 คือ ใบพัดกังหันลมจากขวดน้ำพลาสติก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของกังหันลมขนาดเล็กที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งและเพื่อผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมที่อาศัยลมจากการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ สามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### 5.1.1 ค่าความถี่ในการหมุนของใบพัดกังหันลม 3 แบบ

จากการวิเคราะห์ ใบพัดแบบที่ 1 เมื่อนำความถี่ (รอบ/นาทิจ) ทั้งหมด มาหาค่าเฉลี่ยใบพัดแบบที่ 1 มีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ  $232.94 \pm 7.33$  รอบ/นาทิจ แบบที่ 2 มีค่าความถี่เฉลี่ยรวมเท่ากับ  $193.44 \pm 6.42$  รอบ/นาทิจ และใบพัดแบบที่ 3 มีค่าความถี่เฉลี่ยรวมเท่ากับ  $181.85 \pm 2.62$  รอบ/นาทิจ จะเห็นได้ว่า ค่าความถี่ในแต่ละช่วงเวลา ของใบพัดทั้ง 3 แบบ มีจำนวนความถี่ที่ไม่เท่ากันและค่าความถี่ไม่คงที่ แต่ใบพัดแบบที่ 1 และใบพัดแบบที่ 2 มีค่าความถี่ที่คงที่ และใบพัดแบบที่ 1 ให้จำนวนรอบมากที่สุด คือใบพัดแบบที่ 1

##### 5.1.2 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความเร็วม

จากการวิเคราะห์ ความเร็วมเท่ากันที่  $9.5 \text{ m/s}$  ใบพัดแบบที่ 1 มีจำนวนรอบเฉลี่ย  $229.2$  รอบ/นาทิจ ใบพัดแบบที่ 2 มีจำนวนรอบเฉลี่ย  $177.8$  รอบ/นาทิจ ใบพัดแบบที่ 3 มีจำนวนรอบเฉลี่ย  $176.6$  รอบ/นาทิจ ตามลำดับ ที่ความเร็วมเพิ่มขึ้นเป็น  $10.1 \text{ m/s}$  ใบพัดแบบที่ 1 มีจำนวนรอบเฉลี่ย  $239.8$  รอบ/นาทิจ ใบพัดแบบที่ 2 มีจำนวนรอบเฉลี่ย  $192$  รอบ/นาทิจ ใบพัดแบบที่ 3 มีจำนวนรอบเฉลี่ย  $180.8$  รอบ/นาทิจ ตามลำดับ ที่ความเร็วมเพิ่มขึ้นเป็น  $11.3 \text{ m/s}$  ใบพัดแบบที่ 1 มีจำนวนรอบเฉลี่ย  $254.2$  รอบ/นาทิจ ใบพัดแบบที่ 2 มีจำนวนรอบเฉลี่ย  $200$  รอบ/นาทิจ ใบพัดแบบที่ 3 มีจำนวนรอบเฉลี่ย  $188.8$  รอบ/นาทิจ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความเร็วมที่วัดได้ค่ามีความใกล้เคียงกันมากและเมื่อนำมาเทียบกับความถี่ (รอบ/นาทิจ) แล้ว ใบพัดแบบที่ 2 และใบพัดแบบที่ 3 แตกต่างกับใบพัดแบบที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วให้จำนวนความถี่ (รอบ/นาทิจ) ได้มากที่สุดที่ความเร็วมเท่ากัน

ด้วยสาเหตุที่ได้ความถี่ (รอบ/นาทิจ) แต่ละใบพัดไม่เท่ากัน เกิดจากรูปร่างและรูปทรงที่มีความแตกต่างกันซึ่งทำให้ใบพัดกั้กันลมแต่ละชนิดให้ความถี่ที่ไม่เท่ากัน

### 5.1.3 ค่ากำลังไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์ข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้า ในแต่ละความเร็วลม โดยความเร็วลมที่ 9.5 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 63.02 W ความเร็วลมที่ 9.7 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 67.08 W ความเร็วลมที่ 9.9 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 71.32 W ความเร็วลมที่ 10.1 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 75.73 W ความเร็วลมที่ 10.3 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 80.32 W ความเร็วลมที่ 10.5 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 85.09 W ความเร็วลมที่ 10.7 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 90.04 W ความเร็วลมที่ 10.9 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 95.18 W ความเร็วลมที่ 11.1 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 100.52 W และความเร็วลมที่ 11.3 m/s มีค่ากำลังไฟฟ้า 106.05 W จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นค่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

### 5.1.4 การหาค่ากำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ( $P_m$ )

จากการวิเคราะห์ ใบพัดแบบที่ 1 พบว่าความเร็วรอบ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ  $4.92 \pm 0.14$  V และกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ  $2.89 \pm 0.08$  W ใบพัดแบบที่ 2 ค่าความเร็วรอบ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ  $3.91 \pm 0.15$  V และ กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ  $4.12 \pm 0.15$  W และใบพัดแบบที่ 3 ค่าความเร็วรอบ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ  $3.71 \pm 0.07$  V และกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ  $3.14 \pm 0.06$  W จะเห็นได้ว่า ค่ากำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ( $P_m$ ) ในแต่ละความความเร็วรอบของใบพัดทั้ง 3 แบบ มาเปรียบเทียบกับใบพัดแบบที่ 1 จะให้ความเร็วรอบได้ดีที่สุด แต่กำลังมอเตอร์ไฟฟ้าได้น้อยที่สุดจากการทดลองใบพัดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุทธิ ตั้งแสงพรกุล (2554) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์ระบายความร้อน พบว่าสามารถดึงพลังงานลมจากคอมเพรสเซอร์ระบายความร้อน 1 เครื่อง ในขณะที่ใช้งาน เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าคิดเป็นกำลังไฟฟ้าได้ 3 วัตต์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับใบพัดกั้กันลมแกนนอนจากแผ่น Metal Sheet สามารถผลิตกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าได้มากกว่า

### 5.1.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ยและประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดทั้ง 3 แบบ

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ย ของใบพัดทั้ง 3 แบบ เมื่อหาค่าประสิทธิภาพของจำนวนรอบเฉลี่ยที่ได้จากใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 2 พบว่าใบพัดแบบที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ยดีกว่าใบพัดแบบที่ 2 เฉลี่ยอยู่ที่ 18.52 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 3 พบว่าใบพัดแบบที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพจำนวนรอบเฉลี่ยดีกว่าใบพัดแบบที่ 3 เฉลี่ยอยู่ที่ 24.59 เปอร์เซ็นต์

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ของใบพัดทั้ง 3 แบบ เมื่อหาค่าประสิทธิภาพของกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าที่ได้จากใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 2 พบว่า ใบพัด

แบบที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าต่ำกว่าใบพัดแบบที่ 2 อยู่ที่ 35.09 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใบพัดแบบที่ 1 เทียบกับใบพัดแบบที่ 3 พบว่า ใบพัดแบบที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าต่ำกว่าใบพัดแบบที่ 3 อยู่ที่ 8.29 เปอร์เซ็นต์

## 5.2 อภิปรายผล

การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของกังหันลมขนาดเล็กที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งและหากำลังการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมที่รับลมจากคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ โดยหากการรับลมของใบพัดที่หมุนได้เป็นค่าความถี่ (รอบ/นาทิจ) รอบความเร็วลมของใบพัดกังหันลม เพื่อหาค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม 3 แบบในหน่วยวัตต์ ซึ่งระยะเวลาในการทดสอบการผลิตไฟฟ้าอาศัยช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอน ของห้องเรียนในอาคารศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ทุ่งกะโล่ พบว่าใบพัดแบบที่ 1 จะมีค่าความถี่ในการหมุนมากที่สุด มีค่าความถี่เฉลี่ยเท่ากับ  $241.02 \pm 7.07$  รอบ/นาทิจ รองลงมาคือใบพัดแบบที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความถี่เท่ากับ  $191.38 \pm 7.15$  รอบ/นาทิจ และลำดับสุดท้ายคือใบพัดแบบที่ 3 มีค่าเฉลี่ยความถี่เท่ากับ  $181.94 \pm 3.56$  รอบ/นาทิจ แต่ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้ามากที่สุดจะมาจากใบพัดแบบที่ 2 คือ  $4.12 \pm 0.15$  วัตต์ รองลงมาคือใบพัดแบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ  $3.14 \pm 0.06$  วัตต์ และที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้าน้อยที่สุดคือแบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ  $2.89 \pm 0.08$  วัตต์ ซึ่งมีค่าการผลิตไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ สุรักษ์ จันทร์บาง และสุทธิ ตั้งแสงพรกุล (2554) ที่สร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนย้ายได้ และผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์ มีความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์ระบายความร้อน 6 เมตร/วินาที สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าคิดเป็นกำลังไฟฟ้าได้ 3 วัตต์ และยังมีผลการศึกษาที่ใกล้เคียงกับ สวัสดิ์ ยุคะลิ่ง (2556) ที่ทำการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากชุดระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ เพื่อเป็นต้นกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าและชาร์จประจุไว้ในแบตเตอรี่สำหรับจ่ายโหลดแสงสว่างไฟส่องป้ายสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสำหรับหลอดแอลอีดี ขนาด 10 วัตต์ ได้ และการวิจัยของ บุญญฤทธิ์ วังงอน (2560) ที่ทำการศึกษากังหันลม 2 แบบ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากลมร้อนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จากการรับลมที่มีความเร็วต่ำช่วง 2-7 เมตร/วินาที กังหันลมแบบซาโวเนียผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ 8.54 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 46.00 มิลลิแอมป์ กังหันลมแบบดาเรียสามารถผลิต แรงดันไฟฟ้าได้ 8.60 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 60.00 มิลลิแอมป์ เมื่อความเร็วลมลดลงทำให้กังหันลมผลิต แรงดันไฟฟ้าได้น้อยลง ความเร็วลมแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

จากข้อมูลของการศึกษาในครั้งนี้กังหันลมที่เหมาะสมกับความเร็วลมที่ต่ำสำหรับกังหันลมแกนนอนจากที่ได้ทำการศึกษาทั้ง 3 แบบนั้น ใบพัดแบบที่ 2 ที่ทำจากแผ่นเมทัลชีส มีน้ำหนักของใบพัดที่เหมาะสมสำหรับขับมอเตอร์ไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งการพัฒนาหรือการนำไปประยุกต์ใช้นั้น

สามารถทำได้สำหรับการใช้ในอาคารบ้านเรือนรวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมร่วมกับการใช้ไฟฟ้าจากระบบของการไฟฟ้า [8] ได้เช่นกัน

จากข้อมูลของการศึกษาในครั้งนี้รูปแบบใบพัดกังหันลมที่เหมาะสมกับความเร็วลมที่ต่ำสำหรับกังหันลมแกนนอน ที่ได้ทำการศึกษาทั้ง 3 แบบนั้น พบว่าใบพัดแบบที่ 2 ที่ทำจากแผ่นเมทัลชีส มีน้ำหนักของใบพัดที่เหมาะสมสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งการพัฒนาหรือการนำไปประยุกต์ใช้นั้นสามารถทำได้สำหรับการใช้ในอาคารบ้านเรือนรวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมร่วมกับการใช้ไฟฟ้าจากระบบของการไฟฟ้าได้เช่นกัน

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการตรวจสอบและปรับหน้าหรือมุมเอียงของใบพัด เพื่อให้ใบพัดรับลมและสามารถทำงานได้ดีมากขึ้น
2. การทำฐานรองรับแกนใบพัดควรมีความมั่นคงและมีน้ำหนักเบา เหมาะกับการเคลื่อนย้าย
3. ควรมีการทดสอบกับวัสดุเหลือทิ้งอื่น ๆ เพิ่มเติม





บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2552). **ทฤษฎีลมและการเกิดลม**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2559. แหล่งที่มา: [http://www.baanjommyut.com/library\\_2/extension-3/wind/08.html](http://www.baanjommyut.com/library_2/extension-3/wind/08.html)
- ณัฐพงษ์ ประพตติ. (2558). **ทฤษฎีพลังงานลมและกังหันลมเบื้องต้น**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2559. แหล่งที่มา: [http://www.eng.mut.ac.th/article\\_detail.php?id=108](http://www.eng.mut.ac.th/article_detail.php?id=108)
- เดช ดำรงค์ศักดิ์และยงยศ วุฑฒิโกวิทย์. (2547). **การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2559. แหล่งที่มา: [http://me.psu.ac.th/tsme/ME\\_NETT18/fullpaper/etm\\_ETM03.pdf](http://me.psu.ac.th/tsme/ME_NETT18/fullpaper/etm_ETM03.pdf)
- นพวรรณ มองขุนทด. (2556). **พลังงานทดแทน**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2559. แหล่งที่มา: <http://www.student.chula.ac.th/~56370490/page5.html>
- พงศวีริยะ เขาวลิตร์ และคณะ. (2556). **โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศควบคุมด้วย ATS CONTROL ใช้กับหลอดแอลอีดีส่องป้าย**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2559. แหล่งที่มา: <http://hrd.rmutl.ac.th/qa/docUpload/pj/3450100874470/150930134013fullpp.pdf>
- วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี. (2560). **เครื่องกำเนิดไฟฟ้า**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2559. แหล่งที่มา: <https://th.wikipedia.org/wiki/เครื่องกำเนิดไฟฟ้า>
- วิรัชย์ โรชนรินทร์ และคณะ. (2552). **กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าบนถนน**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2559. แหล่งที่มา: <http://www.repository.rmutt.ac.th/bitstream/handle/123456789/358/กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าบนถนน.pdf>
- สามารถ โสภา และคณะ. (2556). **การผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมโดยใช้อากาศที่ระบายออกจากอาคาร**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2559. แหล่งที่มา: <http://www.dms.eng.su.ac.th/filebox/FileData/POM025.pdf>
- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2518). **การวัดความเร็วและทิศทางของลม**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2559. แหล่งที่มา: <http://kanchanapisek.or.th>
- สาเหตุของการเกิดลม. (2552). [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2559. แหล่งที่มา: [http://kpclouds.blogspot.com/2009/09/blog-post\\_9724.html](http://kpclouds.blogspot.com/2009/09/blog-post_9724.html)
- สุดาร์ตัน แก้วมณีวรรณ. (2557). **การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2559. แหล่งที่มา:

[http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric1/Electromagnetic\\_induction.htm](http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric1/Electromagnetic_induction.htm)

สุทธิ ตั้งแสวงพรกุล. (2554). **ผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์แอร์**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2559. แหล่งที่มา:

<http://www.lib.buu.ac.th/st/53550381.pdf>

เสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์. (2556). **กังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างภายนอกอาคาร**. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2559. แหล่งที่มา:

<http://research.pcru.ac.th/rdb/project/datafiles/856>

**หลักการการทำงานของแอร์**. (2560). [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2559. แหล่งที่มา:

[www.pstip.com/ความรู้เรื่องแอร์บ้าน/หลักการการทำงานของแอร์.html](http://www.pstip.com/ความรู้เรื่องแอร์บ้าน/หลักการการทำงานของแอร์.html)

**อากาศพลศาสตร์ของกังหัน**. (2558). [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2559.

แหล่งที่มา:[http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php?bookID=1321&pageid=6&read=true&count=true](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1321&pageid=6&read=true&count=true)

อิลีหียะ สนิโซ และคณะ. (2557). **กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋วสำหรับแหล่งเรียนรู้ในชุมชนบางขุนทอง จ.นราธิวาส**.

วรนุช แจงสว่าง. (2553). **พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy)**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภาวดี น้อยน้ำใส. (2562). **พลังงานกับชีวิต**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จอมภพ แววศักดิ์. (2558). **เทคโนโลยีพลังงานลม**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมศักดิ์ ไชยะภินันท์. (2552). **กลศาสตร์ของไหล**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรักษ์ จันทร์บาง และสุทธิ ตั้งแสวงพรกุล. (2554). **ผลิตไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์แอร์**. ปรินญาณิพนธ์หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต กลุ่มวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, จำนวน 64 หน้า.

สวัสดิ์ ยุคะลิ่ง. (2556). **โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศควบคุมด้วย ATS CONTROLใช้กับหลอดแอลอีดีส่องป้าย**. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก.

บุญญฤทธิ์ ว่างอน. (2560). **กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าจากลมร้อนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน**. วารสารวิจัยราชมงคลกรุงเทพ. ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2560. หน้า 47-54.

สวัสดี ยุคะลัง, พงศ์วิริยะ เชาวลิตร, วินัย ใจหวน และ อาทิตย์ สุขะคำ. (2557). การประยุกต์การใช้ระบบเลือกแหล่งจ่ายผลิตรกระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติด้วยกังหันลมจากการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศร่วมกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก  
ภาพการดำเนินงาน

## ภาคผนวก ก

## วิธีการทำใบพัดทั้ง 3 แบบ

## ใบพัดที่ 1 ใบพัดกังหันลมแกนนอนจากใบพัดลม



ภาพ ก (1) หาพื้นที่ของใบพัดลมขนาด 18 นิ้ว โดยเอาใบพัดมาบดงไปแล้วลากเส้นรอบใบพัดบนกระดาษ



ภาพ ก (2) ประมาณพื้นที่แต่ละส่วนให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่วัดพื้นที่ได้ง่าย จะได้พื้นที่ของใบพัดลม เท่ากับ 1,200 ตารางเซนติเมตร



ภาพ ก (3) วัดความกว้างของแกนพัดลม ยาว 9 เซนติเมตร



ภาพ ก (4) นำใบพัดกังหันลมจากพัดลมไปติดตั้งกับฐานเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพ

## ใบพัดที่ 2 ใบพัดกังหันลมแกนนอนจากแผ่น Metal Sheet



ภาพ ก (5) ตัดแผ่น Metal Sheet ยาว 15 เซนติเมตร กว้าง 10 เซนติเมตร



ภาพ ก (6) ทักใบ 45 องศาและเจาะรูตรงกลางไว้สำหรับยึดติดกับแกนเหล็กของใบพัด



ภาพ ก (7) ยึดติดกับแกนเหล็กของใบพัดด้วยสายรัดพลาสติก



ภาพ ก (8) นำใบพัดกังหันลมจากแผ่น Metal Sheet ไปติดตั้งกับฐานเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพ

### ใบพัดที่ 3 ใบพัดกังหันลมแกนนอนจากขวดน้ำพลาสติก



ภาพ ก (8) ตัดขวดน้ำพลาสติกให้ได้ขนาด  
ยาว 20 เซนติเมตร กว้าง 10 เซนติเมตร

ภาพ ค (9) เจาะรูตรงกลางเพื่อยึดติดกับแกน  
เหล็กของใบพัด



ภาพ ก (10) ยึดติดกับแกนเหล็กของใบพัด  
ด้วยสายรัดพลาสติก

ภาพ ก (11) นำใบพัดกังหันลมจากขวด  
พลาสติก ไปติดตั้งกับฐานเพื่อทำการทดสอบ  
ประสิทธิภาพ



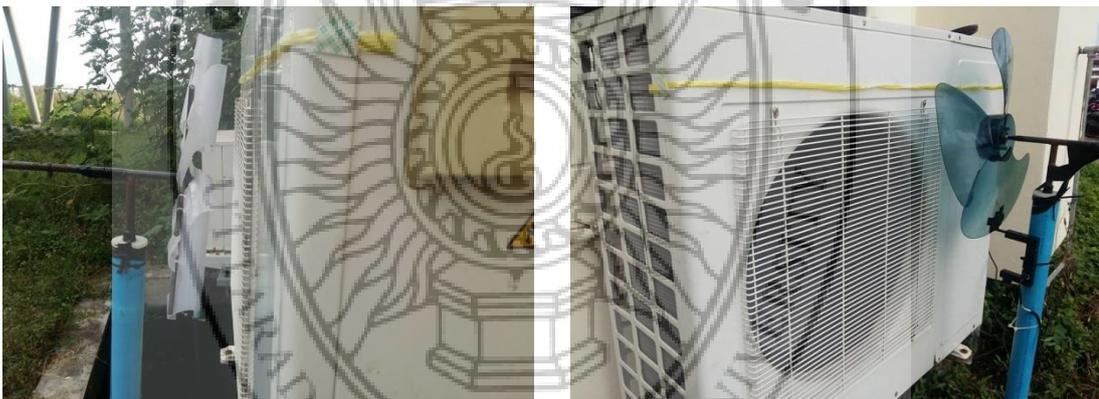


ภาคผนวก ข

วิธีการทดสอบลมจากการระบายความร้อนจากคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ  
และติดตั้งกังหันลม



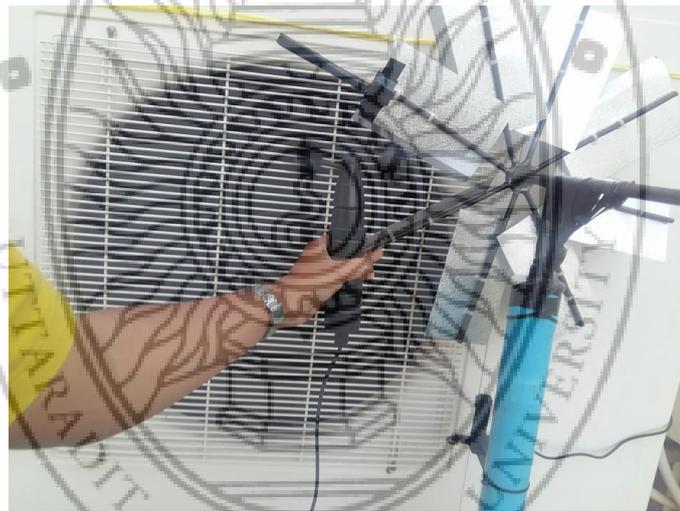
ภาพ ข (1) วัดความเร็วลมของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ ขนาด 36,000 BTU เพื่อหาระยะการติดตั้งกังหันลมที่เหมาะสม



ภาพ ข (2) ติดตั้งกังหันลมแกนนอนในระยะห่างระหว่างคอมเพรสเซอร์กับกังหันลมอยู่ที่ 10 เซนติเมตร



ภาพ ข (3) เก็บข้อมูลการทำงานของกังหันลม ด้วยเครื่องนับความเร็วรอบ Data Logger และ  
เครื่องวัดความเร็วรอบ photo gate



ภาพ ข (4) หยุดใบพัดกังหันลมทุก 5 นาที เพื่อวัดความเร็วลม



ภาคผนวก ค

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบศักยภาพของใบพัดกังหันลม ทั้ง 3 แบบ

## ภาคผนวก ค

## การคำนวณหาค่ากำลังและเปรียบเทียบศักยภาพของใบพัดกังหันลม ทั้ง 3 ชนิด

คำนวณหาค่ากำลัง จากสมการที่ (2.1)

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (2.1)$$

เมื่อ

P คือ กำลังลม (W)

$\rho$  คือ ความหนาแน่นของอากาศ (มีค่าเท่ากับ  $1.225 \text{ kg/m}^3$ )

A คือ พื้นที่หน้าตัด ( $\text{m}^2$ )

V คือ ความเร็วลม ( $\text{m/s}$ )

1. หาคความเร็วรอบ (V)

$$\begin{aligned} V &= f\lambda & (2.3) \\ &= 229.2 \times 2\pi r \\ &= \frac{229.2 \times 2 \times (22) \times 0.195}{60} \\ &= 4.678 \text{ m/s} \end{aligned}$$

2. หากำลัง (W)

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{2} \times 1.225 \times 0.12 \times 9.5^3 \\ &= 63.02 \text{ W} \end{aligned}$$

3. หากำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ( $P_m$ )

$$\begin{aligned} P_{\text{กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า}} &= \tau \cdot V & (2.4) \\ &= (F \cdot r) \cdot V \end{aligned}$$

เมื่อ

$$F = ma$$

$$V = f\lambda$$

$m =$  มวล (Kg)

$f =$  ความถี่ (รอบ/นาที)

$a = g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$\lambda = 2\pi r$

$$\begin{aligned} P_m &= (F \cdot r) \cdot V \\ &= (3.012 \cdot 0.195) \cdot 4.68 \\ &= 2.75 \end{aligned}$$

เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง 100%  $\frac{E_1 - E_2}{\bar{E}} \times 100\%$  (2.5)

โดย ค่าเฉลี่ยของปริมาณทั้งสองปริมาณ  $\bar{E} = \frac{E_1 + E_2}{2}$

ใบพัดที่ 1 เทียบ ใบพัดที่ 2

$$\frac{240.0 + 179.5}{2} = 209.8$$

$$\frac{240.0 - 179.5 \times 100\%}{209.8} = 28.84$$

ใบพัดที่ 1 เทียบ ใบพัดที่ 3

$$\frac{240.0 + 178.5}{2} = 209.3$$

$$\frac{240.0 - 178.5 \times 100\%}{209.3} = 29.39$$



ภาคผนวก ง

ตารางข้อมูลของใบพัดทั้ง 3 แบบ

ภาคผนวก ง  
ตารางข้อมูลใบพัดทั้ง 3 รูปแบบ

เส้นผ่าศูนย์กลาง	0.195	เมตร
พื้นที่หน้าตัด	0.12	m <sup>2</sup>
Air Density	1.225	Kg/m <sup>3</sup>

ตารางแสดงข้อมูลความถี่ (รอบ/นาที) กับเวลา (นาที)

เวลา (นาที)	ความถี่ (รอบ/นาที)		
	พัดลม	Metal Sheet	ขวดน้ำพลาสติก
10	240	179.5	178.5
20	236.3	186.1	180.4
30	243.7	191.4	180.6
40	234.9	192.8	184.6
50	234.6	195.2	183
60	236.3	194.7	181.2
70	232.2	197.2	180.7
80	224.4	199.3	187.6
90	219.2	199.8	181.8
100	227.8	198.4	180.1

ตารางแสดงข้อมูลความถี่ (รอบ/นาที) ในทุกความเร็วลม (m/s)

ความเร็วลม (m/s)	ความถี่ (รอบ/นาที)		
	พัดลม	Metal Sheet	ขวดน้ำพลาสติก
9.5	229.2	177.8	176.6
9.7	232.8	181.2	178.4
9.9	236.8	188	179.6
10.1	239.8	192	180.8
10.3	240	192	181.2
10.5	243	193.6	182.2
10.7	244	194.8	182.8
10.9	244.4	196.4	183
11.1	246	198	186
11.3	254.2	200	188.8

ตารางแสดงค่ากำลัง (W) ในแต่ละความเร็วลม (m/s) ที่ได้จากคอมพิวเตอร์เครื่องปรับอากาศ

ความเร็วลม (m/s)	กำลัง (W)
9.5	63.02
9.7	67.08
9.9	71.32
10.1	75.73
10.3	80.32
10.5	85.09
10.7	90.04
10.9	95.18
11.1	100.52
11.3	106.05