



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของจำนวนและลักษณะใบพัดต่อการแปลงพลังงานลมเป็น พลังงานไฟฟ้า

(The number and characteristics of rotor blades for
convert wind energy into electric energy)

โดย

ชูไรดา ดอเลาะ

ชูรัชฮา บินสะอิ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ผลของจำนวนและลักษณะใบพัดต่อการแปลงพลังงานลมเป็น
พลังงานไฟฟ้า

(The number and characteristics of rotor blades for
convert wind energy into electric energy)

โดย

ชูไรดา คอเลาะ

ชูรัชฮา บินสะอิ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ผลของจำนวนและลักษณะใบพัดต่อการแปลงพลังงานลมเป็น
กระแสไฟฟ้า

(The number and characteristics of rotor blades for convert
wind energy into electricity)

ซูไรดา ดอละ

Suraida Doloh

ซูรัยฮา บินสะอี

Suraiha Binsa-e

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชาวิธีวิจัยวิทยาศาสตร์

ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์)

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองการศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์

เรื่อง ผลของจำนวนและลักษณะใบพัดต่อการแปลงพลังงานลมเป็นกระแสไฟฟ้า
The number and characteristics of rotor blades for convert wind energy into
electricity

ผู้ศึกษา นางสาวซูไรดา คอเลาะ รหัส 405113028
นางสาวซูรียา บินสะอิด รหัส 405113049

รายงานนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิธีวิจัยวิทยาศาสตร์
ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์) ภาควิชาที่ 1 ปีการศึกษา 2554

..... ประธานกรรมการที่ปรึกษา
(อาจารย์อัสหะ สนิโซ)
...../...../.....

..... กรรมการที่ปรึกษา
(อาจารย์อับดุล คะแซซะมะ)
...../...../.....

..... อาจารย์ประจำวิชา
(อาจารย์อับดุล คะแซซะมะ)
...../...../.....

..... ประธานหลักสูตร
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวัฒน์ วัฒนศิริกุล)
...../...../.....

Title The number and characteristics of rotor blades for convert wind energy into electric energy

Author Miss Suraida Doloh

Miss Suraiha Binsa-e

Level of study Bachelor of Education (General Science)

Academic Year 2011

Advisor Mr. Eleeyah Saniso

Co-advisor Asst. Maruding Kasa

Mr.Abedeen Dasaesamok

Abstract

This paper will examine the number and characteristics of rotor blades for converting wind energy into electric energy. It was found that the experimental wind turbines that generated from PVC pipe with 3 blades giving voltage over the rotor with 4 blades, which were equal to 0.141 V and 0.134 V respectively. Electricity generated from wood with 8 blades , the voltage over the rotor with 4 blades, which were equal to 0.032 V and 0.026 V respectively. These experimental wind turbines can not produce a satisfactory electric current.

Keyword : Wind turbine, Motor

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก
อาจารย์อัสสิหะ สนิโซ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์มะรุคิง กาช่า กรรมการที่
ปรึกษา และอาจารย์อาบีดิน คะแซสามาอะ อาจารย์ประจำวิชา ผู้ศึกษาขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ นายสุเช็ง ซายคานา และนายมะยุฟรี ยะแอโซ๊ะ ที่ให้คำแนะนำเรื่องการใช้
เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือใน
เรื่องงบประมาณ และเป็นกำลังใจ รวมทั้งเป็นแรงจูงใจให้ผู้จัดทำสามารถทำวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

ซูไรดา คอเลาะ

ซูริยา บินสะอิ

มกราคม 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการวิจัย	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการวิจัย	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	17
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	18
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	19
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	
4.1 ผลการวิจัยและการอภิปราย	20
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	24
5.2 ข้อเสนอแนะ	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	25
ภาคผนวก	27
ภาคผนวก ก	28
ภาคผนวก ข	37

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของกังหันลมแกนหมุนแนวนอน	7
3.1 ส่วนประกอบของแบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้า	17
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซี ที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ และ 4 ใบเมื่อเทียบกับเวลา	20
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของใบพัดที่สร้างจากไม้อัด ที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบ และ 8 ใบเมื่อเทียบกับเวลา	21
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซี จำนวนใบพัด 3 ใบและใบพัด 4 ใบเมื่อเทียบกับอัตราการหมุนของกังหันลม	22
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของใบพัดที่สร้างจากไม้อัด จำนวน 4 ใบและ 8 ใบเมื่อเทียบกับอัตราการหมุนของกังหันลม	23

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ก-1 ความต่างศักย์ที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซี จำนวน 3 ใบ	30
ก-2 ความเร็วรอบที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซี จำนวน 3 ใบ	31
ก-3 ความต่างศักย์ที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซี จำนวน 4 ใบ	32
ก-4 ความเร็วรอบที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซี จำนวน 4 ใบ	33
ก-5 ความต่างศักย์ที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากไม้อัด จำนวน 4 ใบ	34
ก-6 ความเร็วรอบที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากไม้อัด จำนวน 4 ใบ	35
ก-7 ความต่างศักย์ที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากไม้อัด จำนวน 8 ใบ	36
ก-8 ความเร็วรอบที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากไม้อัด จำนวน 8 ใบ	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา

พลังงานเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้โลกปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าเทคโนโลยีที่มนุษย์คิดค้นก้าวไกลเพียงใด ความต้องการใช้พลังงานก็ยิ่งเพิ่มขึ้น พลังงานลมเป็นพลังงานธรรมชาติที่มนุษย์ยังไม่ค่อยได้มีการพัฒนา จึงมีความสำคัญลดลงเนื่องจากพลังงานรูปอื่นได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติมีการใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางมากกว่า จนทำให้พลังงานเหล่านี้นลดลง จำเป็นต้องใช้พลังงานลมทดแทนซึ่งไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นพิษทำลายสิ่งแวดล้อม (พงษ์เทพ นามศิริ, 2552) ปัจจุบันพลังงานลมได้รับความสนใจในการศึกษาและพัฒนาให้เกิดประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง ในขณะเดียวกันกังหันลมเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการสูบน้ำ ซึ่งมีการใช้งานกันมาแล้วอย่างแพร่หลาย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2554)

กังหันลมเป็นที่รู้จักและใช้กันมานานแล้ว มีทั้งแกนนอนและแกนตั้งและมีหลายแบบเช่น ซาโวนีเยส คาเรียส โบโลหะหลายโบ แบบโบเป็นผ้า เป็นต้น แต่ราคาค่าต้นทุนของแต่ละแบบนี้ค่อนข้างสูง ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน ด้วยเหตุนี้จึงได้ประดิษฐ์ชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นเพื่อลดต้นทุนในการสร้างและใช้สิ่งของที่ทำได้ในท้องถิ่นมาประดิษฐ์กังหันลมอย่างง่ายขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใบพัดต่อการแปลงพลังงานลมเป็นกระแสไฟฟ้า ระหว่างใบพัดที่ทำจากท่อพีวีซีจำนวนใบพัด 3 ใบและ 4 ใบและใบพัดที่ทำจากไม้อัดจำนวนใบพัด 4 ใบและ 8 ใบ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกังหันลมดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อออกแบบและสร้างใบพัดของชุดกำเนิดไฟฟ้าเพื่อให้กระแสไฟฟ้า
2. เพื่อเปรียบเทียบจำนวนใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีในการแปลงพลังงานลมเป็นกระแสไฟฟ้า
3. เพื่อเปรียบเทียบจำนวนใบพัดที่สร้างจากไม้อัดในการแปลงพลังงานลมเป็นกระแสไฟฟ้า
4. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลมอย่างง่าย

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ใบบัดสร้างจากท่อพีวีซีขนาด $15.2\text{ cm} \times 50.2\text{ cm}$ เป็นแบบใบโค้ง ส่วนหน้าสูง 3.5 cm ส่วนกลางสูง 13 cm ส่วนหลังคือส่วนที่ยึดติดกับโครงสูง 6 cm จำนวน 7 ใบ
2. ใบบัดสร้างจากไม้อัดขนาด $5\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ หนา 4 mm จำนวน 12 ใบ (ใช้กับกังหันที่มีใบบัด 4 และ 8 ใบตามลำดับ)
3. แกนใบบัดสร้างจากไม้หนา 1.5 cm จำนวน 3 แบบ ดังนี้
 - 3.1 แบบโครงสำหรับยึดใบบัด 3 ใบ ไม้หนา 1.5 cm ขนาด $20.3\text{ cm} \times 20.3\text{ cm}$ ทำขนาดรูตรงกลางให้เท่ากับขนาดของแกนเพลลา โดยใช้ดินสอตีเส้นออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆกัน ใช้วงเวียนทำมุมด้านละ 120°
 - 3.2 แบบโครงสำหรับยึดใบบัด 4 ใบ ไม้หนา 1.5 cm ขนาด $20.3\text{ cm} \times 20.3\text{ cm}$ ทำขนาดรูตรงกลางให้เท่ากับขนาดของแกนเพลลา โดยใช้ดินสอตีเส้นออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆกัน ใช้วงเวียนทำมุมด้านละ 90°
 - 3.3 แบบโครงสำหรับยึดใบบัดที่ทำจากไม้ ไม้หนา 1.5 cm มาตัดเป็นรูปวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 cm ใช้ดินสอตีเส้นแบ่งเป็น 8 ส่วนเท่าๆกันด้านหน้า ด้านหลังก็แบ่งเท่ากันแต่เอียงไป 1.5 cm นำเอาเลื่อยตัดเฉียงเข้าไปลึก 2.5 cm
4. ใช้มอเตอร์พัดลมตั้งโต๊ะขนาด 30.48 cm เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการแปลงพลังงานลมเป็นกระแสไฟฟ้า
5. ตัวแปรในการศึกษา
 - ตัวแปรต้น : จำนวนใบบัด
 - ตัวแปรตาม : ความต่างศักย์ไฟฟ้า
 - ตัวแปรควบคุม : ความเร็วลม ขนาดของใบบัด มอเตอร์
6. ระยะเวลาในการทดลอง
 - ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 4 เดือน
7. สถานที่ใช้ในการทดลอง
 - ณ ศาลา อาคาร 9 ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาจำนวนและลักษณะใบบัดต่อการแปลงพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า

2. สามารถนำกระแสไฟฟ้าที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้กับกับนาฬิกา เครื่องคิดเลข วิทยุ ไฟฉายที่ใช้หลอด LED

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. มอเตอร์ คือ มอเตอร์พัดลมตั้งโต๊ะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 cm
2. ใบพัด คือ ใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีขนาด 15.2 cm มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50.2 cm จำนวน 3 และ 4 ใบ และใบพัดที่สร้างจากไม้อัดหนา 4 mm มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 cm จำนวน 4 และ 8 ใบ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการวิจัย

1. พลังงานลม

1.1 ประเภทของลม

ลมเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์และแรงเนื่องจากการหมุนของโลก โดยผิวของโลกในแต่ละส่วนได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ทำให้มวลอากาศที่มีอุณหภูมิสูงมีความหนาแน่นลดลง จึงเบาและลอยขึ้นสู่เบื้องบนทำให้บริเวณนั้นเกิดเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำ ส่วนมวลอากาศบริเวณใกล้เคียงเป็นหย่อมความกดอากาศสูงที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และมีความหนาแน่นมากกว่าจึงเคลื่อนเข้ามาแทนที่ด้วยผลต่างของความกดอากาศ ปัจจัยดังกล่าวเป็นผลให้มวลอากาศเกิดการเคลื่อนที่ซึ่งเรียกว่า ลม (ประไพ จักขุจินดา, 2552: 8)

ลมบกและลมทะเล เกิดจากความร้อนซึ่งแตกต่างกันระหว่างบริเวณทะเลและพื้นดินตามชายฝั่งในตอนเช้าและ ตอนบ่าย เวลากลางวันพื้นแผ่นดินตามชายฝั่งได้รับรังสี จากดวงอาทิตย์ ทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณทะเล ดังนั้นอากาศในบริเวณแผ่นดิน จึงมีความแน่นน้อยกว่า และความกดอากาศลดลงด้วยจึงลอยตัวขึ้น ดังนั้นอากาศเย็น ตาม บริเวณทะเลจะพัดเข้ามาแทนที่ ลมซึ่งพัดจากทะเลนี้เรียกว่า "ลมทะเล" (Sea breeze) ซึ่งเกิดขึ้นในตอน บ่ายและเย็น นอกจากตามชายฝั่งทะเลแล้ว ลักษณะคล้ายลมทะเลนี้อาจจะเกิดขึ้นตามทะเลสาบใหญ่ก็ได้ ส่วนมากลมบก (Land breeze) นั้นเกิดขึ้นในทิศตรงกันข้ามกับทะเล และมีกำลังแรงน้อยกว่าเท่า คือในตอน กลางคืนพื้นน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นแผ่นดิน ดังนั้นอากาศในบริเวณทะเลซึ่งมีความแน่นน้อยกว่าจะลอยตัวขึ้น อากาศเย็น ในบริเวณแผ่นดินจะพัดออกไปแทนที่

ลมภูเขาและลมหุบเขา (Mountain and valley winds) เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสันเขาและหุบเขา โดยลมภูเขาจะพัดจากสันเขาลงไปที่หุบเขาในตอนกลางคืน เนื่องจากบริเวณสันเขาอยู่ในที่สูงกว่าจึงเย็นเร็วกว่าหุบเขาดังนั้นจึงมีลมพัดลงจากยอดเขาสู่หุบเขา ส่วนลมหุบเขาจะพัดจากหุบเขาขึ้นไปสู่สันเขาโดยเกิดขึ้นในตอนกลางวัน เนื่องจากบริเวณหุบเขาเบื้องล่างจะมีอุณหภูมิต่ำกว่ายอดเขาจึงมีลมพัดขึ้นไปตามความสูงของสันเขา นอกจากนี้ยังมีการเรียกชื่อลมตามทิศการเคลื่อนที่ในแต่ละฤดูกาล เช่น ลมมรสุม ซึ่งหมายถึงลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางการเปลี่ยนฤดูคือฤดูร้อนจะพัดอยู่ในทิศทางหนึ่ง และจะพัดเปลี่ยนทิศทางเป็นตรงกันข้ามใน ฤดูหนาว (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2546)

1.2 การประยุกต์ใช้พลังงานลม

ลมเป็นพลังงานที่มนุษย์ใช้มานานกว่า 2,000 ปี โดยใช้กังหันลม (Wind turbine) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกล แล้วนำพลังงานกลมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น การบดสีเมล็ดพืช การสูบน้ำ หรือในปัจจุบันใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า การพัฒนากังหันลมเพื่อใช้ประโยชน์มีมาตั้งแต่ชนชาวอียิปต์โบราณและมีความต่อเนื่องมาถึงปัจจุบัน การออกแบบกังหันลมอาศัยความรู้ทางด้านพลศาสตร์ของลมและหลักวิศวกรรมศาสตร์ในแขนงต่างๆ เพื่อให้ได้กำลัง งาน พลังงาน และประสิทธิภาพสูงสุด

ประเทศไทยมีศักยภาพของพลังงานลมต่ำกว่บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันรวมทั้งบริเวณเกาะและที่ราบปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ติดตั้งสถานีทดลองผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมที่แหลมพรหมเทพจังหวัดภูเก็ต โดยการทดลองใช้งานและเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาระบบในอนาคต พลังงานลมที่จะนำมาใช้หมุนกังหันลมได้จะต้องมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอย่างต่ำ (Start up wind speed) 2.5 m/s โดยทั่วไปแล้วเราจำแนกกังหันลมตามลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างแกนหมุนของกังหันลมกับทิศทางของกระแสลมเป็น 2 ประเภท คือ กังหันลมใบพัดแนวตั้ง (Vertical axis wind turbine) และกังหันลมใบพัดแนวนอน (Horizontal axis wind turbine) ลม (ประไพ จักขุจินดา, 2552: 8)

2. กังหันลม

กังหันลม คือเครื่องจักรกลอย่างหนึ่งที่สามารถรับและแปลงพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกลได้ และนำพลังงานกลผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยการออกแบบกังหันลมจะต้องอาศัยความรู้ทางพลศาสตร์ของลมและหลักวิศวกรรมในแขนงต่างๆเพื่อให้ได้กำลังงาน พลังงาน และประสิทธิภาพสูงสุด (จารุวรรณ ตั้งต้นสกุลวงศ์, 2549: 6)

2.1 ชนิดของกังหันลม

โดยทั่วไปกังหันลมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามแกนหมุนของกังหันลม ได้แก่ กังหันลมที่มีแกนหมุนใน แนวตั้งและกังหันลมที่มีแกนหมุนในแนวนอน ซึ่งทั้งสองชนิดจะประกอบด้วยอุปกรณ์ในการทำงานผลิตไฟฟ้าที่คล้ายกัน เช่น ชุดใบพัด ชุดห้องเกียร์ทดกำลัง ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและชุดเสา โดยจะมีความแตกต่างกันตรงการวางชุดแกนหมุนใบพัด (จารุวรรณ ตั้งต้นสกุลวงศ์, 2549: 4)

1) กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal axis wind turbine) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลมโดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากกับแรงลม มีอุปกรณ์ควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลม เรียกว่า หางเสือ และมีอุปกรณ์ป้องกันกังหันชำรุดเสียหายขณะเกิดลมพัดแรง เช่น ลมพายุและตั้งอยู่บนเสาที่แข็งแรง กังหันลมแบบแกนนอน ได้แก่ กังหันลมวินด์มิลล์

(Windmills) กังหันลมใบสี่ลำแพน นิยมใช้กับเครื่องสูบน้ำ กังหันลมแบบกังล้อจักรยาน กังหันลมสำหรับผลิตไฟฟ้าแบบพรอปเพลเลอร์ (Propeller) โดยมีสูตรคำนวณพลังงานลมสำหรับกังหันลมแนวนอนเป็นดังนี้

$$E_{wind} = \frac{1}{2} \times \rho_{air} \times A^2 \times v^3 \quad (2.1)$$

2) กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical axis wind turbine) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ซึ่งทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง โดยมีสูตรคำนวณพลังงานลมสำหรับกังหันลมแนวตั้งเป็นดังนี้

$$E_{wind} = \frac{1}{2} \times \rho_{air} \times A \times v^3 \quad (2.2)$$

เมื่อ E_{wind} คือ พลังงานลม (m/s)

ρ_{air} คือ ความหนาแน่นของอากาศ มีค่าประมาณ 1.225 Kg/m³

A คือ พื้นที่หน้าตัดของใบพัด (m²)

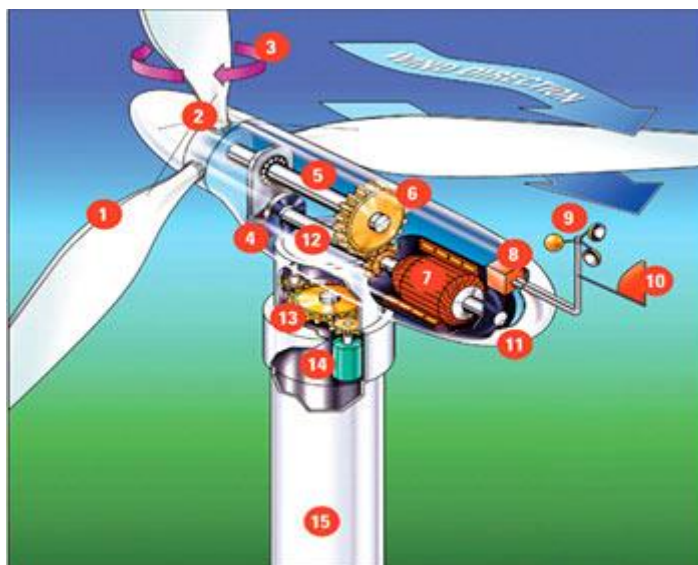
V คือ ความเร็วลม (m/s)

2.2 ส่วนประกอบของกังหันลม

องค์ประกอบที่ประกอบขึ้นเป็นกังหันลมผลิตไฟฟ้าในหนึ่งชุด จะประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลักใหญ่ ๆ ได้แก่ ชุดแกนหมุนใบพัด (Rotor blade) ชุดห้องเครื่อง (Nacelle) ชุดเสา (Tower) และฐานราก (Foundation)

1. ชุดแกนหมุนใบพัด (Rotor blade) เป็นส่วนแรกของกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ทำหน้าที่รับหรือปะทะกับแรงลมโดยประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ดังนี้ (เทคโนโลยีกังหันลม : เวบไซต์)

1.1 ใบพัด (Blade) เป็นส่วนที่ยึดติดกับแกนหมุน (Rotor hub) ทำหน้าที่รับพลังงานจลน์ (Kinetic energy) จากการเคลื่อนที่ของลม และหมุนแกนหมุนเพื่อส่งถ่ายกำลังไปยังเพลาแกนหมุนหลักถูกออกแบบโดยใช้หลักการทางพลศาสตร์ของอากาศเพื่อให้มีน้ำหนักเบาพอเหมาะและเหนียวทนทานรับกับแรงลมได้ดี ใบกังหันลมถือเป็นหัวใจของกังหันลมผลิตไฟฟ้าและมีความละเอียดสูงในการออกแบบ เพราะหากสามารถออกแบบให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูง ก็จะทำให้กังหันลมสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีที่ความเร็วเปลี่ยนไป



ภาพที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของกังหันลมแกนหมุนแนวนอน
(ที่มา http://www.mastertower.com/new_products.htm)

1.2 คุมแกนหมุน (Nose cone) เป็นตัวครอบแกนหมุนที่อยู่ส่วนหน้าสุด มีรูปร่างเป็นวงรีคล้ายไข่เพื่อการถูกลมและมองดูสวยงาม

1.3 จุดปรับหมุนใบพัด (Pitch drive) อยู่ระหว่างช่วงรอยต่อระหว่างใบพัดกับแกนหมุน ทำหน้าที่ในการปรับใบพัดให้มีความพร้อมและเหมาะสมเมื่อเริ่มรับแรงลมต่ำ ๆ เพื่อการเริ่มหมุนใบพัด (Cut in) ปรับใบพัดให้ถูกลมโดยอัตโนมัติเพื่อช่วยในการหยุดหมุนของแกนหมุนเมื่อได้รับแรงลมเกินพิกัด (Cut out) หรือกรณีซ่อมบำรุงรักษา

2. ชุดห้องเครื่อง (Nacelle) เป็นส่วนที่สำคัญของกังหันลมเพราะมีองค์ประกอบย่อยมากที่สุด ถูกออกแบบมาให้มีความเหมาะสมเพื่อเป็นตัวป้องกันสภาพอากาศภายนอกให้กับอุปกรณ์ที่อยู่ภายใน และมีพื้นที่ภายในเพียงพอสำหรับการขึ้นไปติดตั้งและบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ องค์ประกอบย่อยที่ติดตั้งอยู่ในชุดห้องเครื่องมีดังนี้

2.1 เบรก (Brake) เป็นระบบกลไกเพื่อใช้ควบคุมและยึดการหยุดหมุนอย่างสิ้นเชิงของใบพัดและเพลากล่าวของแกนหมุนของกังหันลม

2.2 เพลากล่าวหลัก (Main shaft) ทำหน้าที่รับแรงจากแกนหมุนใบพัดและส่งผ่านเข้าสู่ห้องปรับเปลี่ยนทดรอบกำลัง

2.3 ห้องทดรอบกำลัง (Gear box) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมปรับเปลี่ยนทดรอบการหมุนและถ่ายแรงของเพลากล่าวหลักที่มีความเร็วรอบต่ำ ไปยังเพลากล่าวเล็ก

(Small shaft) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อให้มีความเร็วรอบที่สูงขึ้นและมีความเร็วสม่ำเสมอในการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำหน้าที่แปลงพลังงานกลที่ได้รับเป็นพลังงานไฟฟ้า มีใช้ 2 ประเภท คือ

1. Synchronous generator เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่หมุนด้วยความเร็วคงที่ คือความเร็ว Synchronous Speed (50 Hz) พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีความถี่และแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ ความถี่และแรงดันไฟฟ้าของระบบสายส่ง

2. Induction generator เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีโครงสร้างเหมือน Induction Motor โดยป้อนไฟฟ้ากระแสสลับเข้าที่ชุดสเตเตอร์ ทำให้เกิดฟลักซ์เป็นขั้วแม่เหล็กหมุนตามสภาวะกระแสสลับ ไปเหนี่ยวนำแกนโรเตอร์ให้หมุนตามในตอนที่เริ่มเดิน และเมื่อมีแรงมาขับโรเตอร์ให้หมุนเกินกว่า Synchronous speed จะเกิดการเหนี่ยวนำย้อนกลับ ทำให้เกิดกระแสไหลออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายย้อนกลับเข้าระบบสายส่ง

2.5 ระบบควบคุมไฟฟ้า (Controller system) เป็นระบบควบคุมการทำงานและการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกสู่ระบบด้วยระบบคอมพิวเตอร์

2.6 ระบบระบายความร้อน (Cooling) เป็นระบบเพื่อใช้ระบายความร้อนจากการทำงานของกลไกภายในห้องทรงรอบกำลังและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีการทำงานอย่างต่อเนื่อง ตลอดเวลา

2.7 เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลม (Anemometer and wind vane) [หมายเลข 9,10] เป็นส่วนที่ติดตั้งอยู่ภายนอกห้องเครื่องโดยเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับเป็นตัวชี้วัดปริมาณความเร็วและทิศทางลมเพื่อที่คอมพิวเตอร์จะได้ควบคุมกลไกการทำงานอื่น ๆ ของกังหันลมได้อย่างถูกต้อง

2.8 เฟลาแกนหมุนเล็ก (Small shaft) ทำหน้าที่รับแรงที่มีความเร็วรอบสูงจากห้องทรงรอบกำลัง (Gear box) เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3. **ชุดเสา (Tower)** เป็นตัวแบกรับส่วนที่เป็นชุดแกนหมุนใบพัดและตัวห้องเครื่องที่อยู่ข้างบน ปัจจุบันมีใช้งาน 2 แบบ คือ แบบเสากลมกลวง (Tubular) และเสาโครงถัก (Lattice) โดยปัจจุบันนิยมใช้เสาแบบกลมกลวงมากกว่า ทั้งนี้ชุดเสาดังกล่าวจะต้องมีการออกแบบในเชิงวิศวกรรมมาเป็นอย่างดีก่อนการติดตั้ง เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักและแรงปะทะของลมต่อพื้นที่กวาดใบพัด ขณะที่ความสูงของเสาจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะความสูงในการรับแรงลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด และขนาดของกังหันลม องค์ประกอบย่อยของชุดเสามีดังนี้

3.1 แกนคอหมุนรับทิศทางลม (Yaw drive) เป็นตัวขับเคลื่อนหมุนแกนหมุนใบพัด เพื่อให้ใบพัดรับแรงลมตามทิศทางที่เคลื่อนที่ของลม

3.2 ระบบควบคุมการหมุน (Yaw motor หรือ Hydraulic system) เป็นตัวบังคับและควบคุมกลไกการขับเคลื่อนหมุนเพื่อให้ใบพัดรับแรงลมตามทิศทางที่เคลื่อนที่ของลม และชะลอการหมุนและหยุดหมุนของใบพัด

3.3 บันไดหรือลิฟต์ (Stair or lift) ใช้ในการขึ้นลงสำหรับการตรวจหรือซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่อยู่ด้านบนเสา

3.4 ระบบอุปกรณ์ควบคุมและจอภาพติดตั้งอยู่ด้านล่างสุดของเสาเพื่อให้เจ้าหน้าที่ใช้ในการติดต่อ ตรวจสอบ และตรวจดูข้อมูลระบบการทำงานต่าง ๆ ของกังหันลมผลิตไฟฟ้า

4. ฐานราก (Foundation) เป็นส่วนที่รับน้ำหนักทั้งหมดของชุดกังหันลม ทำเป็นฐานคอนกรีตเสริมเหล็กตั้งอยู่บนเสาเข็มที่ได้รับการคำนวณออกแบบ และทำการก่อสร้างอย่างถูกต้องตามหลักวิศวกรรมโยธา

4.1 ชุดปรับยึดแกนหมุน (Rotor lock) เป็นงานหมุนที่ยึดติดส่วนท้ายของแกนหมุน มีระบบยึดแน่นไม่ให้แกนหมุนมีการขับเคลื่อนหมุนเมื่อได้รับแรงลมเกินพิกัดหรือกรณีซ่อมบำรุงรักษา (นนทวุฒิ ปรีชาวุฒิ, 2552: 7-11)

จากแนวคิดในการประดิษฐ์กังหันลมผลิตไฟฟ้า การนำผลผลิตที่ได้มาใช้ประโยชน์และแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานซึ่งรวมถึงการบรรณรักษ์เพื่อการอนุรักษ์โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงได้ศึกษา ค้นคว้าและจัดทำสิ่งประดิษฐ์คือ แบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าขึ้น

แบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

1. พัดลมใช้ในการเป่าลม 1 ตัว
2. มอเตอร์พัดลมตั้งโต๊ะขนาด 30.48 cm รวมทั้งชุดกังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 ชุด
3. หลอดไฟ LED จำนวน 1 หลอด 1 อัน

ส่วนประกอบหลักของแบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าทั้ง 4 ส่วน ทำหน้าที่ ดังนี้

1. พัดลมขนาด 50.8 cm ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานลม พลังงานจลน์ของลมคือการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ (Lysen, 1982)

จากนิยามของกำลังซึ่งกล่าวว่า กำลังคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน กำลังของลมเป็น input กระทำต่อใบพัดของกังหันลมหรือกำลังของลมจากเครื่องเป่าลมที่ส่งไปกระทำต่อกังหันลมจะมีค่าเป็น

$$P_{air} = \frac{1}{2} \frac{(273.15 \text{ K}) \rho_0}{(T + 273.15 \text{ K})} A v_{air}^3 \quad (2.3)$$

เมื่อ P_{air} คือ กำลังลม (W)

A คือ พื้นที่หน้าตัด (m^2)

V คือ ความเร็วลม (m/s)

ρ_0 คือ ความหนาแน่น (Kg/m^3)

T คือ อุณหภูมิ (K)

2. กังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานกลในการหมุนแม่เหล็กตัดขดลวดซึ่งวางอยู่หนึ่ง เมื่อสนามแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลงจะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดแล้วส่งกระแสเหนี่ยวนำจากขดลวดไปยังวงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์

เมื่อเสียบปลั๊กพัดลม ใบพัดของพัดลมจะหมุน ส่งลมไปยังกังหัน เมื่อใบกังหันลมหมุนแม่เหล็กทรงกระบอกซึ่งสวมติดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของใบพัดลมจะทำหน้าที่เป็น magneto หมุนสนามแม่เหล็กทรงกระบอกตัดกับขดลวดซึ่งอยู่หนึ่ง จะเกิดความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำ (induced generating voltage) ขึ้นในขดลวด โดยฟาราเดย์ (Faraday) พบว่า เมื่อสนามแม่เหล็กทรงกระบอกเกิดการเปลี่ยนแปลงจะเกิดความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดค่าความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับจำนวนรอบของขดลวด พื้นที่หน้าตัดของขดลวด และความเข้มสนามแม่เหล็ก

กฎของฟาราเดย์เขียนแทนด้วยสมการ $V_{gen} = -N \{d(B A) / dt\}$ ซึ่งเราสามารถนำความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้

3. หลอดไฟ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงหากำลังที่กังหันลมผลิตได้ (output) โดยกังหันลมทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้ แล้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า V_{ac} และกระแสสลับ เมื่อมีโหลด I_{ac} คือ วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์ และหลอด LED จำนวน 1 หลอด (ประไฟ จักมูจินดา, 2552: 8)

จากนิยามของกำลังทางไฟฟ้า คือ

$$P = V_{AC} I_{AC} \quad (2.4)$$

หาประสิทธิภาพของกังหันลม จากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพ} = e = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100\% \quad (2.5)$$

$$\therefore e = \frac{V_{AC} I_{AC}}{\left(\frac{(273.15K) \rho_0 A v_{air}^3}{T + 273.15K} \right)} \times 100\% \quad (2.6)$$

$$\therefore e = \frac{2(T + 273.15K) V_{AC} I_{AC}}{(273.15K) \rho_0 A v_{air}^3} \times 100\% \quad (2.7)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า (W)

V_{ac} คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับ (v)

I_{ac} คือ กระแสไฟฟ้าสลับ (A)

e คือ ประสิทธิภาพ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการวิจัย

สราวุธ วังพลับ และ สราวุธ สุขเจริญ (2543) ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างกังหันลมแกนตั้ง ผลการวิจัยกล่าวว่า การออกแบบและสร้างกังหันลมแกนตั้งอัตราเร็วรอบต่ำสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้วัสดุที่เป็นเหล็กเกือบทุกส่วนจึงมีความแข็งแรงทนทานมาก สามารถหมุนด้วยอัตราเร็วรอบสูงได้โดยไม่เกิดความเสียหาย และพบว่ากังหันลมที่สร้างขึ้นนี้ให้ประสิทธิภาพต่ำ คือ ประมาณ 3–6 % และอัตราเร็วที่ได้ค่อนข้างช้าอันเนื่องมาจากปัจจัย คือ ลม สถานที่ตั้ง และน้ำหนัก

สมคิด บำนันน และคณะ (2546) ได้ทดสอบศักยภาพกังหันลมแบบซ้อนใบพบว่าปัจจุบันพลังงานในรูปแบบต่างๆมีราคาสูงขึ้นทำให้เริ่มมีการสนใจเกี่ยวกับพลังงานทดแทนชนิดอื่นรวมถึงพลังงานจากลมด้วยแต่จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าประเทศไทยมีความเร็วลมต่ำไม่สามารถนำลมมาเป็นพลังงานทดแทนได้เนื่องจากไม่คุ้มค่าในการลงทุนดังนั้นเพื่อการแก้ไขปัญหาผู้วิจัยจึงได้สร้างกังหันลมแบบซ้อนใบขึ้นมาเพื่อใช้เก็บพลังงานส่วนที่เหลือจากใบกังหันชุดแรกหรือเสมือนว่าเพิ่มพื้นที่รับลมของกังหันเป็นสองเท่าซึ่งจะมีต้นทุนที่ต่ำกว่าการสร้างชุดใบพัดที่มีขนาดใหญ่โดยจะออกแบบทดสอบชุดกังหันแบบแปดใบและชุดกังหันแบบซ้อนใบโดยการนำเอาชุดกังหันแบบสามใบร่วมกับชุดกังหันแบบแปดใบ จากนั้นนำค่าทั้งสองมาเปรียบเทียบกันผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าชุดกังหันแบบซ้อนใบมีประสิทธิภาพดีกว่าชุดกังหันแบบแปดใบประมาณ 1.4 เท่า จากการคำนวณจุดคุ้มทุนชุดกังหันแบบซ้อนใบมีจุดคุ้มทุนเร็วกว่าชุดกังหันแบบแปดใบประมาณร้อยละ 10 จากผลการทดลองนี้สามารถนำไปใช้ในการวิจัยและพัฒนากังหันลมให้เหมาะสมกับความเร็วลมในประเทศไทยต่อไปได้

วงศ์ณา แก้วไกรสร และสงกรานต์ บุตตะวงศ์ (2546) ได้ศึกษา ออกแบบ และประดิษฐ์เครื่องต้นแบบเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานลมจากพัดลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้พลังงานลมจากพัดลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศหมุนเวียนมาใช้ใหม่เป็นพลังงานทดแทนซึ่งเครื่องต้นแบบที่ได้จะประกอบด้วยไดนาโมจักรยานขนาด 12 V, 6 W เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีใบพลาสติก จำนวน 4 แฉก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40.64 cm เป็นใบพัดรับลม มีระยะห่างระหว่างใบพัดกับพัดลมระบายความร้อนที่เหมาะสม เท่ากับ 10 cm ที่ตำแหน่งห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นครึ่งหนึ่งของรัศมีใบพัดพัดลมระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ จากผลการศึกษาพบว่าเครื่องต้นแบบที่ได้ให้แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 0.44 V และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 42.50 mA ต่อความเร็วลม 1 m/s และจะทำงานได้ดีที่ความเร็วลมมากกว่า 5.5 m/s เครื่องนี้สามารถประจุแบตเตอรี่ ขนาด 6 V ความจุ 4 A/h จำนวน 1 ลูก ภายในระยะเวลา 48 h ที่เครื่องปรับอากาศทำงาน และสามารถวัดประสิทธิภาพได้เท่ากับ 82.85 %

นิพนธ์ เกตุจ้อย และ อชิตพล ศศิธรานุวัฒน์ (2547) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องเทคโนโลยีพลังงานลมลงในวารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร สรุปความว่า วิวัฒนาการกว่า 100 ปี ของเทคโนโลยีพลังงานลมนับจากอดีตถึงปัจจุบันศักยภาพของพลังงานลมในประเทศไทย ทฤษฎีพลังงานลม ส่วนประกอบหลักจุดเด่นจุดด้อย และผลกระทบของกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบต่างๆ การที่จะให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าเข้ามาทดแทนการผลิตไฟฟ้าแบบอื่นๆ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทั้งหมดคงเป็นไปได้ เพราะในอนาคตรูปแบบการใช้พลังงานจะหลากหลายมากขึ้น การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจะลดลงเนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สัดส่วนการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานมวลชีวภาพ และพลังงานลมจะสูงขึ้น ถึงแม้ว่าประเทศไทยมีอัตราเร็วของลมไม่สูงนัก แต่ก็สามารถนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในระดับกิโลวัตต์ได้ ถ้าเริ่มวิจัยและพัฒนาตั้งแต่วันนี้ ในอนาคตประเทศไทยจะมีเทคโนโลยีพลังงานลมเป็นของตัวเอง ไม่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมดเหมือนเช่นเทคโนโลยีอื่นๆ อย่างในปัจจุบัน

วัณณะ สืบกนิร และ บัลลังก์ เนียมมณี (2548) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมคือการควบคุมใบของกังหันลมให้รับลมได้มากหรือน้อยตามต้องการ ทำให้สามารถควบคุมการสกัดพลังงานจากลมของกังหันลมได้ (โดยการปรับมุมใบพัด) โดยการศึกษาและสร้างระบบควบคุมการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบต่าง ๆ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางจากการทดลองพบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสสามารถปรับได้ทั้งขนาดแรงดัน และความเร็ว อย่างอิสระ โดยที่ความเร็วที่ป้อนให้โรเตอร์เมื่อรวมกับความเร็วของโรเตอร์แล้ว ทำให้เกิดสนามเหนี่ยวนำที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสกับสนามที่สเตเตอร์ ซึ่งจะทำได้สามารถรักษาความเร็วที่สเตเตอร์ให้คงที่จึงสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกังหันลมและในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ (ในกรณีที่ระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงมาก) ได้

วิกันดา ศรีเดช (2551) ได้ศึกษาการกำหนดลักษณะใบกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานให้ได้มากที่สุด ในสถิติเฉพาะพื้นที่ พบว่า การใช้ทฤษฎี Blade element momentum ร่วมกับแบบจำลองชดเชยการสูญเสียการไหลเพื่อปรับแก้การไหลเชิงอุดมคติให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในภาษา MATLAB เพื่อใช้เปรียบเทียบผลการทำนายกับผลการทดลองของกังหันลมในสองลักษณะคือกังหันลมแบบใบตรงและกังหันลมแบบใบบิด ได้ใช้โปรแกรมค้นหามุมเฟินที่ดีที่สุดในสถิติลมอันหนึ่ง โดยการปรับมุมเฟินไปจนกระทั่งได้งานรายปีสูงสุดจากนั้นได้คำนวณหามุมเฟินที่ดีที่สุดในกรณีที่สถิติลมเปลี่ยนไปจากเดิมโดยยังมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยเท่าเดิมแต่มีความเบ้ของสถิติลมต่างไปจากเดิม พบว่ามุมเฟินที่ดีที่สุดเปลี่ยนไปจากเดิมทั้งนี้มาเป็นสาเหตุจากการที่ค่าอัตราเร็วลมที่ให้ความหนาแน่นกำลังงานลมสูงสุดเปลี่ยนไปตามความเบ้ของสถิติลม พบว่าการ

ปรับมุมเฟินเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลให้ได้งานรายปีต่างกันพอสมควรในสถิติลมที่มีความเบ้แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบของกังหันลมได้มากพอสมควร

ดำรง เมฆแสนและคณะ (2552) ได้ศึกษากังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่า กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ เป็น พลังงานไฟฟ้าที่สะอาดและ สามารถนำไปใช้งานได้จริงในหลายสถานที่ และยังพัฒนาประสิทธิภาพให้ ผลิตพลังงานไฟฟ้าให้ใช้งานได้หลากหลาย ทำงานได้ตลอดเวลาแม้แต่ลมมีความเร็วลมต่ำโดยมีการออกแบบและสร้างกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้แม่เหล็กถาวร 10 แท่ง ขดลวดเบอร์ 30 พัน 400 รอบ 12 ขด หนึ่งชุด เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพ โดยตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าไว้ในที่ ที่มีลมพัด ความเร็วลมที่ใช้ 0.5-10 เมตร/วินาที สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้ 12 V และสามารถประจุไฟฟ้า ให้กับแบตเตอรี่ ขนาด 12 V ได้

ประไพ จักขุจินดา (2552) ได้ศึกษาแบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้า ที่กล่าวถึงพลังงานที่ได้จากลม มุ่งเน้นที่จะใช้กังหันลม (Wind turbine) เป็นตัวแปลงผันพลังงานจลน์จากลมที่พัดปะทะใบพัดของกังหันลมให้เป็นแรงบิดหมุนเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า แต่การใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้ามีปัญหาคือพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากความเร็วและทิศทางของลมไม่แน่นอน กังหันลมขนาดใหญ่จะเผชิญกับกระแสลมแปรปรวน และมีการสั่นสะเทือนสูงทำให้เกิดความเสียหายกับส่วนประกอบของกังหันลม และส่วนประกอบของกังหันลมที่ติดตั้งในประเทศไทย ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงมีต้นทุนสูง และเป็นการเสียดุลการค้าให้กับต่างประเทศ กังหันลมดังกล่าวไม่เหมาะสมกับอัตราเร็วลมในประเทศไทย เนื่องจากถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานในบริเวณที่มีลมแรงทางตอนเหนือของทวีปยุโรป ซึ่งอัตราเร็วลมต่ำสุดที่จะทำให้กังหันลมเริ่มทำงานมีค่าประมาณ 8 m/s หากนำเข้ากังหันลมเพื่อติดตั้งในประเทศไทยโดยไม่มีการดัดแปลงให้เหมาะสมกับลักษณะความเร็วลมของพื้นที่ก็อาจไม่คุ้มทุนจึงได้พัฒนาเพื่อหารูปแบบและแนวทางใหม่โดยใช้วัสดุที่หาได้ง่ายภายในประเทศเพื่อลดต้นทุนในการสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้า ซึ่งกังหันลมจะรับพลังงานลมที่มีอัตราเร็วลมในย่าน 2-9 m/s มาใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับเครื่องอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน เช่น ไฟฉาย นาฬิกา เครื่องคิดเลข วิทยุ เครื่องชาร์จถ่านไฟฉาย ฯลฯ

ปรกรณ์ อเนกพรพิบูลย์ และคณะ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนากังหันลมแนวตั้งเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ผลการวิจัยกล่าวว่า การทำงานของกังหันลมแนวตั้งซึ่งสามารถปรับองศาของใบพัดในการรับลมได้นั้นสามารถใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมสำหรับอัตราเร็วลมต่างๆ กัน และได้ใช้ความรู้ในด้านพลศาสตร์และอากาศพลศาสตร์ประกอบการออกแบบ

กังหันลมโดยดัดแปลงจากกังหันลมทั่วไปให้มี 3 ชั้น และทำจากวัสดุที่หาง่ายเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการผลิตกระแสไฟฟ้า

วิรัช ไรยนรินทร์และคณะ (2552) ออกแบบและสร้างกังหันลมแบบแรงผสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างบนถนนโดยอาศัยลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและลมจากธรรมชาติเป็นต้นกำเนิดไฟฟ้าในการผลิตไฟฟ้า พบว่าไฟฟ้าที่ผลิตเป็นไฟฟ้ากระแสตรงต้องใช้แบตเตอรี่เก็บกระแสไฟฟ้า โดยความเร็วลมจากธรรมชาติ และความเร็วลมจากยานพาหนะที่เคลื่อนที่มีทิศทางในการไหลไปในทิศทางเดียวกันทำให้ลมที่มาปะทะชุดทดสอบผลิตกระแสไฟฟ้าหมุนตัวที่ความเร็วต่ำและพบว่ากังหัน สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จริง

Poul Sorensen et al. (2002) ได้ศึกษารูปแบบของลมสำหรับการจำลองการความผันผวนของพลังงานจากฟาร์มลม ซึ่งมีการนำเสนอรูปแบบลมซึ่งได้รับการพัฒนาเพื่อการศึกษาของไดนามิกการปฏิสัมพันธ์ระหว่างฟาร์มลมและระบบไฟฟ้าที่พวกเขามีการเชื่อมต่อ ลมรูปแบบจะขึ้นอยู่กับคำอธิบายสเปกตรัมพลังงานของความผันผวนซึ่งรวมถึงการเชื่อมโยงกัน ระหว่างความเร็วลมที่กังหันลมที่แตกต่างกันในฟาร์มกังหันลมพร้อมกับผลของการการรบกวนอย่างการหมุนของใบกังหันลมในใบพัดของกังหันลมแต่ละรูปแบบทั้งในรูปแบบเชิงพื้นที่ของความผันผวนและเงาที่อยู่เบื้องหลังกังหันลมอาคาร จะรวมอยู่ในรูปแบบสำหรับการรบกวนอย่างในการหมุน รุ่นที่มีการตรวจสอบการใช้ลมที่วัดความเร็วและความผันผวนของพลังงานจากกังหันลม

Mohammad Monfared et al. (2008) ได้ศึกษาลมจำลองแบบคงที่และแบบไดนามิกของกังหันโดยใช้ตัวแปลงมอเตอร์กระแสตรงในการควบคุม ซึ่งได้อธิบายกังหันลมจำลองแบบใหม่สำหรับเงื่อนไขแบบไดนามิก ซึ่งได้มีการพัฒนาแพลตฟอร์มการทดลอง to simulate ลักษณะคงที่และแบบไดนามิกของพลังงานลมระบบการแปลงจริง ระบบนี้ประกอบด้วย มอเตอร์กระแสตรง 3 KW เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโคร which drives แปลงเป็น 3 KW เฟสเดียวครึ่งแปลงควบคุม MATLAB / Simulink เวลา โปรแกรมควบคุมจริงเชื่อมถึง I / O คณะกรรมการและแปลงควบคุมมอเตอร์กระแสตรง ที่ใช้แทนกังหันลมจริง รูปแบบของ MATLAB / Simulink มีการพัฒนารูปแบบที่ได้รับลมและโดยใช้ลักษณะของกังหันลมจริงในการเปลี่ยนแปลงและความเร็วในการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง แรงบิดเพลลาของกังหันลมจริงคำนวณ ขึ้นอยู่กับการเปรียบเทียบระหว่างแรงบิดที่คำนวณได้มีคำสั่งอย่างใดอย่างหนึ่งแรงบิดเพลลาของมอเตอร์กระแสตรง ได้รับการควบคุมตามความต้องการในปัจจุบันโดยการควบคุมกระดองของเฟสเดียวครึ่ง ควบคุมการแปลงกระแสสลับกับกระแสตรง ผลของการจำลองและการทดลองยืนยันประสิทธิภาพของการจำลองกังหันลมที่เสนอในการลอกเลียนแบบและการประเมินกังหันต่างๆภายใต้ความหลากหลายของสภาพลม

Sicot et al. (2008) ได้ศึกษาผลของการหมุนและความปั่นป่วนเกี่ยวกับกังหันลมในการตรวจสอบกลไกการแผ่กระจาย ผลการหมุนและความปั่นป่วนเกี่ยวกับใบมีดกังหันลม การตรวจสอบของกลไกการแผ่กระจาย ก็จะมีการประเมินผลการทดลองการหมุนและผลกระทบความปั่นป่วนเกี่ยวกับกังหันลมอากาศยานโดยเฉพาะอย่างยิ่งมุ่งเน้นเกี่ยวกับกลไกการแผ่กระจาย การทดสอบในอุโมงค์ลมประกอบในการวัดความดันบนพื้นผิวของกังหันลมแกนนอน airfoil ภายใต้ระดับความปั่นป่วน freestream ที่แตกต่างจาก 4.5% ถึง 12% วิธีการในการกำหนดตำแหน่งของ จุดแยกในใบที่หมุนได้ขึ้นอยู่กับวิธีการวัดระดับความดัน chordwise ในพื้นที่แยกออกจากกัน ผลการศึกษาพบอิทธิพลของระดับความปั่นป่วน freestream บนตำแหน่งจุดแยก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมยกใบมีดหมุน ในกรณีนี้การศึกษาของตำแหน่งจุดแยกควบคุมกับความดันการแยกแ่งที่แสดง airfoil ที่เสริมยกนี้ดูเหมือนว่าจะเกี่ยวข้องกับค่าที่ต่ำกว่าความดันในพื้นที่แยกออกจากกันค่อนข้างมากกว่าที่จะเป็นปรากฏการณ์ที่ล่าช้าแผ่กระจาย

Shafiqur Rehman et al. (2010) ได้ศึกษาการพัฒนาและประเมินทางเศรษฐกิจของฟาร์มกังหันลมที่ติดตั้งเชื่อมต่อตารางความจุ 20 MW พบว่าฟาร์มกังหันลมจากกำลังที่ผลิตติดตั้ง 20 MW ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศซาอุดีอาระเบีย เป็นฟาร์มกังหันลมที่ถูกออกแบบมาใช้เครื่องลมขนาด 2 MW จากจุดที่เป็นศูนย์กลางความสูง 60 m ฟาร์มกังหันลมนี้สามารถสร้าง 59,037.7 MWh ของการผลิตไฟฟ้าเป็นประจำทุกปีกับปัจจัยกำลังการผลิตจาก 33.7% ไม่รวมการขาดทุนที่เกิดจากการติดตั้งฟาร์มถึง 3.48% กังหันลมมีการใช้ที่ใช้หลากหลายและใช้อุปกรณ์อื่น ๆ ติดตั้งเช่น งานโยธา, ความสมดุลของโรงงานและการดำเนินงานและต้นทุนการบำรุงรักษาฟาร์มกังหันลมที่น่าเสนอสามารถผลิตพลังงานได้ 2.9 KW/h การศึกษาครั้งนี้บ่งชี้อย่างชัดเจนว่าตารางเชื่อมต่อฟาร์มลมอาจจะพัฒนาในและรอบ ๆ บริเวณทำการติดตั้ง

Aziz Remli et al. (2011) ได้ศึกษาการควบคุมระบบการแปลงพลังงานจากแผ่นแม่เหล็กถาวรที่เชื่อมต่อกับตารางไฟฟ้าแบบ Synchronous พบว่าพฤติกรรมพลวัตของพลังงานลมสูงระบบการแปลงพลังงาน (WECS) เชื่อมต่อกับตารางไฟฟ้า ระบบจะประกอบด้วยสามใบกังหันลมแนวนอนเป็นแม่เหล็กถาวรเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโคร (PMSG) ที่มีจำนวนสูงของเสา ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะขจัดเฟืองโดยแปลงความถี่ทางอ้อมระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเส้นตาราง โดยใช้รายละเอียดของความเร็วลมในการแสดงถึงการควบคุมที่แตกต่างกันโดยจะมีวิธีการติดตามสูงสุด (MPPT) และการควบคุมเสียงในระดับที่มีการจำลองกังหันลมตรวจสอบ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ชุดทดลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ



ภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบของแบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้า

พิจารณาส่วนประกอบของแบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าการทำงานของอุปกรณ์หลักแต่ละตัว

1. พัดลม 50.8 cm ยี่ห้อ LUCKY MISU รุ่น LM 20

งานวิจัยนี้ใช้พัดลมระบายอากาศ ทำหน้าที่เป่าลมซึ่งมีใบพัดลมจำนวน 3 ใบ ขนาดใบพัด 50.8 cm แรงดันไฟฟ้า 220 V 50 Hz กระแสไฟฟ้า 0.50 A วัตถุนวนขดลวดชนิด E ส่งพลังงานลมออกจากปากเครื่องเป่าลมไปยังกังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2. กังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ประกอบด้วย ใบพัด 2 ลักษณะแต่ละลักษณะมีใบพัดจำนวน 3, 4 และ 8 ใบ ใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีมีขนาดกว้าง 15.2 cm ยาว 50.2 cm เป็นแบบใบโค้ง ส่วนหน้าสูง 1.75 cm ส่วนกลางสูง 5.6 cm ส่วนหลังคือส่วนที่ยึดติดกับโครงสูง 3.5 cm จำนวน 7 ใบ ส่วนใบพัดที่สร้างจากไม้อัดมีขนาดกว้าง 5 cm ยาว 30 cmหนา 4 mm จำนวน 8 แผ่น และจะสร้างแบบโครงสำหรับยึดใบพัด 3 ใบ

ใช้ไม้ขนาดกว้าง 20.3 cm ยาว 20.3 cm ทำขนาดรูตรงกลางให้เท่ากับขนาดของแกนเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และจะใช้มอเตอร์พัดลม 12 นิ้ว เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการทดลอง

เมื่อเป่าพัดลม ส่งลมไปหมุนใบกังหันลม แม่เหล็กทรงกระบอกซึ่งสวมติดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของใบพัดลมจะทำหน้าที่เป็น magneto หมุนสนามแม่เหล็กทรงกระบอกตัดกับขดลวดซึ่งอยู่นิ่ง จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นในขดลวด แล้วส่งไปยังวงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์

3. หลอดไฟคือ LED เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้และปล่อยแสงสว่างออกมาทันที ซึ่งแสงสว่างนี้เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำ

4. เครื่องวัดความเร็วลม (anemometer)
5. มัลติมิเตอร์ (multimeter)
6. เครื่องวัดความเร็วรอบ (tachonometer)

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. สร้างชุดทดลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดกลาง จากท่อพีวีซีและไม้อัดโดยใช้มอเตอร์พัดลมขนาด 30.48 cm หมุนสนามแม่เหล็กกับขดลวดซึ่งอยู่นิ่ง จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นในขดลวด และจะใช้พัดลม 20 นิ้ว ยี่ห้อ LUCKY MISU รุ่น LM 20 ในการเป่าลมส่งลมไปยังใบพัดกังหันลม ให้มอเตอร์พัดลมหมุนในอัตราเร็วคงตัวค่าหนึ่ง โดยวางกังหันลมแต่ละตัวห่างจากพัดลมที่เท่ากัน

2. เลือกมอเตอร์ที่มีแรงเสียดทานต่ำ โดยในการวิจัยนี้จะเลือกใช้มอเตอร์พัดลม 30.48 cm

3. เมื่อเลือกมอเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดได้แล้วประกอบชิ้นส่วนของมอเตอร์เข้ากับกังหันลม แล้วนำไปทำการทดลองโดยวางพัดลมตั้งฉากกับกรอบกังหันลมให้ไกลจากพัดลม 1 m

4. เปิดพัดลมส่งลมไปหมุนกังหันลมแล้ว เป่าพัดลมไปยังกังหันลมทุกๆ 1 min
5. ใช้มาตรฐานความเร็วลมวัดอัตราเร็วของลม
6. ใช้มาตรฐานอัตรารอบวัดอัตราการหมุนของกังหันลมว่าหมุนกี่รอบต่อนาที
7. ใช้มาตรฐานความต่างศักย์วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น
8. ใช้มาตรฐานกระแสไฟฟ้าวัดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น
9. วัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสสลับในขณะที่มี Load คือ หลอดไฟ LED

10. นำตัวแปรสำคัญที่วัดได้มาแสดงผลความสัมพันธ์ในรูปภาพ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาสร้างกราฟโดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของโพลีเมอร์เทียบกับเวลาและความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของโพลีเมอร์เทียบกับอัตราการหมุนของกังหันลมของโพลีเมอร์แต่ละชนิด

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ (Average, $\bar{x}$)

การหาค่าเฉลี่ยคือ ตัวเลขแทนปริมาณจำนวนข้อมูลหรือข้อเท็จจริงของสิ่งต่างๆ ที่คนทั่วไปต้องการศึกษาหาความรู้ ใช้เพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดมารวมกันโดยหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมดเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.1)$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (V)

$\sum x$ คือ ผลรวมของปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

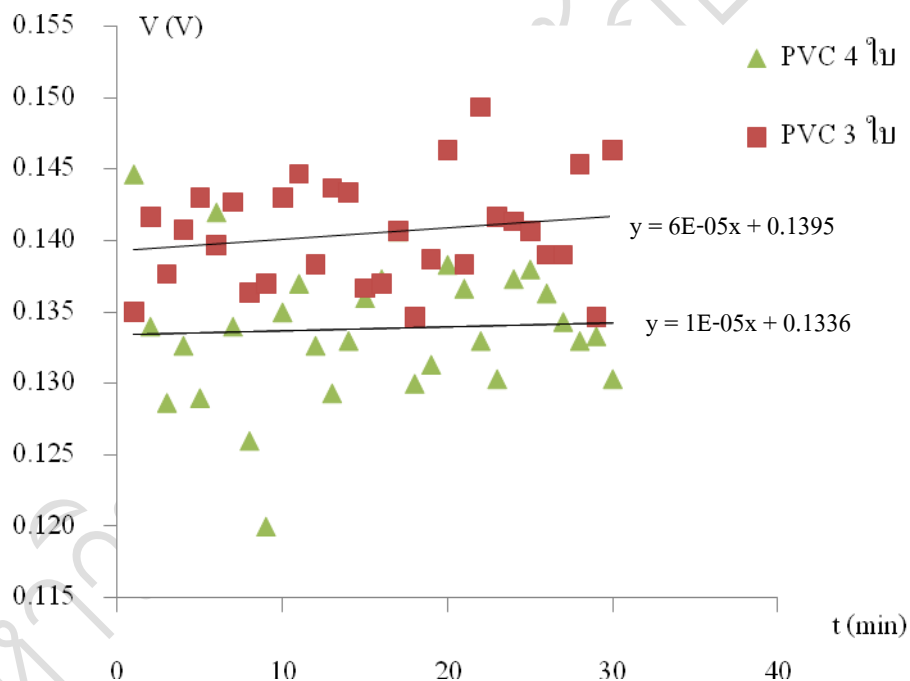
n คือ จำนวนครั้งของการทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

4.1 ผลการวิจัยและการอภิปราย

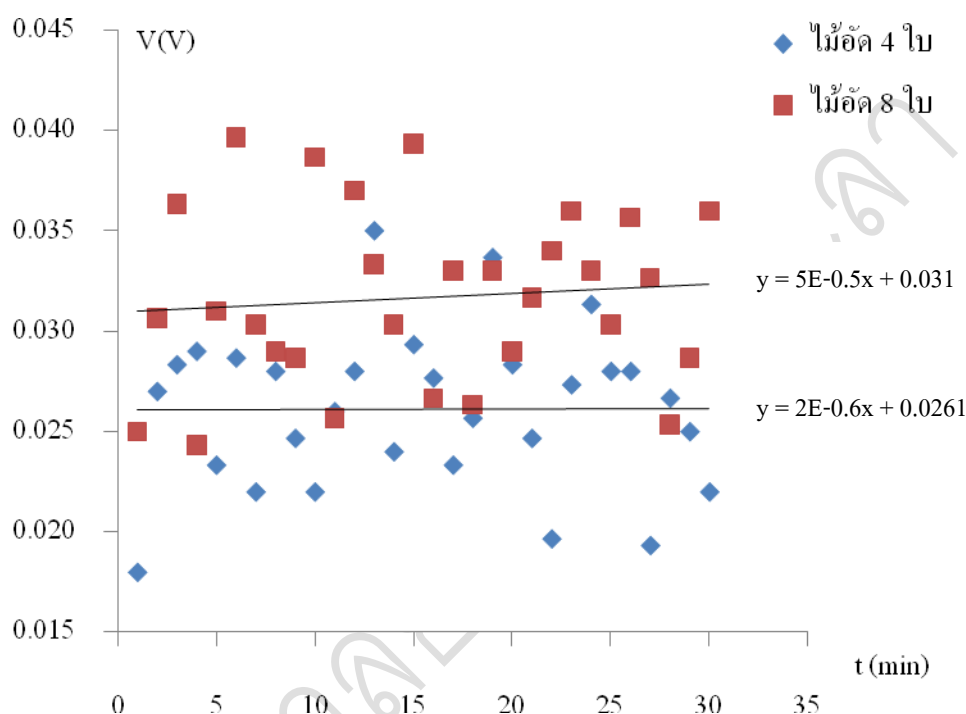
เมื่อวางชุดทดลองกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างจากท่อพีวีซีที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบและ 4 ใบ ที่ระยะห่าง 1 m ระหว่างพัดลมกับชุดทดลองกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้า พัดลมให้กำเนิดลมมีอัตราเร็ว 3.0 m/s เป่าลมไปยังชุดทดลองกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าโดยให้ค่าความต่างศักย์เมื่อเทียบกับเวลาแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีเมื่อเทียบกับเวลา

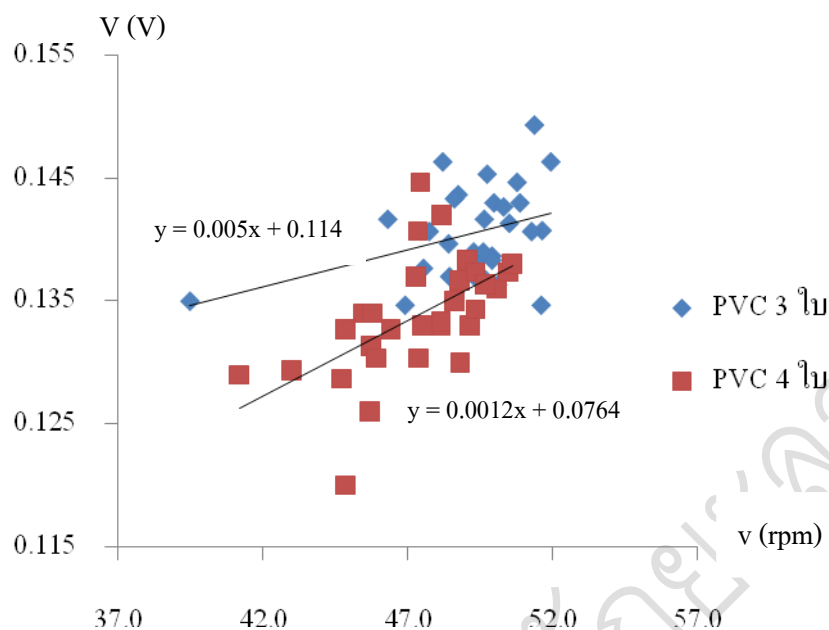
ภาพที่ 4.1 ผลการทดลองวัดค่าความต่างศักย์ของใบพัดเมื่อเทียบกับเวลาพบว่าชุดทดลองกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบมีค่าความต่างศักย์มากกว่าชุดทดลองกักกันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบ เนื่องจากอัตราส่วนความเร็ว ณ ปลายใบพัดเมื่อเทียบกับความเร็วลมของใบพัดแต่ละจำนวนมีค่าต่างกันเมื่อเทียบกับความเร็วลมที่เท่ากันคือใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีจะมีน้ำหนักมาก ซึ่งน้ำหนักและจำนวนของใบพัดจะมีผลต่อการหมุนของกังหันลมทำให้ใบพัดที่เบาสามารถให้ค่าความเร็วรอบที่มากกว่าซึ่ง ค่าความต่างศักย์ที่ได้ไม่คงที่

เมื่อวางชุดทดลองกึ่งหุ้มผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างจากไม้อัดที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบและ 8 ใบ ที่ระยะห่าง 1 m ระหว่างพัดลมกับชุดทดลองกึ่งหุ้มผลิตกระแสไฟฟ้า พัดลมให้กำเนิดลมมีอัตราเร็ว 3.0 m/s เป่าลมไปยังชุดทดลองกึ่งหุ้มผลิตกระแสไฟฟ้าโดยให้ค่าความต่างศักย์เมื่อเทียบกับเวลาแสดงในภาพที่ 4.2



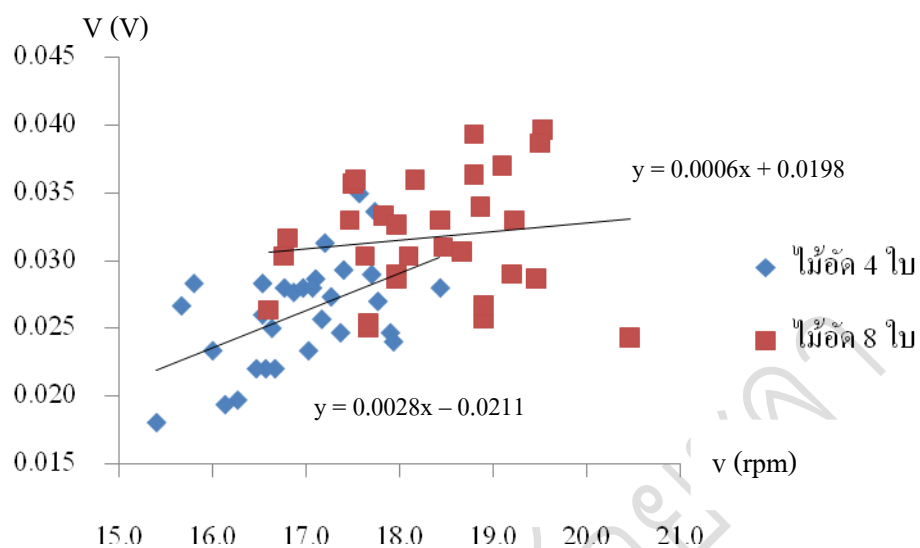
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของใบพัดที่สร้างจากไม้อัดเมื่อเทียบกับเวลา

ภาพที่ 4.2 ผลการทดลองวัดค่าความต่างศักย์ของใบพัดเมื่อเทียบกับเวลาพบว่าชุดทดลองกึ่งหุ้มผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีใบพัดจำนวน 8 ใบมีค่าความต่างศักย์มากกว่าชุดทดลองกึ่งหุ้มผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบเนื่องจากอัตราส่วนความเร็ว η พลาใบพัดเมื่อเทียบกับความเร็วลม ของใบพัดแต่ละจำนวนมีค่าต่างกันเมื่อเทียบกับความเร็วลมที่เท่ากันคือใบพัดที่สร้างจากไม้อัดจะมีความเบาและเมื่อจำนวนใบพัดยิ่งลดลงค่าความเร็วรอบก็ลดลงด้วยทำให้ค่าความต่างศักย์ที่ได้ไม่คงที่



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีจำนวน 3 ใบและ 4 ใบ เมื่อเทียบกับอัตราการหมุนของกังหันลม

ภาพที่ 4.3 ผลการทดลองวัดอัตราการหมุนของชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างจากท่อพีวีซีที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบและ 4 ใบมีค่าความต่างศักย์แปรผันตรงกับอัตราการหมุนของกังหันลม และชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างจากท่อพีวีซีที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ มีค่าความต่างศักย์มากกว่าชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบคือใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีจำนวน 3 ใบสามารถให้ค่าความเร็วรอบได้มากกว่าใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีจำนวน 4 ใบเนื่องจากความเร็วลมที่ปลายใบพัดแต่ละชนิดมีค่าต่างกันคือใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีจะมีน้ำหนักมากซึ่งน้ำหนักและจำนวนของใบพัดจะมีผลต่อการหมุนของกังหันลม



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของใบพัดที่สร้างจากไม้อัดจำนวน 4 ใบและ 8 ใบเมื่อเทียบกับอัตราการหมุนของกังหันลม

ภาพที่ 4.4 ผลการทดลองวัดอัตราการหมุนของชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างจากไม้อัดที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบและ 8 ใบมีค่าความต่างศักย์แปรผันตรงกับอัตราการหมุนของกังหันลม และชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างจากไม้อัดที่มีใบพัดจำนวน 8 ใบ มีค่าความต่างศักย์สูงกว่าชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบ เนื่องจากความเร็วลมที่ปลายใบพัดแต่ละชนิดมีค่าต่างกันคือปลายใบพัดของไม้อัดจำนวน 8 ใบ สามารถรับลมได้มากกว่าปลายใบพัดจำนวน 4 ใบ เนื่องจากใบพัดที่สร้างจากไม้อัดจะมีความเบาทำให้ใบพัดที่มีจำนวน 4 ใบ ไม่สามารถรับลมได้เต็มที่เพราะมีช่องลมผ่านเป็นแนวกว้าง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ทำงานภายใต้อิทธิพลของลมจากพัดลม โดยลมที่ส่งมาถึงกังหันลมมีค่า 3.0 m/s ชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างจากท่อพีวีซีทั้ง 3 ใบและ 4 ใบ หมุนสนามแม่เหล็กทรงกระบอกตัดขดลวดซึ่งอยู่นิ่ง เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดน้อยมากจนไม่สามารถที่วัดออกมาเป็นตัวเลขได้ และเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดของใบพัดจำนวน 3 ใบ มีค่าเท่ากับ 0.141 V และใบพัดจำนวน 4 ใบ มีค่าเท่ากับ 0.134 V ในขณะเดียวกันชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างจากไม้อัดที่มีจำนวน 4 ใบมีค่าความต่างศักย์เท่ากับ 0.026 V และใบพัดที่มีจำนวน 8 ใบมีค่าเท่ากับ 0.032 V จนไม่สามารถที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้เป็นที่น่าสนใจเนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้มีการหมุนเร็วรวมกับกำลังลมที่ทดลองมีค่าน้อย และนำพลังงานที่ได้ไปใช้ได้กับหลอด LED จำนวน 1 หลอด

ชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าที่ออกแบบใช้ในงานวิจัยนี้พบว่าใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีจำนวน 3 ใบให้ค่าความต่างศักย์ได้ดีกว่าใบพัดจำนวน 4 ใบ ส่วนใบพัดที่สร้างจากไม้อัดจำนวน 8 ใบให้ค่าความต่างศักย์มากกว่าใบพัดจำนวน 4 ใบ เนื่องจากว่างานวิจัยนี้เป็นเพียงชุดทดลองกังหันลมต้นแบบที่เป็นจุดเริ่มต้นของการนำกังหันลมขนาดจิ๋วมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนากังหันลมขนาดจิ๋วที่แพร่หลายและนำมาใช้เป็นพลังงานที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคตได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรวิจัยเพื่อการปรับปรุงชุดทดลองกังหันลมต้นแบบให้มีกำลังการผลิตและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยการเลือกใช้มอเตอร์และกำลังลมที่เหมาะสมในการทดลอง
2. ควรวิจัยเพื่อการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและกระตุ้นให้หารูปแบบกังหันลมที่สามารถให้กระแสไฟฟ้าได้มากที่สุดและสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในครัวเรือน
3. ควรวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการจัดเก็บกระแสไฟฟ้าของชุดทดลองกังหันลม

เอกสารอ้างอิง

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2554). [On-line]. Available: <http://www2.egat.co.th> [2554, มิถุนายน 11]
- กิตติพงษ์ ทันมิธ. (2524). การจำลองคุณสมบัติทางไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมขนาด 1 กิโลวัตต์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- จิระ อัฐรัตน์. (2552). การสร้างกังหันลมด้วยไม้อัด. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จารุวรรณ ตั้งต้นสกุลวงศ์. (2549). การจำลองการไหลผ่านกังหันลมแกนตั้งแบบ 3 ใบกังหัน. ใน การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2 27-29 กรกฎาคม 2549. มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี.
- คอนสัน ปงผาบ. (2550). เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม. มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- ดำรง เมฆแสน และคณะ. (2552). กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า. วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- นนทวุฒิ ปรีชาวุฒิ. (2552). Test การออกแบบใบกังหันลมแกนนอนที่เหมาะสมสำหรับความเร็วต่ำ. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- นิพนธ์ เกตุจ้อยและคณะ. (2547). เทคโนโลยีพลังงานลม. ใน วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร 2004; 12(2); 57-73. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ปกรณ์ อเนกพรพิบูลย์และคณะ. (2552). การพัฒนากังหันลมแนวตั้งเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- ประไพ จักขุจินดา. (2552). แบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้า. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.
- พงษ์เทพ นามศิริ. (2552). การประยุกต์ใช้กังหันลมขนาดเล็ก 200 วัตต์เพื่อผลิตพลังงานทดแทนบน ไซโล. สาขาวิชาการบริหารเทคโนโลยี วิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- วงค์นภา แก้วไกรสร และสงกรานต์ บุตตะวงศ์. (2549). ศึกษา ออกแบบและเครื่องต้นแบบเพื่อผลิต พลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานลม จากพัฒนาระบายความของเครื่องปรับอากาศ. มหาวิทยาลัย ราชภัฏมหาสารคาม.
- วัฒนะ สืบกนิร และบัลลังก์ เนียมมณี. (2550). กังหันลม. ใน วิศวกรรมสารเอเชียอาคเนย์ ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มิถุนายน-พฤศจิกายน 2550. มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.
- วิรัช ไรยนรินทร์และคณะ. (2552). กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าบนถนน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมนกมลธัญบุรี.

- วิกัณดา ศรีเดช. (2550). การกำหนดลักษณะใบกังหันลมเพื่อพลังงานให้ได้มากที่สุดในสถิติลมเฉพาะพื้นที่. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ยุทธชัย เกียวสันเทียะ. (2547). การศึกษาและพัฒนากังหันลมสำหรับการสูบน้ำในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สราวุธ วังพลับและคณะ. (2543). การออกแบบและสร้างกังหันลมแกนตั้ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สมคิด บ้านนบ. (2549). การทดสอบศักยภาพกังหันลมแบบช้อนใบ. มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย.
- Devinant, S.P., Loyer, S.,& Hureau, J. (2008). Rotational and turbulence effects on a wind turbine blade. Investigation of the stall mechanisms. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics** 96 (2008) 1320-1331. Laboratory of machineries and Energy.
- Monfared, M., Kojabadi, H.M.,& Rastegar, H. (2007). **Static and dynamic wind turbine simulator using a converter controlled dc motor.** Sahand University of Technology.
- Rehman, S., Ahmad, A.,& Al-Hadhrani, L.M. (2010). Development and economic assessment of a grid connected 20MW installed capacity wind farm. **Contents list available at ScienceDirect Renewable and Sustainable Energy Reviewa.** King Fahd University of Petroleum and Minerals.
- Remli, A., Aouzellag, D.,& Ghedamsi, K. (2011). Study and Control of Wind Energy Conversion System based Permanent Magnet Synchronous Generator connected to the Grid. **International Journal of Research and Review in Computing Engineering** Vol. 1, No. 1, March 2011. University of Bejaia.
- Monfared, M., Kojabadi, H.M.,& Rastegar, H. (2007). **Static and dynamic wind turbine simulator using a converter controlled dc motor.** Sahand University of Technology.
- Sorensena, P., Hansena, A.D.,& Rosas, P.A. (2002). Wind models for simulation of power fluctuations from wind farms. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics** 90 (2002) 1381-1402. Technical University of Denmark.

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลองวัดความเร็วรอบและความต่างศักย์ของชุดทดลองกังหันลม
ผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ ก-1 ความต่างศักย์ที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซี จำนวน 3 ใบ

t (min)	ความต่างศักย์ (v)			ค่าเฉลี่ยความต่างศักย์ (v)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	0.167	0.116	0.120	0.135
2	0.162	0.131	0.132	0.142
3	0.162	0.129	0.122	0.138
4	0.170	0.140	0.148	0.141
5	0.168	0.134	0.127	0.143
6	0.163	0.132	0.124	0.140
7	0.168	0.122	0.138	0.143
8	0.166	0.128	0.115	0.136
9	0.167	0.124	0.120	0.137
10	0.170	0.128	0.131	0.143
11	0.169	0.137	0.128	0.145
12	0.166	0.127	0.122	0.138
13	0.168	0.131	0.132	0.144
14	0.162	0.128	0.140	0.143
15	0.162	0.132	0.116	0.137
16	0.164	0.128	0.119	0.137
17	0.169	0.131	0.122	0.141
18	0.162	0.127	0.115	0.135
19	0.163	0.133	0.120	0.139
20	0.170	0.127	0.142	0.143
21	0.159	0.131	0.125	0.138
22	0.165	0.147	0.136	0.149
23	0.162	0.130	0.133	0.142
24	0.159	0.133	0.132	0.141
25	0.171	0.132	0.119	0.141
26	0.165	0.130	0.122	0.139
27	0.163	0.130	0.124	0.139
28	0.164	0.137	0.135	0.145
29	0.143	0.130	0.131	0.135
30	0.164	0.141	0.134	0.146
ค่าเฉลี่ย				0.141

ตารางที่ ก-2 ความเร็วรอบที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซี จำนวน 3 ใบ

t (min)	ความเร็วรอบ (rpm)			ค่าเฉลี่ยความเร็วรอบ (rpm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	57.9	19.3	41.2	39.5
2	54.8	41.1	43.0	46.3
3	56.7	43.4	42.5	47.5
4	57.5	50.1	47.3	51.6
5	57.1	49.2	43.6	50.0
6	58.7	46.8	39.7	48.4
7	60.3	43.8	46.8	50.3
8	60.9	49.2	40.2	50.1
9	60.0	43.8	41.5	48.4
10	61.2	46.0	45.4	50.9
11	60.3	48.6	43.4	50.8
12	60.9	42.2	45.2	49.4
13	59.6	41.2	45.4	48.7
14	58.1	44.3	43.4	48.6
15	59.5	46.8	42.0	49.4
16	59.8	47.5	41.4	49.6
17	58.2	53.6	42.0	51.3
18	60.1	47.3	47.4	51.6
19	60.0	49.6	40.1	49.9
20	61.5	49.7	44.6	52.0
21	53.6	50.9	45.2	49.9
22	56.1	50.7	47.3	51.4
23	59.0	44.6	45.3	49.6
24	56.4	50.4	44.7	50.5
25	55.8	45.1	42.3	47.7
26	59.3	43.7	44.8	49.3
27	56.4	47.4	45.0	49.6
28	55.9	48.2	45.1	49.7
29	49.6	45.8	45.3	46.9
30	55.7	47.9	41.0	48.2
ค่าเฉลี่ย				49.2

ตารางที่ ก-3 ความต่างศักย์ที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซี จำนวน 4 ใบ

t (min)	ความต่างศักย์ (v)			ค่าเฉลี่ยความต่างศักย์ (v)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	0.154	0.141	0.139	0.145
2	0.153	0.123	0.126	0.134
3	0.160	0.103	0.123	0.129
4	0.161	0.116	0.121	0.133
5	0.161	0.106	0.120	0.129
6	0.156	0.120	0.150	0.142
7	0.159	0.109	0.134	0.134
8	0.141	0.114	0.123	0.126
9	0.139	0.103	0.118	0.120
10	0.159	0.118	0.128	0.135
11	0.162	0.124	0.125	0.137
12	0.155	0.105	0.138	0.133
13	0.165	0.100	0.123	0.129
14	0.163	0.114	0.122	0.133
15	0.163	0.120	0.125	0.136
16	0.162	0.126	0.124	0.137
17	0.160	0.131	0.131	0.141
18	0.159	0.106	0.125	0.130
19	0.157	0.114	0.123	0.131
20	0.157	0.121	0.137	0.138
21	0.156	0.127	0.127	0.137
22	0.154	0.123	0.122	0.133
23	0.159	0.108	0.124	0.130
24	0.160	0.129	0.123	0.137
25	0.160	0.131	0.123	0.138
26	0.156	0.120	0.133	0.136
27	0.155	0.124	0.124	0.134
28	0.155	0.118	0.126	0.133
29	0.163	0.113	0.124	0.133
30	0.159	0.105	0.127	0.130
ค่าเฉลี่ย				0.134

ตารางที่ ก-4 ความเร็วรอบที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซี จำนวน 4 ใบ

t (min)	ความเร็วรอบ (rpm)			ค่าเฉลี่ยความเร็วรอบ (rpm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	49.4	46.0	46.9	47.4
2	51.7	39.6	45.1	45.5
3	53.7	35.6	44.8	44.7
4	53.7	37.1	43.7	44.8
5	38.9	40.9	43.7	41.2
6	54.2	45.5	44.8	48.2
7	53.2	41.6	42.5	45.8
8	48.4	43.3	45.3	45.7
9	47.5	46.1	40.9	44.8
10	58.1	45.1	42.6	48.6
11	58.3	41.5	42.0	47.3
12	56.9	38.3	44.0	46.4
13	49.8	33.5	45.6	43.0
14	58.3	45.4	43.7	49.1
15	56.8	46.6	46.8	50.1
16	60.8	47.3	43.3	50.5
17	58.7	39.3	44.0	47.3
18	59.7	41.7	45.0	48.8
19	55.0	41.7	40.5	45.7
20	56.5	44.8	45.8	49.0
21	58.1	43.2	45.0	48.8
22	54.8	46.2	43.3	48.1
23	55.9	43.3	42.9	47.4
24	57.4	47.6	43.0	49.3
25	56.3	48.7	46.8	50.6
26	55.3	47.0	46.7	49.7
27	57.4	47.3	43.3	49.3
28	56.3	42.9	43.3	47.5
29	56.5	43.4	44.5	48.1
30	56.4	38.9	42.4	45.9
ค่าเฉลี่ย				47.3

ตารางที่ ก-5 ความต่างศักย์ที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากไม้อัด จำนวน 4 ใบ

t(min)	ความต่างศักย์ (v)			ค่าเฉลี่ยความต่างศักย์ (v)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	0.018	0.013	0.023	0.018
2	0.021	0.034	0.026	0.027
3	0.018	0.036	0.031	0.028
4	0.018	0.033	0.036	0.029
5	0.011	0.020	0.039	0.023
6	0.030	0.031	0.025	0.029
7	0.014	0.023	0.029	0.022
8	0.020	0.031	0.033	0.028
9	0.020	0.032	0.022	0.025
10	0.012	0.019	0.035	0.022
11	0.020	0.022	0.036	0.026
12	0.036	0.020	0.028	0.028
13	0.026	0.040	0.039	0.035
14	0.022	0.023	0.027	0.024
15	0.028	0.027	0.033	0.029
16	0.020	0.029	0.034	0.028
17	0.018	0.028	0.024	0.023
18	0.030	0.019	0.028	0.026
19	0.033	0.036	0.032	0.034
20	0.015	0.037	0.033	0.028
21	0.020	0.025	0.029	0.025
22	0.022	0.022	0.015	0.020
23	0.015	0.035	0.032	0.027
24	0.023	0.039	0.032	0.031
25	0.021	0.028	0.035	0.028
26	0.022	0.030	0.032	0.028
27	0.011	0.029	0.018	0.019
28	0.019	0.029	0.032	0.027
29	0.019	0.034	0.022	0.025
30	0.016	0.031	0.019	0.022
ค่าเฉลี่ย				0.026

ตารางที่ ก-6 ความเร็วรอบที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากไม้อัด จำนวน 4 ใบ

t (min)	ความเร็วรอบ (rpm)			ค่าเฉลี่ยความเร็วรอบ (rpm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	16.0	14.6	15.6	15.4
2	16.1	18.6	18.6	17.8
3	14.9	17.4	15.1	15.8
4	16.5	18.4	18.2	17.7
5	14.5	16.3	17.2	16.0
6	17.9	17.7	15.7	17.1
7	15.1	19.0	15.9	16.7
8	14.0	17.9	18.4	16.8
9	16.0	18.5	19.2	17.9
10	14.2	17.2	18.3	16.6
11	14.8	17.5	17.3	16.5
12	18.0	16.4	20.9	18.4
13	16.7	18.9	17.1	17.6
14	16.6	17.5	19.7	18.0
15	16.2	17.9	18.1	17.4
16	15.6	17.0	18.0	16.9
17	15.1	16.8	18.4	17.0
18	17.2	16.3	18.0	17.2
19	15.5	19.1	18.6	17.7
20	16.4	18.3	14.9	16.5
21	16.3	16.6	19.2	17.4
22	15.9	14.8	18.1	16.3
23	14.9	19.4	17.5	17.3
24	16.7	18.7	16.2	17.2
25	15.8	17.3	17.8	17.0
26	16.8	15.5	18.9	17.1
27	13.9	18.6	15.9	16.1
28	16.9	14.2	15.9	15.7
29	17.0	16.6	16.3	16.6
30	15.1	17.4	16.9	16.5
ค่าเฉลี่ย				16.9

ตารางที่ ก-7 ความต่างศักย์ที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากไม้อัด จำนวน 8 ใบ

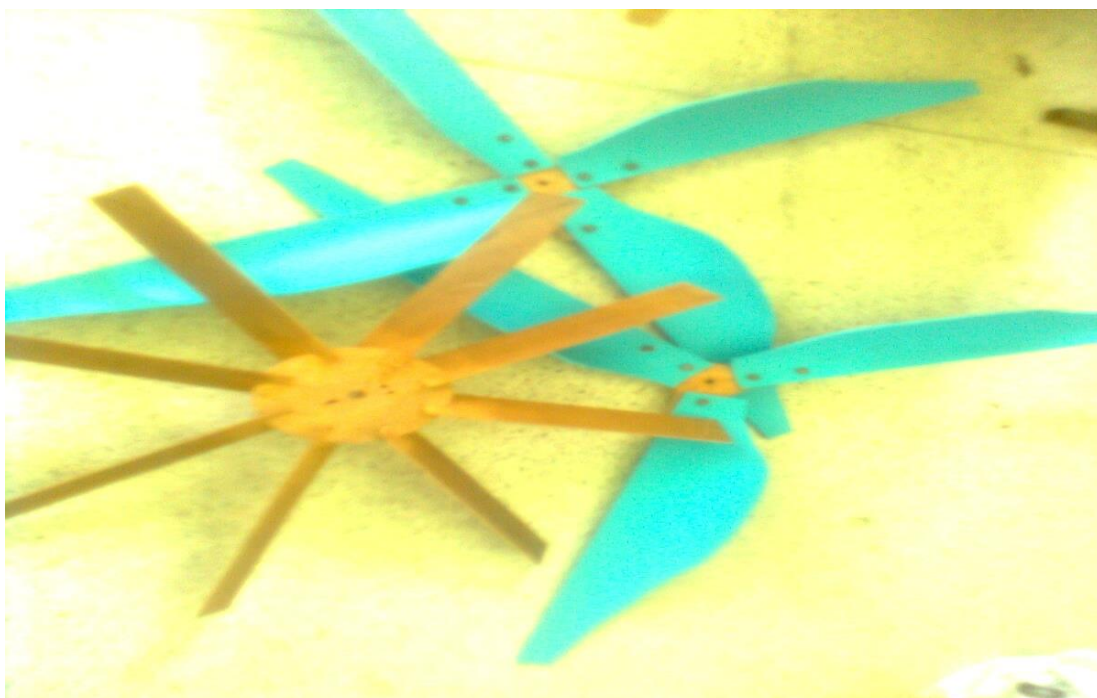
t (min)	ความต่างศักย์ (v)			ค่าเฉลี่ยความต่างศักย์ (v)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	0.028	0.025	0.022	0.025
2	0.028	0.037	0.027	0.031
3	0.032	0.038	0.039	0.036
4	0.022	0.040	0.011	0.024
5	0.025	0.038	0.030	0.031
6	0.045	0.032	0.042	0.040
7	0.029	0.029	0.033	0.030
8	0.029	0.034	0.024	0.029
9	0.023	0.028	0.035	0.029
10	0.040	0.040	0.036	0.039
11	0.019	0.023	0.035	0.026
12	0.023	0.046	0.042	0.037
13	0.027	0.033	0.040	0.033
14	0.019	0.037	0.035	0.030
15	0.039	0.037	0.042	0.039
16	0.027	0.025	0.028	0.027
17	0.029	0.034	0.036	0.033
18	0.018	0.039	0.022	0.026
19	0.024	0.039	0.036	0.033
20	0.036	0.029	0.022	0.029
21	0.028	0.026	0.041	0.032
22	0.030	0.044	0.028	0.034
23	0.028	0.046	0.034	0.036
24	0.033	0.043	0.023	0.033
25	0.026	0.035	0.030	0.030
26	0.039	0.032	0.036	0.036
27	0.029	0.043	0.026	0.033
28	0.027	0.038	0.011	0.025
29	0.022	0.028	0.036	0.029
30	0.026	0.047	0.035	0.036
ค่าเฉลี่ย				0.032

ตารางที่ ก-8 ความเร็วรอบที่ได้จากการหมุนใบพัดที่สร้างจากไม้อัด จำนวน 8 ใบ

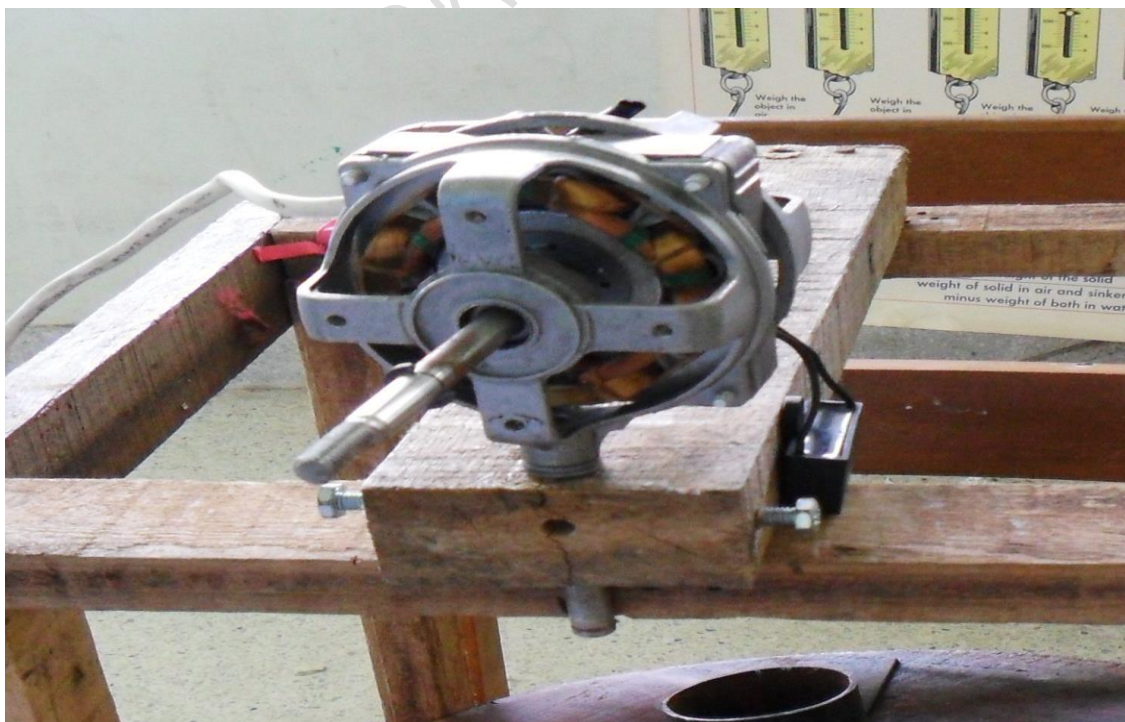
t (min)	ความเร็วรอบ (rpm)			ค่าเฉลี่ยความเร็วรอบ (rpm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	17.5	16.0	19.5	17.7
2	17.3	19.2	19.5	18.7
3	17.3	18.4	20.7	18.8
4	18.1	25.1	18.2	20.5
5	16.9	20.0	18.5	18.5
6	20.5	20.0	18.1	19.5
7	16.9	18.7	18.7	18.1
8	18.7	18.1	17.1	18.0
9	16.9	18.5	18.5	18.0
10	19.2	18.7	20.6	19.5
11	18.2	17.9	20.6	18.9
12	18.2	18.6	20.5	19.1
13	17.2	15.7	20.6	17.8
14	13.5	19.6	19.8	17.6
15	18.8	19.0	18.6	18.8
16	18.2	16.6	21.9	18.9
17	18.5	19.6	19.6	19.2
18	14.8	18.3	16.7	16.6
19	15.0	19.6	20.7	18.4
20	18.3	19.6	19.7	19.2
21	15.0	17.9	17.5	16.8
22	19.3	20.4	16.9	18.9
23	16.8	20.3	17.4	18.2
24	16.8	20.1	15.5	17.5
25	16.0	17.3	17.0	16.8
26	18.5	15.3	18.7	17.5
27	17.5	17.3	19.1	18.0
28	18.2	20.2	14.6	17.7
29	19.6	20.5	18.3	19.5
30	16.6	18.2	17.8	17.5
ค่าเฉลี่ย				18.3

ภาคผนวก ข

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ ข-1 ใบพัดที่สร้างจากท่อพีวีซีและไม้อัดที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ ข-2 มอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง



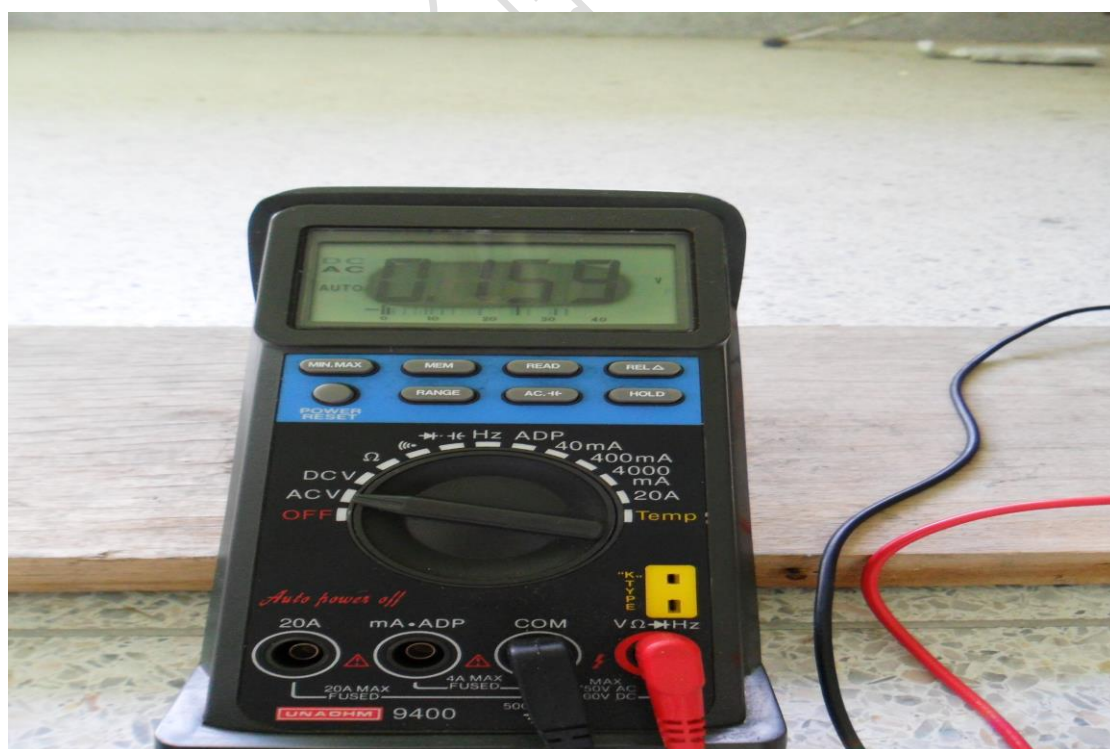
ภาพที่ ข-3 ประกอบใบพัดแต่ละชนิดเข้ากับมอเตอร์



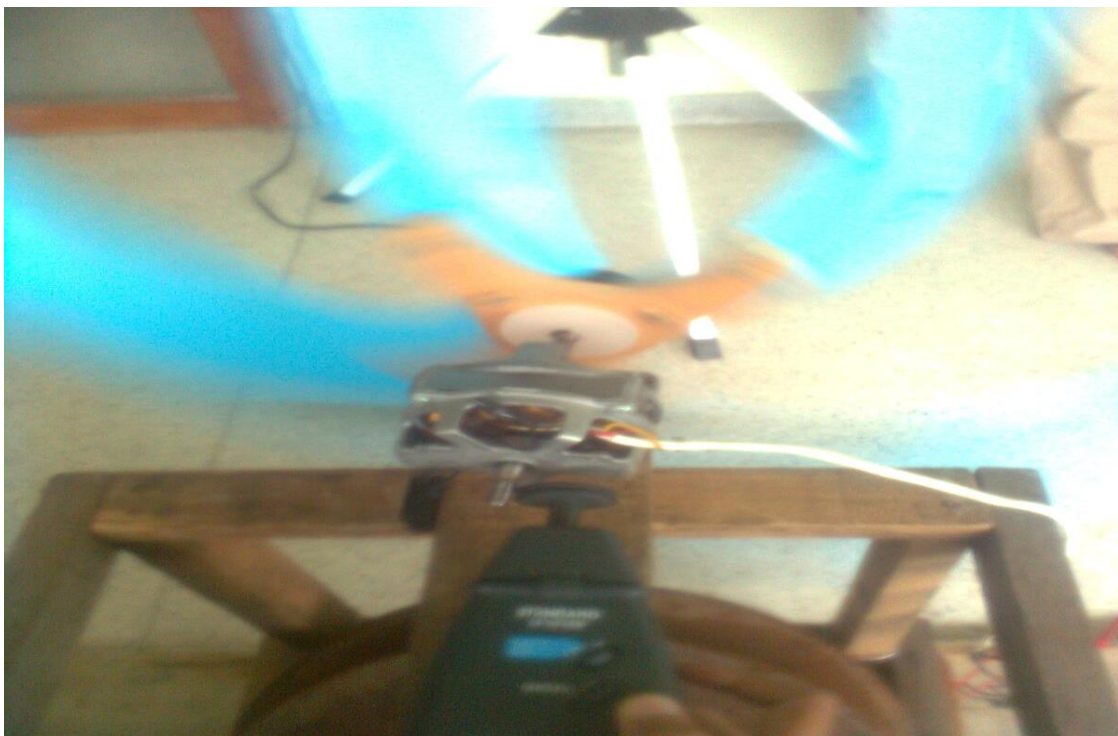
ภาพที่ ข-4 ประกอบหลอด LED เข้ากับสายไฟฟ้า



ภาพที่ ข-5 ทำการทดลองชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ ข-6 ตั้งอย่างความต่างศักย์ที่ได้จากการทดลอง



ภาพที่ ข-6 วัดความเร็วรอบของชุดทดลองกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ ข-7 ตัวอย่างความเร็วรอบที่ได้จากการทดลอง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาว ชูไรดา คอเลาะ รหัสนักศึกษา 405113028

โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 5

เกิดวันที่ 3 เดือน มกราคม พ.ศ. 2532 ศาสนา อิสลาม

ภูมิลำเนาเดิม

บ้านเลขที่ 62/5 หมู่ที่ 2 ตำบลจอบะ

อำเภอโขง

จังหวัดนราธิวาส 96180

สถานที่พักอาศัยในปัจจุบัน

หอนอนหญิง 6 ราชพฤกษ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

133 ถนน เทสบาล 3 ตำบล สะเตง อำเภอ เมือง

จังหวัดยะลา 95000

โทรศัพท์ 0807038696

การศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอัครศาสนวิทยา

ตำบลโขง อำเภอโขง จังหวัดนราธิวาส



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวซูรียา บินสะอิด รหัสนักศึกษา 405113049

โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 5

เกิดวันที่ 29 เดือน เมษายน พ.ศ. 2533 ศาสนา อิสลาม

ภูมิลำเนาเดิม

บ้านเลขที่ 196/5 หมู่ที่ 11 ตำบลโคกเคียน

อำเภอเมือง

จังหวัดนราธิวาส 96000

สถานที่พักอาศัยในปัจจุบัน

หออนหญิง 7 ศรีตรัง มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

133 ถนน เทศบาล 3 ตำบล สะเตง อำเภอ เมือง

จังหวัดยะลา 95000

โทรศัพท์ 0849646930

การศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอัครศาสน์วิทยา

ตำบลยี่งอ อำเภอยี่งอ จังหวัดนราธิวาส

