



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมสำหรับแหล่งเรียนรู้ในชุมชน : กรณีศึกษา
ณ ตำบลบางขุนทอง อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส
(Wind Power Electrical Generation System for Rural
Education : Case Study at Tambon Bangkuntong
Amphoe Takbai, Narathiwat Province)

โดย

อีลีหัยะ สนิโซ

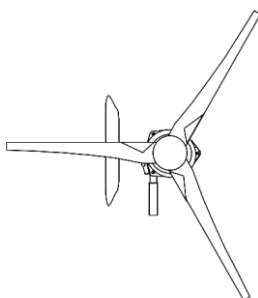
Eleeyah Saniso

มะรุติง กาศา

Maruding Kasa

ฮูเซ็ง ชายดানা

Huseng Chaidana



ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมสำหรับแหล่งเรียนรู้ในชุมชน : กรณีศึกษา

ณ ตำบลบางขุนทอง อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส

(Wind Power Electrical Generation System for Rural

Education : Case Study at Tambon Bangkuntong

Amphoe Takbai, Narathiwat Province)

โดย

อีลีหัยะ สนิโซ

Eleeyah Saniso

มะรุติง กาศา

Maruding Kasa

ฮูเซ็ง ชายดานา

Huseng Chaidana

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

งานวิจัยเรื่อง ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมสำหรับแหล่งเรียนรู้ในชุมชน : กรณีศึกษา
 ณ ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส

ชื่อผู้วิจัย นายอิทธิยะ สนิโซ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์มะรุติง กาชา
 นายฐิษฐ์ ชายดانا

ปีงบประมาณ 2555

บทคัดย่อ

พลังงานลมเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานทดแทนที่มากด้วยประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้โดยเฉพาะพลังงานลมขนาดเล็กที่ไม่มีความสลับซับซ้อน ราคาการผลิตต่อหน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ถูกกว่าพลังงานแสงอาทิตย์ การวิจัยนี้จึงมุ่งออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดเล็ก ณ ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส โดยใช้มอเตอร์เครื่องซักผ้าขนาด 800-1000 วัตต์ เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

จากการศึกษาพบว่า สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดเล็กที่ผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 42.2 โวลต์ ณ ความเร็วรอบเท่ากับ 105.6 รอบต่อนาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดเล็กจากมอเตอร์เครื่องซักผ้าเป็นเทคโนโลยีพื้นฐานที่สามารถปรับปรุงและพัฒนาเพื่อผลักดันให้เป็นนวัตกรรมของท้องถิ่นในประเทศได้ เนื่องจากระบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดเล็กมีความเหมาะสมกับการใช้งานในครัวเรือนชนบท ซึ่งสามารถประดิษฐ์ได้ง่าย ใช้เงินลงทุนต่ำ ไม่ยุ่งยากในการติดตั้งและสามารถควบคุมดูแลระบบได้โดยครัวเรือนชนบท

คำสำคัญ : พลังงานทดแทน ระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานลม

Title Wind Power Electrical Generation System for Rural Education :
Case Study at Tambon Bangkuntong Amphoe Takbai
Narathiwat Province

Researcher Mr. Eleeyah Saniso
Mr. Maruding Kasa
Mr. Huseng Chaidana

Year 2012

Abstract

The windpower is one of the most efficient renewable energy sources. It is particularly suited to small-scale applications typically being far cheaper per unit (kWh) of electricity produced than solar power. The objective of this research is to novel windpower system design and construct at the Tambon Bangkuntong, Amphoe Takbai, Narathiwat province. The generating electrical power of 800-1000 W, on using a AC of washing machine motor, as a generator.

The result in addition, the wind electric generator can be set up appropriately. The alternator as a generator produces a maximum of 42.2 V at speed of 105.6 rpm. The windpowers system from washing machine motor, as a generator are base improved technology systems that have potential for improvement with scope for local innovations that have been gaining momentum in the country. Wind power is much more suitable and affordable by the rural community due to it's comparatively low investment, disturbs little to local setting and can easily be operated and managed by local community.

Keywords : Alternative energy Electrical generation system Wind power

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัย เรื่อง ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมสำหรับแหล่งเรียนรู้ในชุมชน : กรณีศึกษา ณ ตำบลบางขุนทอง อำเภอบางบาล จังหวัดนราธิวาส (Wind Power Electrical Generation System for Rural Education : Case Study at Tambon Bangkuntong Amphoe Takbai, Narathiwat Province) สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ขอขอบคุณนายสมกรณ์ ชัยวรการณ อาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอบคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาฟิสิกส์ ที่ร่วมลงพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์และรวบรวมข้อมูลการทดลองจนทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ อันพึงได้จากรายงานวิจัยนี้ขอมอบแด่ ครู อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องตลอดจนผู้สนใจทุกท่าน

อัสหัยะ สนิโซ

มะรุติง กาชา

ฮูเซ็ง ชายดانا

พฤษภาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(5)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
3.1 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์	17
3.2 การดำเนินการวิจัย	17
3.3 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล	23
บทที่ 4 ผลและอภิปรายผลการวิจัย	25
4.1 ผลการสร้าง และติดตั้งเสากังหันลม	25
4.2 ผลการสร้างชุดกำเนิดไฟฟ้า ทางเสือ และใบพัด	26
4.3 ผลการทดสอบชุดกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วลมต่างๆ	27
4.4 ผลการทดสอบผลิตไฟฟ้า ณ ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ	29
จ.นราธิวาส	
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	33
5.1 สรุปผลการทดลอง	33

5.2 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	36
ประวัติย่อผู้วิจัย	59

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงต่างๆ ระหว่างเดือน ม.ค.-ก.ย. 2550	1
ภาพที่ 2.1 การไหลของอากาศผ่านกังหันลม	4
ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบของกังหันลมแกนหมุนแนวนอน	6
ภาพที่ 2.3 ลักษณะของคลื่นรูปไซน์	7
ภาพที่ 2.4 ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเดี่ยว	7
ภาพที่ 2.5 ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเชื่อมต่อเข้าระบบสายส่ง	8
ภาพที่ 2.6 ลักษณะทั่วไปของ ตำบลบางขุนทอง อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส	9
ภาพที่ 2.7 อาณาเขตพื้นที่ของตำบลบางขุนทอง	9
ภาพที่ 2.8 แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย	10
ภาพที่ 2.9 กำลังและความเร็วลม จ.นราธิวาส เฉลี่ยรายปีรวมช่วงลมสงบ	11
ภาพที่ 2.10 กำลังและความเร็วลม จ.นราธิวาส เฉลี่ยรายปีไม่รวมช่วงลมสงบ	12
ภาพที่ 2.11 แผนภาพความเร็วและพลังงานลมที่ความสูง 50 เมตร เดือน มิ.ย. 2548	14
ภาพที่ 2.12 แผนภาพความเร็วและพลังงานลมที่ความสูง 100 เมตร เดือน มิ.ย. 2548	14
ภาพที่ 2.13 กังหันลมของสำนักงานเมืองพัทยาที่ เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี	15
ภาพที่ 2.14 ชุดวงจรโหลดเทียม	16
ภาพที่ 3.1 ชุดกังหันลมผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย	18
ภาพที่ 3.2 ชุดมอเตอร์เครื่องชักผ้า	18
ภาพที่ 3.3 แกนหางเสือบังคับทิศทางของใบพัด	19
ภาพที่ 3.4 หางเสือกังหันลมอย่างง่ายจากไม้อัด	19
ภาพที่ 3.5 (ก) การวัดและแบ่งส่วนไม้ และ (ข) การตากไม้เพื่อทำใบพัดกังหันลมอย่างง่าย	20
ภาพที่ 3.6 เสากังหันลมขนาดกว้างด้านละ 26 cm เชื่อมต่อเป็นโครงจากเหล็กฉาก	21
ภาพที่ 3.7 ฐานติดตั้งเสาและลวดสลิงยึดเสากังหันลม	21
ภาพที่ 3.8 การติดตั้งเสาและสมอบกเพื่อยึดลวดสลิงเข้ากับเสากังหันลม	21

ภาพที่ 3.9	ช่องบันไดทางขึ้นด้านข้างของเสาเข็มหลุม	22
ภาพที่ 3.10	โครงเสาเข็มหลุมที่ติดตั้งบนฐานแล้วยึดด้วยลวดสลิง	22
ภาพที่ 4.1	การสร้างฐานต่อม่อเสาเข็มหลุม	25
ภาพที่ 4.2	การติดตั้งโครงเสาเข็มหลุม	26
ภาพที่ 4.3	หางเสือจากไม้อัดความหนา 1.0 cm	26
ภาพที่ 4.4	การประกอบใบพัดเข้ากับชุดมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้า	27
ภาพที่ 4.5	การประกอบและทดสอบชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม	28
ภาพที่ 4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4.7	กังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย	29
ภาพที่ 4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ	30
ภาพที่ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบ	31

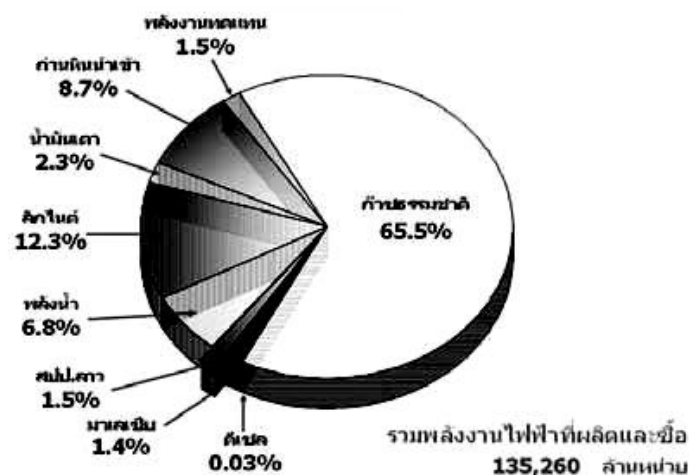
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โลกปัจจุบันกำลังเผชิญปัญหาภาวะสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง อันเนื่องมาจากส่วนใหญ่ใช้ ถ่านหินและน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานหลักในกระบวนการต่างๆ ของมนุษย์ทั่วโลก (ดาวัลย์, 2546) ซึ่งการที่แต่ละประเทศได้พึ่งพาการนำเข้าวัตถุดิบดังกล่าวในปริมาณที่สูงมากจนกลายมาเป็นผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและเป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อน (Global warming) อันส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกอย่างรุนแรงทุกขณะ เช่น การเกิดภาวะแห้งแล้งยาวนาน ธารน้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ความร้อนในมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้น เกิดไฟป่ารุนแรงและบ่อยครั้ง (ไกรพัฒน์, 2551; บัณฑิต และคณะ, 2550) ที่เป็นปัญหารุนแรงของนานาประเทศทั่วโลก ทำให้การแสวงหาแหล่งพลังงานอื่นๆ มาทดแทนเป็นเรื่องสำคัญยิ่ง รวมทั้งมีการนำองค์ความรู้ในสาขาต่างๆ มาประเมินวิเคราะห์ และศึกษาความเหมาะสมในการนำเทคโนโลยีด้านพลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียนกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เพื่อใช้ในการทดแทนและแก้ปัญหาด้านพลังงาน โดยรอบๆ ตัวเรายังมีแหล่งพลังงานมหาศาล สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น ที่สำคัญยังเป็นพลังงานสะอาดและไม่เป็นมลภาวะให้กับโลก นั่นก็คือ พลังงานลม ซึ่งถือได้ว่าเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งในการสนับสนุนพัฒนาความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ

สำหรับประเทศไทยโดยภาพรวมด้านการผลิตไฟฟ้า จากต้นเดือนมกราคม-กันยายน 2550 ประเทศไทยพึ่งพาก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าประมาณร้อยละ 65.50 ของปริมาณการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด (ภาพที่ 1.1)



ภาพที่ 1.1 สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงต่างๆ ระหว่างเดือนมกราคม–กันยายน 2550
(ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

ขณะที่อัตราส่วนของพลังงานรูปแบบอื่นๆ รวมกันเพียงร้อยละ 34.50 กำลังผลิตติดตั้งรวมของโรงไฟฟ้าทั้งหมดคิดเป็น 28,530.3 MW โดยร้อยละ 55.40 เป็นโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ที่เหลืออีกร้อยละ 44.60 ประกอบด้วยผู้ผลิตรายใหญ่ (IPP) ผู้ผลิตรายย่อย (SPP) และซื้อจากประเทศเพื่อนบ้าน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550) และด้านสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ได้ประมาณการอัตราการเพิ่มรายได้ประชาชาติในระยะ 15 ปีต่อไป ตามแผนพัฒนา ฉบับที่ 10 11 และ 12 เฉลี่ยร้อยละ 5.40 คิดเป็นอัตราค่าเฉลี่ยของความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละประมาณ 1,400,000 kW จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาพลังงานทดแทนมาให้เพียงพอต่อการความต้องการของประเทศ เพื่อลดภาระการนำเข้าพลังงานดังกล่าว (ประเสริฐ, 2535) จึงจำเป็นที่จะต้องหันมาวิจัยและหาแหล่งพลังงานทดแทน (Renewable energy) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น พลังงานจากชีวมวล (Biomass energy) (Palanichamy *et al.*, 2002) พลังงานลม (Wind energy) (David *et al.*, 2008; Himri *et al.*, 2005; Jovcic, 2008; Mabel and Velasco *et al.*, 2004) และพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) (Akhtar *et al.*, 2008; Bwana, 2009; Calogero and Marco, 2008; Liu *et al.*, 2008; Ramakrishna, 2007) เป็นต้น

อย่างไรก็ดีถ้าพิจารณาลงไปถึงระดับชุมชนในท้องถิ่นโดยเฉพาะในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ความรู้ ความเข้าใจ และการรับทราบข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องพลังงานทดแทนยังมีน้อยมาก คณะผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าวและต้องการหาแหล่งพลังงานทดแทนที่มีอยู่เนิ่นนานก่อให้เกิดประโยชน์ จึงเลือกพลังงานลม โดยการเปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีการพัฒนา ติดตั้ง และทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำที่สามารถใช้งานได้จริงในชุมชน ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส โดยการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า ที่ระดับความสูง 30 m จากพื้นดิน มีความเร็วลม 5.9-6.5 m/s และที่ระดับความสูง 50 m จากพื้นดิน มีความเร็วลม 6.4-7.0 m/s ซึ่งมีความเร็วลมอยู่ในระดับ 3 (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2553) จึงมีศักยภาพเพียงพอที่จะติดตั้งกังหันลมขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นเอง เพื่อเป็นต้นแบบการใช้พลังงานลมผลิตไฟฟ้า เป็นแหล่งจัดการเรียนการสอน แหล่งเรียนรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสำหรับท้องถิ่นในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายสำหรับชุมชน

1.2.2 เพื่อทดสอบและวิเคราะห์ความเหมาะสมของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายสำหรับชุมชน ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส

1.2.3 เพื่อเป็นแหล่งจัดการเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายในท้องถิ่น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เชิงทดลองที่มุ่งศึกษา ออกแบบ สร้างและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย โดยมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1.3.1 ศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส

1.3.2 ออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย ณ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา และ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส

1.3.3 ติดตั้งและทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส โดยวัดความเร็วลม กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่ได้เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายสำหรับชุมชน

1.3.4 วิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ของการพัฒนาและนำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายไปขยายผลในชุมชนของพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ชุดผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่สามารถใช้งานได้จริง

1.4.2 ได้ทราบอิทธิพลของความเร็วมที่มีต่อปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตได้ ณ สถานที่จริง

1.4.3 ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติและ/หรือระดับนานาชาติ

1.4.4 ได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการระดับชาติและ/หรือระดับนานาชาติ

1.4.5 มหาวิทยาลัย หน่วยงาน องค์กรส่วนท้องถิ่น และโรงเรียนในพื้นที่สามารถใช้เป็นแหล่งในการจัดการเรียนรู้ในสถานที่จริง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

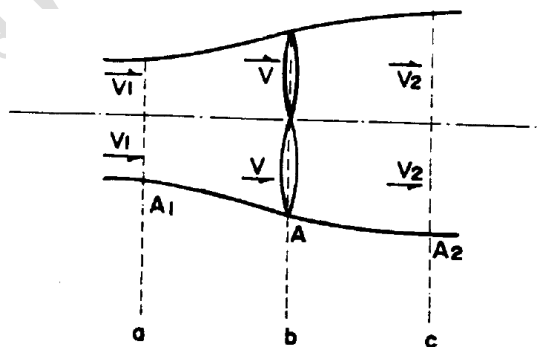
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 พลังงานไฟฟ้าจากพลังลม (Wind power)

ลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันอากาศ และแรงจากการหมุนของโลก ลมเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีอยู่ในตัวเองและมีอยู่โดยทั่วไป ไม่ต้องซื้อ เป็นพลังงานที่สะอาด (Green energy) ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อมและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักจบ การใช้ประโยชน์จากพลังงานลมจะอยู่ในรูปของกังหันลม ซึ่งแบ่งออกเป็น กังหันลมแบบแกนตั้ง (Vertical axis wind turbine, VAWT) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของลมในแนวราบ ทำให้สามารถรับลมในแนวราบได้ทุกทิศทาง และกังหันลมแบบ แกนนอน (Horizontal axis wind turbine, HAWT) เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลม มีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากกับแรงลม มีอุปกรณ์ควบคุมกังหันให้หันไปตามทิศทางของกระแสลม เรียกว่า หาง เสือและมีอุปกรณ์ป้องกันกังหันชำรุดเสียหายขณะเกิดลมพัดแรง

เมื่อพิจารณากระแสลมที่มีความหนาแน่น ρ และความเร็ว V พัดผ่านพื้นที่หน้าตัด A ในช่วง หนึ่งหน่วยเวลา จะมีกำลังลม P_w ที่ได้จากพลังงานจลน์ ดังนี้

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



ภาพที่ 2.1 การไหลของอากาศผ่านกังหันลม

กังหันลมจะสกัดกำลังงานที่มีอยู่ในกระแสลมมาใช้ประโยชน์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ถ้ากำหนดให้ C_p เป็นสัมประสิทธิ์กำลังงาน (Power coefficient) ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้สัดส่วนของกำลังงานที่กังหันจะสามารถสกัดได้จากกระแสลม โดยให้ P แทนกำลังงานที่ได้จากกังหันลม จะได้ดังนี้

$$P = C_p P_w = \frac{1}{2} C_p \rho A V^3 \quad (2.2)$$

พิจารณากังหันลมที่มีพื้นที่หน้าตัดรับลม A ตั้งรับกระแสลมซึ่งมีความเร็วลม V_1 (ภาพที่ 2.1) ณ พื้นที่หน้าตัด A_1 , A และ A_2 ของตำแหน่ง a , b และ c มีค่าความเร็วลม V_1 , V และ V_2 ตามลำดับ จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ต่อเนื่อง (Continuity equations) ได้ดังนี้

$$A_1 V_1 = A V = A_2 V_2 \quad (2.3)$$

การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของกระแสลม ณ หน่วยเวลา t เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$P = \frac{1}{2} \rho A V (V_1^2 - V_2^2) \quad (2.4)$$

และปริมาณการเปลี่ยนแปลงของกระแสลมที่มีต่อกังหัน โดยแรง F เขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$F = \rho A V (V_1 - V_2) \quad (2.5)$$

ซึ่งสามารถคิดเป็นกำลังงานได้ ดังนี้

$$P = FV = \rho A V^2 (V_1 - V_2) \quad (2.6)$$

ดังนั้น

$$\rho A V^2 (V_1 - V_2) = \frac{1}{2} \rho A V (V_1^2 - V_2^2) \quad (2.7)$$

และ

$$V = \frac{1}{2} (V_1 + V_2) \quad (2.8)$$

โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของความเร็วลม V_1 และ V_2 จะสามารถหาค่าสูงสุดของการสกัดกำลังงานจากกระแสลมให้ได้สูงสุด ได้โดยกำหนดให้ $V_2 = (d) \times (V_1)$ แล้วแทนค่าลงในสมการที่ (2.4) ดังนี้

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{2} \rho A \left[\frac{1}{2} (V_1 + dV_1) \right] (V_1^2 - d^2 V_1^2) \\ &= \frac{1}{4} \rho A V_1^3 (1 + d)(1 - d^2) \end{aligned} \quad (2.9)$$

โดยค่า P จะมีค่าสูงสุดเมื่อ $\frac{\partial P}{\partial d} = 0$ และ ณ จุดนี้พบว่า $d = \frac{1}{3}$ ดังนั้น

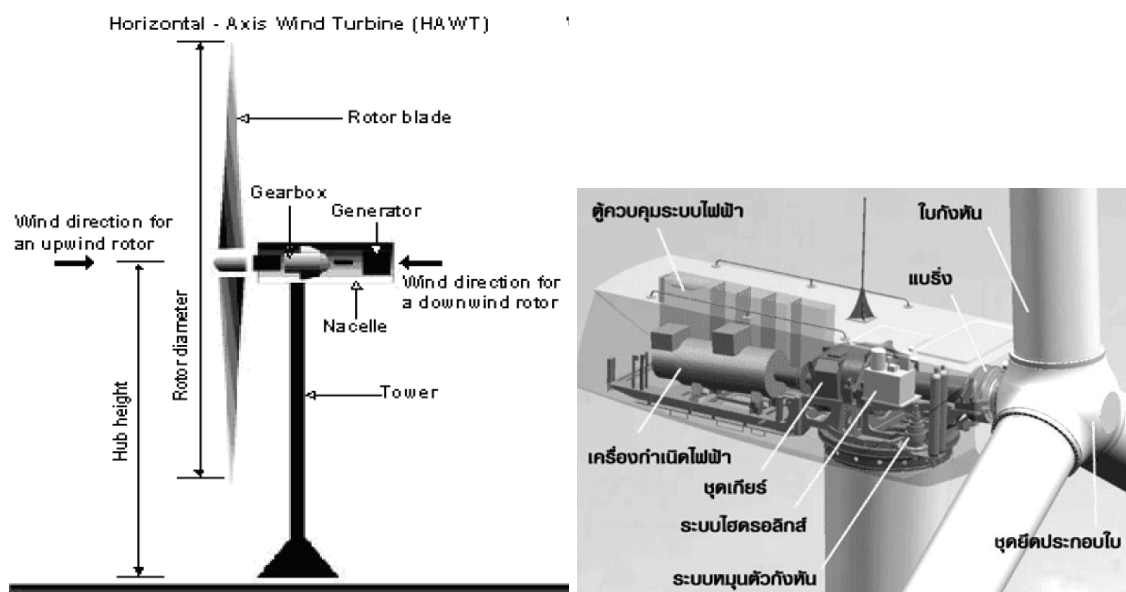
$$P_{\max} = \frac{1}{4} \rho A V_1^3 (1 + 1/3)(1 - 1/9)$$

$$\text{หรือ} \quad P_{\max} = \frac{1}{2} \left[\frac{16}{27} \right] \rho A V_1^3 \quad (2.10)$$

โดยค่า $\left[\frac{16}{27} \right]$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุด $C_{p\max}$ เรียกว่า Betz coefficient

2.1.2 ส่วนประกอบของกังหันลมผลิตไฟฟ้า (ชนิดแกนหมุนแนวนอน)

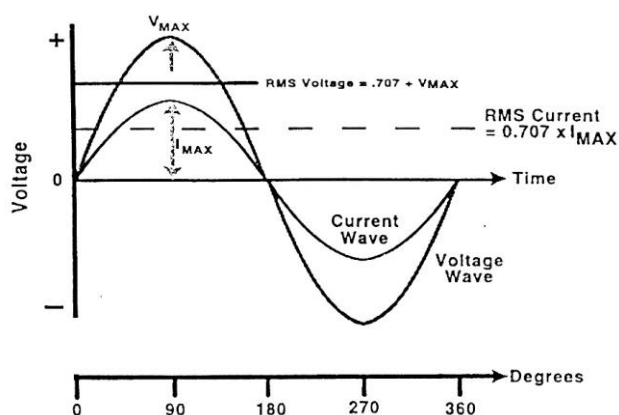
องค์ประกอบที่ประกอบขึ้นเป็นกังหันลมผลิตไฟฟ้าในหนึ่งชุด (พระพายเทคโนโลยี, 2551) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ชุดแกนหมุนใบพัด (Rotor blade) ชุดห้องเครื่อง (Nacelle) ชุดเสา (Tower) และฐานราก (Foundation) (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบของกังหันลมแกนหมุนแนวนอน
(ที่มา : พระพายเทคโนโลยี, 2551)

2.1.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

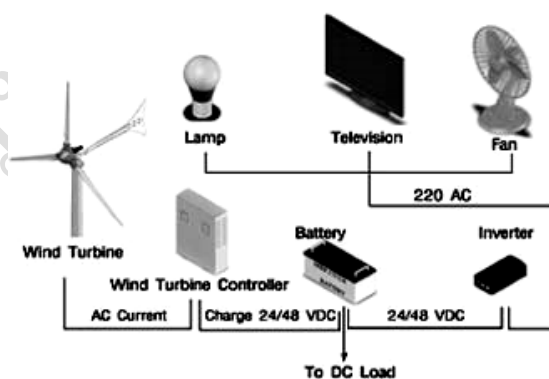
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ที่อาศัยหลักการทำงานของสนามแม่เหล็กที่เคลื่อนที่ตัดขดลวดหรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าออกมา โดยระบบไฟฟ้ากระแสตรงระดับของแรงดันจะมีค่าคงที่และกระแสไฟฟ้าจะไหลอย่างต่อเนื่องในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ซึ่งตามปกติแล้วจะมีทิศทางจากขั้วบวกผ่านโหลดทางไฟฟ้าไปสู่ขั้วลบ ส่วนในระบบไฟฟ้ากระแสสลับระดับของแรงดันจะเปลี่ยนจากค่าบวกไปเป็นค่าลบทุกๆ 2-3 m/s ดังนั้น ทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะไหลไปตามการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน (ภาพที่ 2.3) ซึ่งจะพบว่า กระแสไฟฟ้าจะมีลักษณะคล้ายกับแรงดันครึ่งรอบบวกและครึ่งรอบลบ หมายถึง กระแสไฟฟ้าจะไหลไปในทิศทางหนึ่งสำหรับครึ่งรอบและอีกทิศทางหนึ่งสำหรับอีกครึ่งรอบ ถ้าแม่เหล็กยังคงหมุนต่อไปก็จะมียังคงสร้างแรงดันและกระแสไฟฟ้าต่อไปเรื่อยๆ รูปร่างของคลื่นที่ได้จะมีลักษณะเป็นคลื่นรูปไซน์ (Sine wave) (ณรงค์ และคณะ, 2545; Hugh and Roger, 2004)



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของคลื่นรูปไซน์
(ที่มา : ณรงค์ และคณะ, 2545)

2.1.4 ระบบการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้า

ระบบการติดตั้งของกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ระบบการติดตั้งแบบเดี่ยว (Stand alone system) และระบบการติดตั้งแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง (Grid connected system) ซึ่งการเชื่อมต่อทั้งสองระบบมีทั้งข้อดี-ข้อเสีย และการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป การตัดสินใจในการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ จึงควรมีการศึกษาอย่างรอบคอบในการเลือกชนิดของการติดตั้งให้เหมาะสมกับกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน

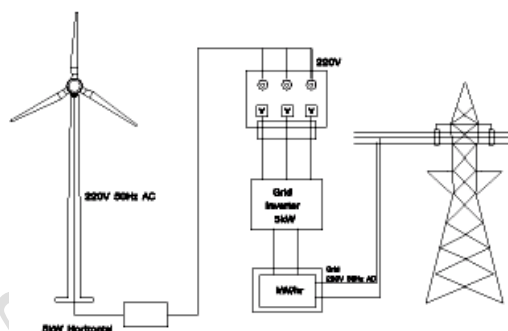


ภาพที่ 2.4 ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเดี่ยว
(ที่มา : พระพายเทคโนโลยี, 2551)

ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone system) ระบบนี้เหมาะสำหรับการติดตั้งใช้งานในที่พักอาศัย ชุมชนหรือพื้นที่ที่ห่างไกลจากสายส่งหลัก เช่น บนเกาะหรือชนบทห่างไกลที่ระบบสายส่งเข้าไปไม่ถึง และไม่คุ้มค่ากับการติดตั้งระบบสายส่งเข้าไปสู่พื้นที่ที่ต้องการใช้งาน โดยในระบบการ

ติดตั้งแบบเดียวนั้นจะต้องใช้ชุดเก็บประจุไฟฟ้าสำหรับเป็นที่เก็บพลังงาน (Battery bank) ซึ่งอาจเป็นระบบการผลิตไฟฟ้าแรงดันตั้งแต่ 12-48 V แล้วเก็บพลังงานที่ได้เข้าสู่ชุดแบตเตอรี่โดยจะต้องทำงานสัมพันธ์กันกับระบบควบคุมการทำงานของกังหันลม (Wind turbine controller) อย่างเหมาะสม เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าให้เป็นไปตามความต้องการที่ความเร็วลมต่างกันออกไป (ภาพที่ 2.4) นอกจากนี้ระบบควบคุมการทำงานของกังหันลมยังมีระบบป้องกันตัวเอง (Self protection) ซึ่งอาจจะมีการทำงานคู่กันระหว่างระบบทางกลและระบบทางไฟฟ้าเพื่อไม่ให้ความเร็วลมของกังหันลมมากเกินไปกว่าที่ออกแบบไว้

การใช้ไฟฟ้าในระบบการใช้งานแบบเดี่ยวนี้อาจใช้ได้ทั้งระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยหากต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบกระแสสลับก็จะต้องมีตัวแปลงไฟฟ้า (Inverter) จากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC/DC) โดยอุปกรณ์ Inverter ในแต่ละรุ่นจะทำงานแตกต่างกันออกไปตามความสามารถและภาระทางไฟฟ้าที่นำไปใช้งาน (ภาพที่ 2.5) ดังนั้นหากต้องการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับก็ต้องมีการคำนวณภาระทางไฟฟ้าที่จะใช้งานเพื่อการคัดเลือกตัวแปลงไฟฟ้าที่มีความเหมาะสมต่อไป



ภาพที่ 2.5 ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเชื่อมต่อเข้าระบบสายส่ง

(ที่มา : พระพายเทคโนโลยี, 2551)

ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง (Grid connected system) การติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบนี้ เป็นการติดตั้งใช้งานกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งจะทำการเชื่อมต่อกับระบบสายส่งไฟฟ้าเข้าโดยตรง ซึ่งไม่ต้องมีชุดเก็บพลังงานหรือแบตเตอรี่ (Battery bank) โดยชุดแปลงไฟฟ้า (Inverter) ของระบบนี้จะมีราคาสูงกว่าชุดแปลงไฟฟ้าทั่วไป เนื่องจากมีระบบควบคุมที่ซับซ้อนและต้องสามารถเชื่อมต่อเข้าระบบสายส่งได้ (Grid tie transfer) นอกจากนั้นชุดแปลงไฟฟ้าของระบบนี้ยังมีหน้าที่สำคัญที่จะต้องควบคุมแรงดันหรือความถี่ทางไฟฟ้าให้เหมาะสมและสามารถป้อนกระแสไฟฟ้าขนานไปกับไฟฟ้าจากสายส่งหลักได้ ในส่วนของระบบควบคุมกังหันลมนั้นจะมีความทำงานที่

สัมพันธ์กันระหว่างชุดควบคุมการปล่อยไฟฟ้าซึ่งอยู่ภายใต้ชุดแปลงไฟฟ้า (Inverter) และระบบควบคุมกังหันลมผลิตไฟฟ้า (Wind turbine controller) เพื่อให้ระบบมีการปล่อยพลังงานไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อความเร็วลมขนาดต่างๆ กัน (พระพายเทคโนโลยี, 2551)

2.1.5 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ที่ติดตั้งระบบ

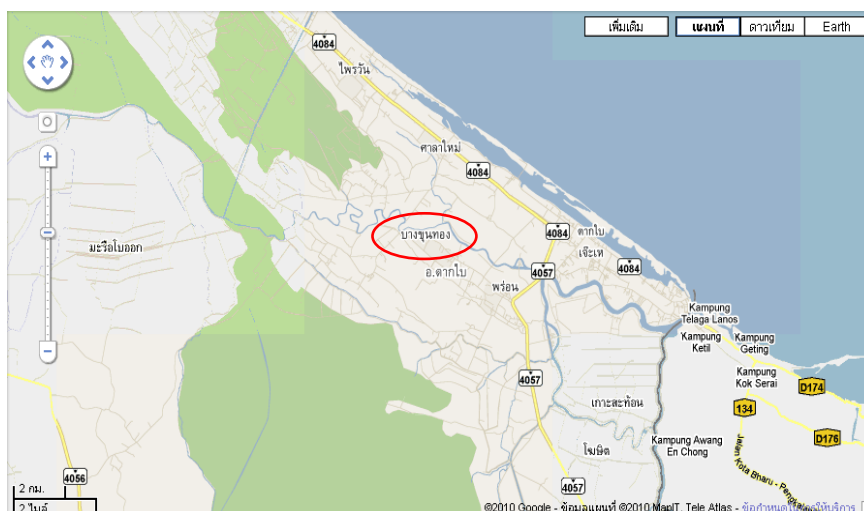
เดิมตำบลบางขุนทอง (ภาพที่ 2.6 และ ภาพที่ 2.7) เป็นส่วนหนึ่งของ ตำบลพร่อน ต่อมาได้แยกออกมาตั้งเป็น ตำบลบางขุนทอง คำว่า "บางขุนทอง" จากคำบอกเล่าของผู้เฒ่าในตำบล สันนิษฐานเป็นพื้นที่ลักษณะบึง ซึ่งชาวบ้านเรียก "บาง" หรือ ลูบ๊ะ ในสมัยโบราณเชื่อว่า มีชาวบ้านอพยพไปขุดทองในพื้นที่ จึงตั้งชื่อว่า "บางขุดทอง" ต่อมาเพี้ยนเป็น "บางขุนทอง" (ไทยตำบลดอทคอม, 2553)



ภาพที่ 2.6 ลักษณะทั่วไปของ ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส
(ที่มา : ไทยตำบลดอทคอม, 2553)

สภาพทั่วไปของตำบล :

ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม เหมาะแก่การประกอบอาชีพในการทำนา มีแม่น้ำบางนราไหลผ่านพื้นที่ มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 57.549 km² หรือประมาณ 35,968.125 ไร่



ภาพที่ 2.7 อาณาเขตพื้นที่ของ ต.บางขุนทอง
(ที่มา : ไทยตำบลดอทคอม, 2553)

อาณาเขตตำบล :

ทิศเหนือ	ติดกับ ต.ไพรวัน ต.ศาลาใหม่ อ.ตากใบ จ.นราธิวาส
ทิศใต้	ติดกับ ต.สุไหงปาตี อ.สุไหงปาตี จ.นราธิวาส
ทิศตะวันออก	ติดกับ ต.พร่อน อ.ตากใบ จ.นราธิวาส
ทิศตะวันตก	ติดกับ ต.สุไหงปาตี อ.สุไหงปาตี และ ต.มะรือโบออก อ.เจาะไอร้อง จ.นราธิวาส

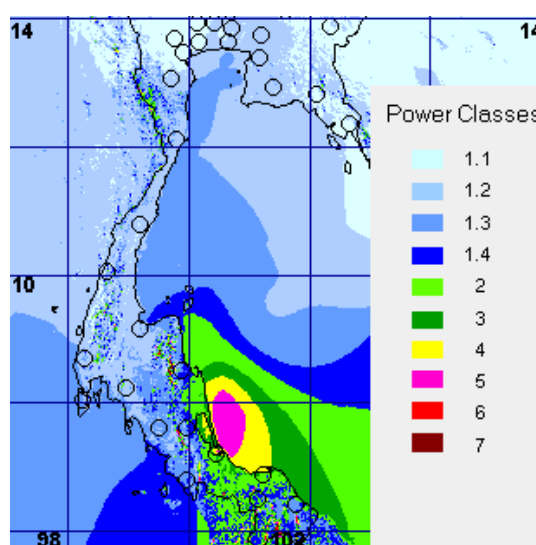
จำนวนประชากรของตำบล :

จำนวนประชากรในเขต อบต. 4,949 คน และจำนวนหลังคาเรือน 1,056 หลังคาเรือน

ข้อมูลอาชีพของตำบล :

อาชีพหลัก ทำนา อาชีพเสริม ปลูปลูกผักและผลไม้

2.1.6 ข้อมูลความเร็วลมเชิงพื้นที่

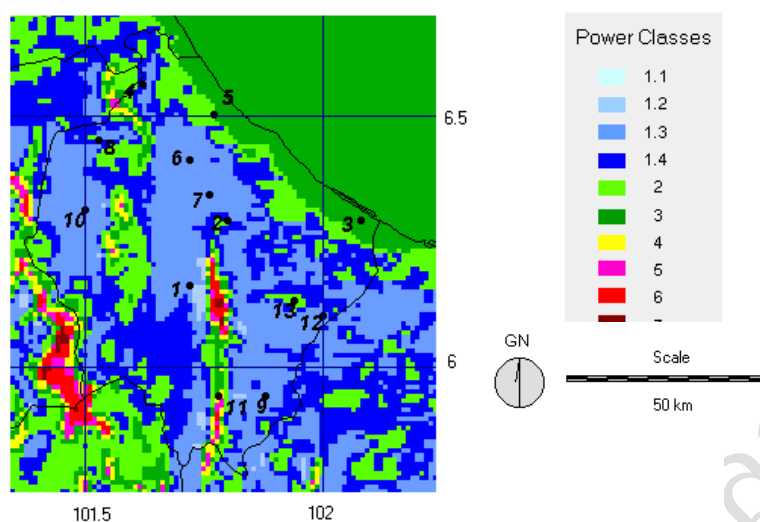


THAILAND WIND POWER CLASSES												
Elevation		1.1	1.2	1.3	1.4	2	3	4	5	6	7	
10 m	m/s	0	2.8	3.6	4.0	4.4	5.1	5.6	6.0	6.4	7.0	9.4
	W/m ²	0	25	50	75	100	150	200	250	300	400	1,000
30 m	m/s	0	3.3	4.1	4.7	5.2	5.9	6.5	7.0	7.4	8.2	11.0
	W/m ²	0	40	80	120	160	240	320	400	480	640	1,600
50 m	m/s	0	3.6	4.4	5.1	5.6	6.4	7.0	7.5	8.0	8.8	11.9
	W/m ²	0	50	100	150	200	300	400	500	600	800	2,000

ภาพที่ 2.8 ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย

(ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2553)

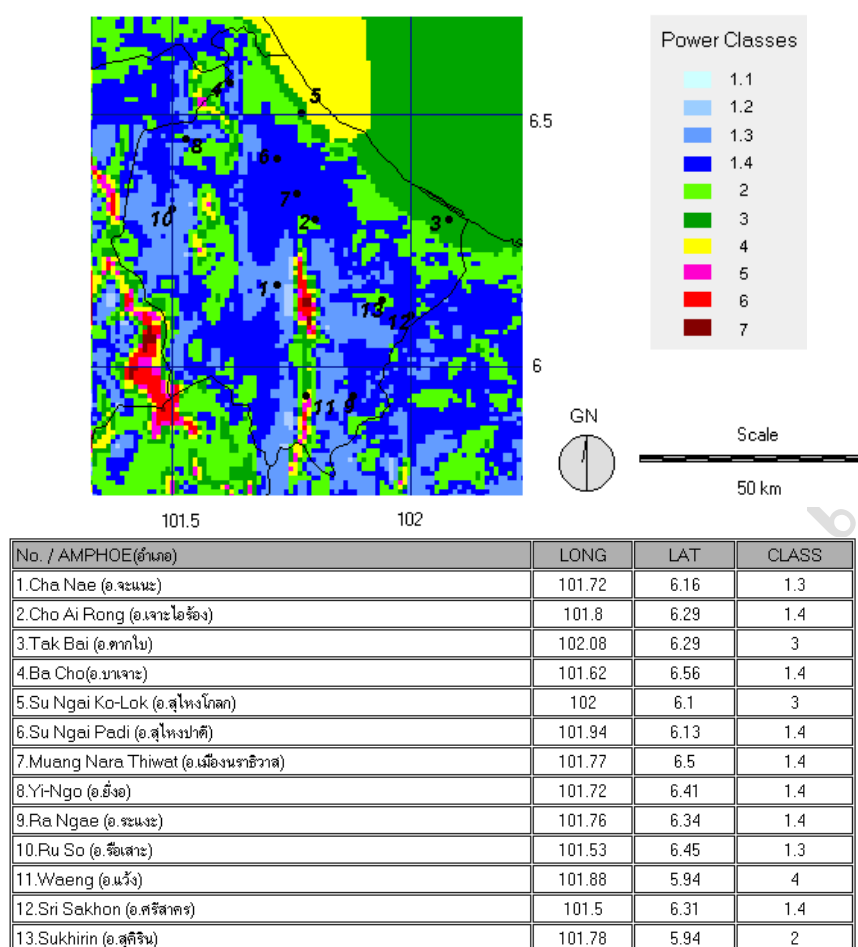
จากแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย (ภาพที่ 2.8) โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณชายฝั่งของอ่าวไทย และมหาสมุทรอินเดีย มีค่าค่อนข้างสูงและความเร็วลมเฉลี่ยในเขตพื้นที่ทางภาคเหนือมีค่าต่ำมาก เป็นไปได้ว่าค่าความเร็วลมเฉลี่ยกรณีไม่รวมช่วงเวลาลมสงบ ในแต่ละภาคทุกพื้นที่ที่มีค่าสูงกว่าความเร็วลมเฉลี่ยในกรณีรวมช่วงเวลาลมสงบ กล่าวคือ ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความเร็วลมเฉลี่ยในกรณีรวมช่วงเวลาลมสงบ อยู่ระหว่าง 2-7 km/h และมีความเร็วลมเฉลี่ยกรณีไม่รวมช่วงเวลาลมสงบ อยู่ระหว่าง 6-10 km/h ในเขตพื้นที่ภาคใต้ มีความเร็วลมเฉลี่ยในกรณีรวมช่วงเวลาลมสงบ อยู่ระหว่าง 6-10 km/h และมีความเร็วลมเฉลี่ยกรณีไม่รวมช่วงเวลาลมสงบอยู่ระหว่าง 9-17 km/h



No. / AMPHOE(อำเภอ)	LONG	LAT	CLASS
1.Cha Nae (อ.จะนะ)	101.72	6.16	1.3
2.Cho Ai Rong (อ.เจาะไอร้อง)	101.8	6.29	1.4
3.Tak Bai (อ.ตากใบ)	102.08	6.29	3
4.Ba Cho (อ.บาเจาะ)	101.62	6.56	1.4
5.Su Ngai Ko-Lok (อ.สุไหงโกลก)	102	6.1	2
6.Su Ngai Padi (อ.สุไหงปาดี)	101.94	6.13	1.3
7.Muang Nara Thiwat (อ.เมืองนราธิวาส)	101.77	6.5	1.3
8.Yi-Ngo (อ.ยี่งอ)	101.72	6.41	1.3
9.Ra Ngae (อ.ระแงะ)	101.76	6.34	1.3
10.Ru So (อ.รือเสาะ)	101.53	6.45	1.3
11.Waeng (อ.แว้ง)	101.88	5.94	4
12.Sri Sakon (อ.ศรีสาคร)	101.5	6.31	1.3
13.Sukhirin (อ.สุคิริน)	101.78	5.94	2

ภาพที่ 2.9 กำลังและความเร็วลม จ.นราธิวาส เฉลี่ยรายปีรวมช่วงลมสงบ
(ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2553)

เมื่อพิจารณาความเร็วลมที่พัดผ่าน จ.นราธิวาส พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยรายปีมีค่าอยู่ในช่วง 5.1-5.6 m/s ที่ระดับความสูง 10 m จากพื้นดิน และจะมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 5.9-6.5 และ 6.4-7.0 m/s ที่ระดับความสูง 30 และ 50 m จากพื้นดิน ซึ่งอยู่ในระดับ 3 จาก 7 ระดับ และที่ อ.ตากใบ ซึ่งเป็นพื้นที่วิจัยในครั้งนี้ก็มีความเร็วลมอยู่ในระดับ 3 เช่นเดียวกัน (ภาพที่ 2.9 และ ภาพที่ 2.10)



ภาพที่ 2.10 กำลังและความเร็วลม จ.นราธิวาส เฉลี่ยรายปีไม่รวมช่วงลมสงบ
(ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2553)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมมีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปยุโรป ในขณะเดียวกันประเทศไทยก็ได้มีการวิจัยและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมเช่นเดียวกันแต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร อาทิเช่น

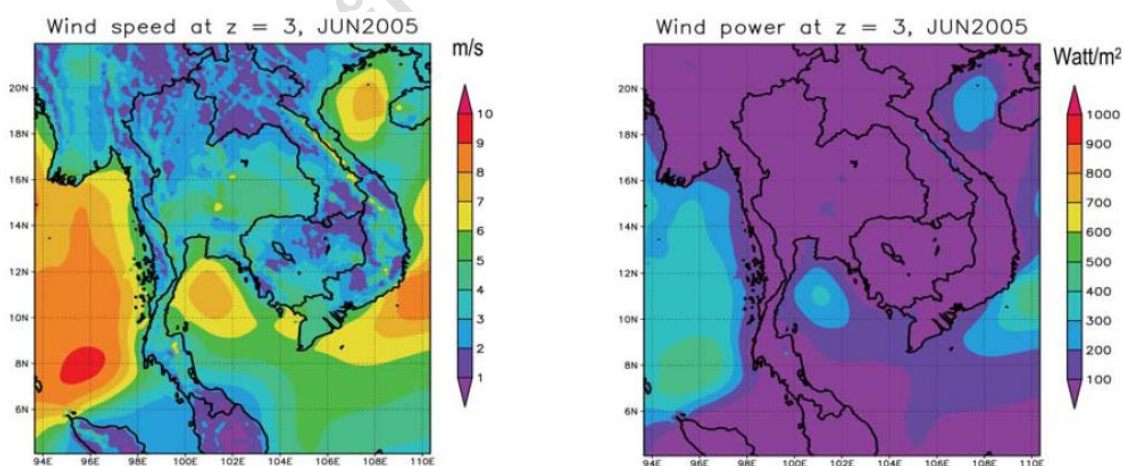
Waewsak *et al.* (2007) ได้ทำการประเมินศักยภาพและจัดทำแผนที่พลังงานลมเบื้องต้นตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทยเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยา 14 แห่ง ในระหว่างปี พ.ศ. 2538-2547 โดยทำการประเมินอัตราเร็วลมที่ระดับความสูง 40-50 m ด้วยกฎของลอการิทึม พบว่า อัตราเร็วสูงสุดที่ระดับความสูง 40 และ 50 m อยู่ในช่วง 4-5 และ 5-7 m/s ตามลำดับ โดยลมมรสุมที่พัดผ่านประเทศไทยมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วลมทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา

Mabel and Fernandez (2008) ได้ศึกษาแนวโน้มการใช้พลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้าในประเทศอินเดีย พบว่า เทคโนโลยีพลังงานลมได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วมากเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีพลังงานทดแทนอื่นๆ โดยในปัจจุบันประเทศอินเดียมีการใช้พลังงานลมผลิตไฟฟ้ามากเป็นอันดับ 4 ของโลก เท่ากับ 6,018 MW รองจากประเทศเยอรมัน สเปน และสหรัฐอเมริกา ที่มีการนำพลังงานลมมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 19,540, 11,340 และ 10,640 MW ตามลำดับ โดยประเทศอินเดียนั้นมีการใช้พลังงานลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับความสูง 50 m ทั้งหมด 221 แห่ง ในจำนวนนี้ร้อยละ 95.5 เป็นการลงทุนของภาคเอกชน และคาดว่าจะมีปริมาณเท่ากับ 10 GW ในปี ค.ศ. 2012 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50 ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ทั้งประเทศ และคาดว่าจะมีการพัฒนาอย่างเต็มที่ในปี ค.ศ. 2026-2030

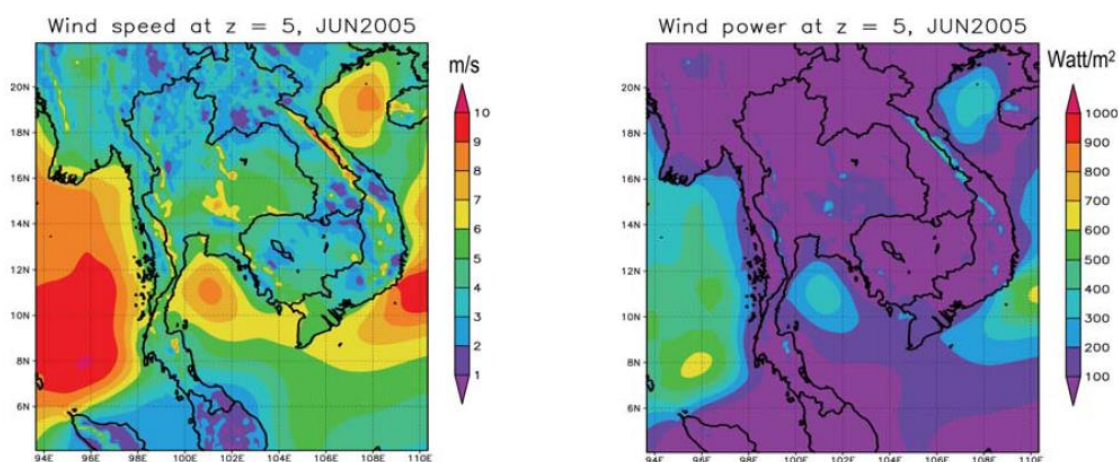
กองพัฒนาระบบไฟฟ้า (2545) ได้ศึกษาศักยภาพและจัดทำแผนที่ทรัพยากรลมในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคใต้ของประเทศไทย ที่ระดับความสูง 20, 30 และ 40 m ในปี พ.ศ. 2544 พบว่า ที่แหลมตะลุมพุก แหลมปะการัง อ.สทิงพระ จ.สงขลา และบ้านราไวย์เหนือ มีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 4.0, 3.8, 3.9 และ 3.5 m/s ตามลำดับ ซึ่งเท่ากับการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งปีได้ 506, 650, 502,580, 539,168 และ 407,070 kW-h และการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยที่ประกอบด้วยข้อมูลลมผิวดิน ลมในทะเล และลมชายฝั่ง จากทุ่นลอย ประภาคาร สถานีชุดเจาะก๊าซธรรมชาติ เรือเดินทะเล และดาวเทียม พบว่า ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยเฉลี่ยทั้งปียู่ในระดับ 3 คือ มีความเร็วลมตั้งแต่ 6.4 m/s ขึ้นไป ที่ความสูง 50 m ซึ่งอยู่บริเวณชายฝั่งในภาคใต้ของไทยตั้งแต่ จ.นครศรีธรรมราช จ.สงขลา จ.ปัตตานี และที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จ.เชียงใหม่ รองลงมา มีความเร็วลม 4.4 m/s ที่ภาคใต้ตอนบนบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ตั้งอยู่ จ.เพชรบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์ จ.ชุมพร และ จ.สุราษฎร์ธานี รวมทั้งบริเวณเทือกเขาในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ จ.เชียงใหม่ จ.เพชรบูรณ์ และ จ.เลย ในขณะที่แผนที่ศักยภาพพลังงานลมได้บรรจุและเผยแพร่ลงในอินเทอร์เน็ตของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานที่

ศคือนงค์ (2551) ได้เสนอบทความเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของพลังงานลม ความเป็นไปได้ของการใช้พลังงานลมในเขตการใช้งานของการไฟฟ้านครหลวง และผลงานวิจัยในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับพลังงานลม ซึ่งจากการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำพลังงานลมมาใช้งานในการไฟฟ้านครหลวงด้วยข้อมูลปัจจุบันพบว่ายังไม่เหมาะสมนักเนื่องจากความเร็วลมเฉลี่ยของเขตกรุงเทพฯ ยังอาจไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า อย่างไรก็ตามพื้นที่บางแห่งในเขตพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวงอาจมีความเหมาะสมในการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม เช่น พื้นที่เขตใกล้ชายฝั่งทะเลหรือที่ยอดอาคารสูง ซึ่งในอนาคตควรมีการศึกษาในเรื่องของ “Wind survey” เพิ่มเติมอีกทั้งควรมีการติดตามเทคโนโลยีทางด้านกังหันลมที่ใช้ในพื้นที่เขตความเร็วลมต่ำ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในเขตพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงต่อไปหากมีความเป็นไปได้ทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

รัตเกล้า และคณะ (2553) ได้การประเมินศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยทำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านอุตุนิยมวิทยา 3 มิติ ที่ชื่อว่า Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) คำนวณหาความเร็วและทิศทางลมของแต่ละชั่วโมงในพื้นที่ที่ระดับความสูง 30, 50, 70, 100, 150 และ 200 m เหนือระดับพื้นดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2550 ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา จากลองจิจูด 94 องศาตะวันออก ถึง 110 องศาตะวันออก และละติจูด จาก 4 องศาเหนือ ถึง 22 องศาเหนือ โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของ National Centers for Environmental Prediction (NCEP) แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับผลจากสถานีตรวจวัด 5 แห่งของประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกัน ผลการศึกษา พบว่า ช่วงเวลาที่ประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานลมดีที่สุดของปีมีอยู่ 2 ช่วงเวลา คือ ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงที่สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้รับอิทธิพลสูงจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และในอีกช่วงหนึ่งคือระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคมซึ่งเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีอิทธิพลสูงต่อสภาพอากาศของประเทศไทย ตัวอย่างพื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมสูง ณ ระดับความสูง 50 m (ภาพที่ 2.11) เหนือพื้นดิน ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม พบว่า อยู่บริเวณด้านทิศตะวันตกของประเทศไทย ได้แก่ จ.กาญจนบุรี จ.ราชบุรี ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7-8 m/s ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ ร้อยต่อ จ.ลพบุรี จ.สระบุรี จ.นครราชสีมา และ จ.ชัยภูมิ ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7-8 m/s และภาคใต้ ได้แก่ จ.สุราษฎร์ธานี และ จ.ตรัง รวมทั้งแนวชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยที่ จ.สงขลา และ จ.ปัตตานี ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8-9 m/s พบว่า จ.นครศรีธรรมราช มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดอยู่ระหว่าง 9-10 m/s โดยมีศักยภาพพลังงานลมสูงสุดประมาณ $600-700 \text{ W/m}^2$



ภาพที่ 2.11 ความเร็วลมและพลังงานลมที่ระดับความสูง 50 m เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2548
(ที่มา : รัตเกล้า และคณะ, 2553)



ภาพที่ 2.12 ความเร็วลมและพลังงานลมที่ระดับความสูง 100 m เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2548
(ที่มา : รัตเกล้า และคณะ, 2553)

พื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคมอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จ.ชัยภูมิ จ.ร้อยเอ็ด จ.กาฬสินธุ์ จ.มุกดาหาร จ.อำนาจเจริญ จ.ยโสธร และ จ.อุบลราชธานี และในพื้นที่ภาคใต้ที่ จ.สุราษฎร์ธานี และ จ.นครศรีธรรมราช ความเร็วลมสูงสุดระหว่าง 8-9 m/s มีศักยภาพพลังงานลมสูงสุดประมาณ 400-500 W/m² นอกจากนี้พบว่า ที่ระดับความสูง 100 m (ภาพที่ 2.12) เหนือพื้นดินมีศักยภาพพลังงานลมสูงกว่าที่ระดับความสูง 50 m เหนือพื้นดินมาก พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยนอกจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมีความเร็วลมค่อนข้างต่ำ

นอกจากนี้ยังมีโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลมของสำนักงานเมืองพัทยาที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี (ภาพที่ 2.13) ซึ่งใช้กังหันลมแบบแกนนอนขนาดเล็ก 3 ใบพัด เสาสูง 18 m มีกำลังการผลิต 4.45 kW ต่อชุด (คำนวณจากการผลิตกระแสไฟ 20 A ที่แรงดันไฟฟ้า 220 V) ที่ความเร็วลม 13 m/s มีจำนวนทั้งหมด 45 ชุด แบ่งเป็นเฟสละ 15 ชุด ทั้งหมดจำนวน 3 เฟส (ตามระบบส่งจ่ายไฟฟ้าในประเทศ) โดยชุดผลิตไฟฟ้าแต่ละชุดเชื่อมต่อกับระบบส่งจ่ายของการไฟฟ้า ซึ่งผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยใช้ลมพัดใบกังหันหมุน พลังงานกลจากแกนหมุนของกังหันลมจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับแกนหมุนของกังหันลม จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านระบบควบคุมไฟฟ้าผ่านอินเวอร์เตอร์ (Inverter) แปลงไฟแรงดันกระแสตรง เป็นแรงดันกระแสสลับ 220 V ในแต่ละชุดจะมีแบตเตอรี่เพื่อเลี้ยงวงจรการทำงานของอินเวอร์เตอร์ โดยแบตเตอรี่รับไฟเลี้ยงกระแสตรงจากการที่กังหันลมหมุน แต่หากไม่หมุนจะรับไฟเลี้ยงจากระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าแทน ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมแต่ละชุดจะส่งไปยังห้องควบคุมโดยจะไปรวมที่แผงแต่ละเฟสซึ่งมีมิเตอร์ (Meter) แสดงกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 2.13 กังหันลมของสำนักงานเมืองพัทยาที่เกาะล้าน จ.ชลบุรี
(ที่มา : <http://www.effe.or.th/home.php?>)

ชุดการผลิตแต่ละชุดจะมีชุดวงจรโหลดเทียม (Dummy load) เอาไว้หยุด (Break) การหมุนของใบพัดเมื่อกังหันลมชำรุดและหากเกิดความเร็วลมที่เกิน 15 m/s ใบพัดจะเงยขึ้นสู่ท้องฟ้าเพื่อป้องกันความเสียหายจากแรงลม (ภาพที่ 2.14) นอกจากนี้ยังมีระบบป้องกันฟ้าผ่าโดยติดตั้งไว้ 2 จุด คือ บริเวณศูนย์กลางของกลุ่มกังหันลม 45 ตัว และจุดที่สองใกล้ห้องควบคุมหลัก กังหันลมจะเริ่มหมุนเพื่อผลิตไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2.5 m/s ในขณะที่ความเร็วลมบนเกาะอยู่ระหว่าง 4-5 m/s กระแสที่ได้จะอยู่ระหว่าง 5-10 A (ขึ้นอยู่กับความเร็วของลมที่พัดและใบกังหันลมที่หมุน 25-40 rad/s) คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า คือ $(5-10 \text{ A}) \times 220 \text{ V}$ เท่ากับ 1.1-2.2 kW ต่อกังหันลมผลิตไฟฟ้า 1 ชุด ซึ่ง 1 เฟสมี 15 ชุด นั่นคือ จะได้ไฟฟ้ารวม $(1.1-2.2 \text{ kW}) \times 15$ เท่ากับ 16.5-33 kW ต่อ 1 เฟส หากมีลม 10 ชั่วโมงต่อวันจะได้ $(16.5-33 \text{ kW}) \times 10$ ชั่วโมง เท่ากับ 165-330 kW-h (หน่วย) และชุดผลิตแต่ละเฟสจะต่อเข้ากับตู้ MDB เพื่อใช้แรงดันไฟ 380 V ผ่านเข้าหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) ขยายแรงดัน (Step-up) เป็น 22 kV เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลผลิตกระแสไฟฟ้า โดยชุดกังหันลม 45 ชุด เคยผลิตไฟฟ้ารวมได้สูงสุดถึง 120 kW (สูงกว่าปกติที่ผลิตได้ 16.5-33 kW) นั่นคือ $120/45$ เท่ากับ 2.67 kW ต่อ 1 ชุดการผลิต (คำนวณเป็นกระแสไฟได้ 12.12 A ที่แรงดัน 220 V) ซึ่งมีตัวประกอบการผลิต (Generating factor) สูงถึง $(2.67/4.45) \times 100$ เท่ากับ 60 %



ภาพที่ 2.14 ชุดวงจรโหลดเทียม (ที่มา : <http://www.efe.or.th/home.php?>)

จากทฤษฎีและรายงานการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า พลังงานลมเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะการใช้งานในระดับชุมชนขนาดเล็กที่อยู่ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ จึงควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมอย่างง่ายเพื่อใช้เป็นต้นแบบแก่ชุมชน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่ต้องออกแบบและสร้างเครื่องมือวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยสาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา และทดลองในสถานที่จริง ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส เพื่อเป็นแหล่งจัดการเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายในห้องถิ่น 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ดังนี้

3.1 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

- 3.1.1 ชุดกำเนิดไฟฟ้าจากมอเตอร์เครื่องซักผ้า
- 3.1.2 เครื่องมัลติมิเตอร์ดิจิตอล
- 3.1.3 หลอดไฟฟ้า
- 3.1.4 เครื่องวัดความเร็วลม
- 3.1.5 ชุดควบคุมระบบกักเก็บลม
- 3.1.6 ชุดอุปกรณ์การก่อสร้าง
- 3.1.7 เหล็กเส้น และเหล็กฉาก
- 3.1.8 ท่อเหล็ก
- 3.1.9 อิฐ และทราย
- 3.1.10 ปูนซีเมนต์
- 3.1.11 ไม้อัด
- 3.1.12 ไม้แบบ และไม้ฉาก
- 3.1.13 รอก และเชือก

3.2 การดำเนินการวิจัย

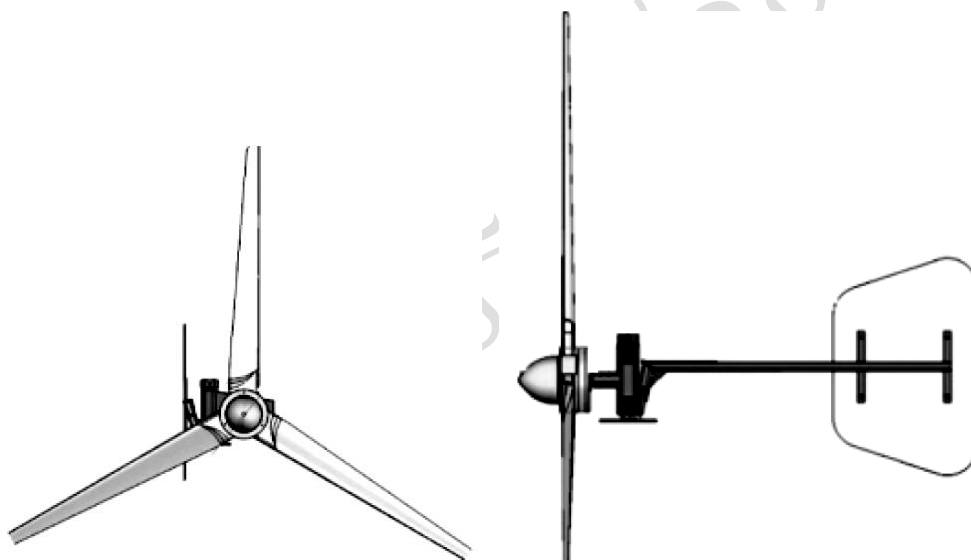
3.2.1 ศึกษาข้อมูลและประมวลเอกสารที่เกี่ยวข้อง

- 1) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพลังงานลม และการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม
- 2) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส

- 3) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย
- 4) ศึกษาข้อมูลการวิจัยเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายสำหรับชุมชน

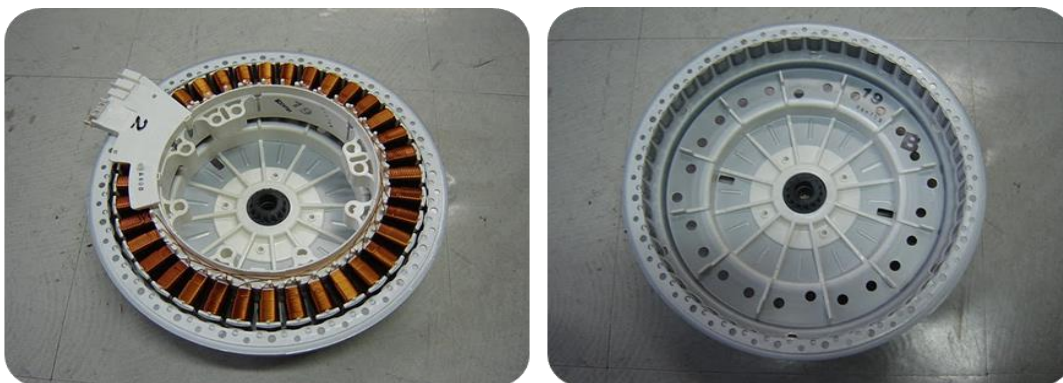
3.2.2 การปฏิบัติการทดลอง

- 1) ออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย (ภาพที่ 3.1) ณ ห้องปฏิบัติการวิจัย สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา โดยมีส่วนประกอบและขั้นตอนการสร้างดังนี้



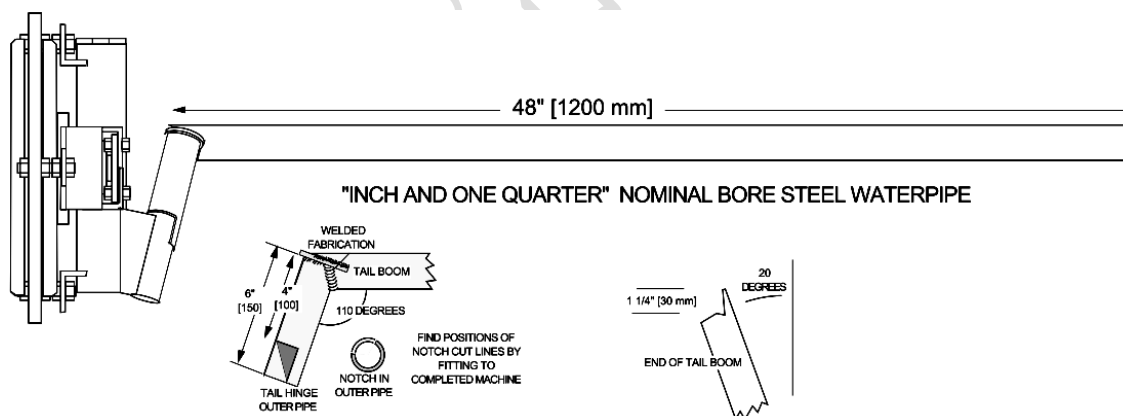
ภาพที่ 3.1 กังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย

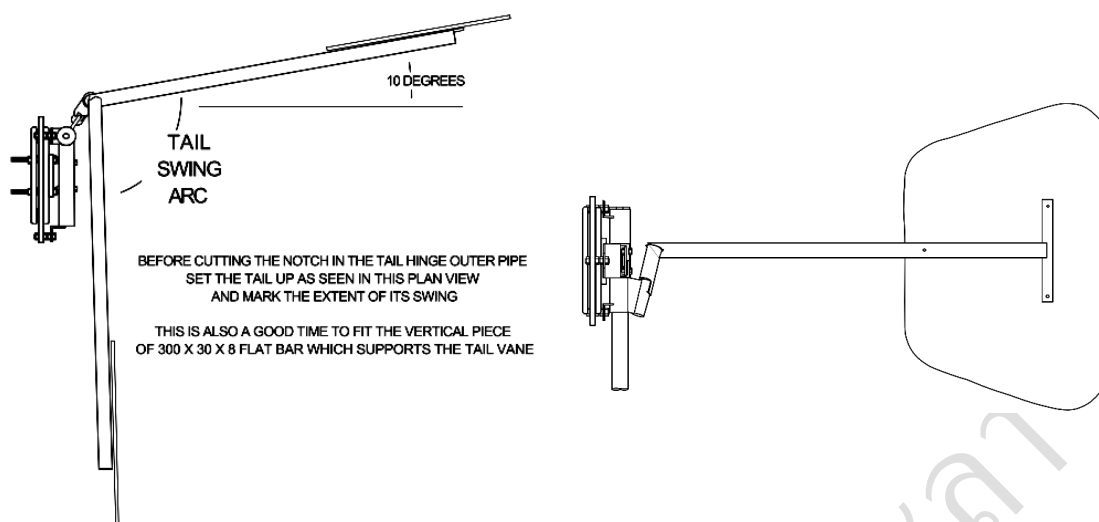
- 1.1) ชุตกำเนิดไฟฟ้าจากมอเตอร์เครื่องซักผ้า (ภาพที่ 3.2) เชื่อมต่อเข้ากับแกนใบพัดและชุดทางเสื่อควบคุมทิศทางตามทิศทางลมที่พัดผ่านเพื่อให้ใบพัดหมุนต่อเนื่องตามความเร็วลม ที่พัดผ่านในแต่ละช่วงเวลา



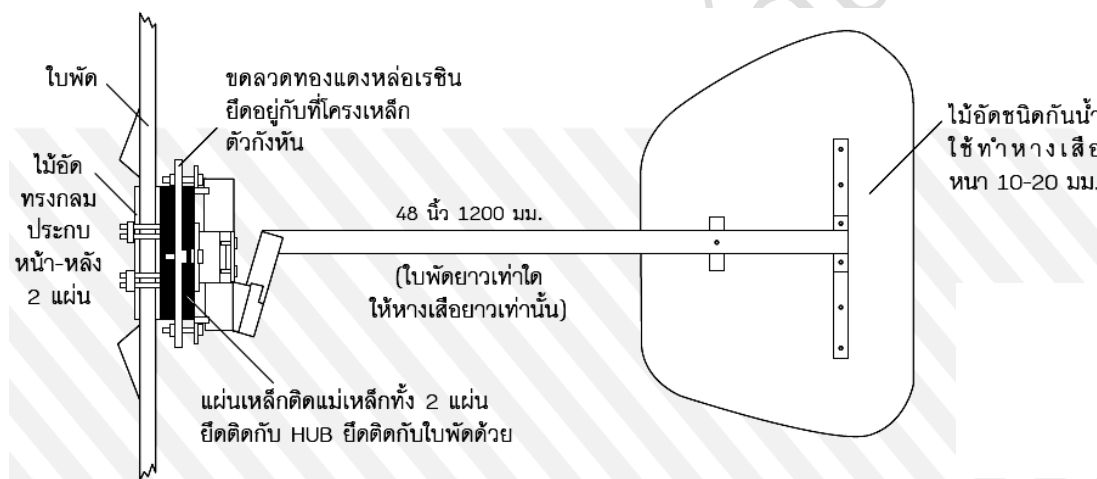
ภาพที่ 3.2 ชุดมอเตอร์เครื่องชักผ้า

1.2) แขนทางเสือบังคับทิศทางทำด้วยเหล็กท่อกลมความยาว 1.5 m ที่สามารถบังคับมุมกางและงอพับได้เมื่อความเร็วลมที่พัดสูงหรือมีความเร็วลมเกิน 7.0 m/s (ภาพที่ 3.3) โดยปกติทางเสือบังคับทิศทางออกจากแนวเสากันประมาณ 10.0 – 20.0 องศา เพื่อประโยชน์ในการกางจัดให้กังหันหันหน้าสู่ลม และสามารถทอดได้ด้วยน้ำหนักของทางเสือบังคับที่เหมาะสม โดยไม่หลุดจากเหล็กที่เป็นแกนสำหรับสวมทางเสือบังคับ





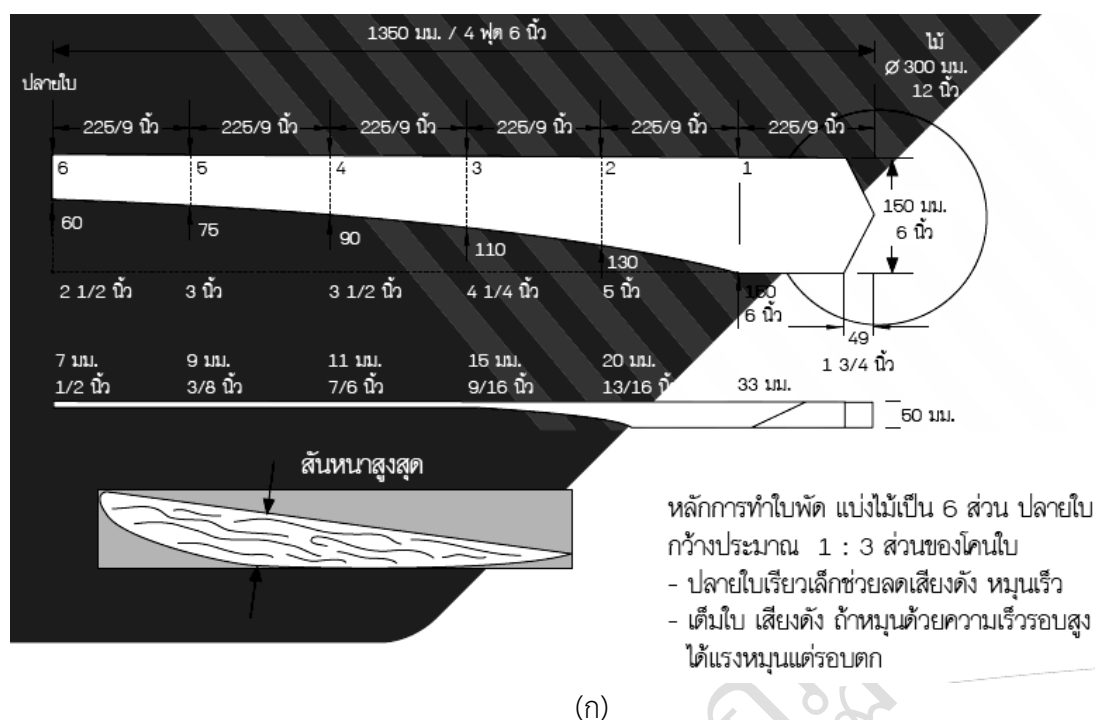
ภาพที่ 3.3 แกนหางเสือบังคับทิศทางของใบพัด



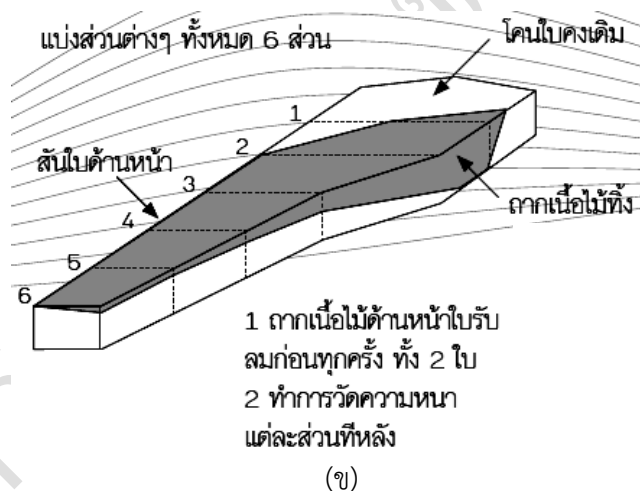
ภาพที่ 3.4 หางเสือกึ่งหันลมอย่างง่ายจากไม้อัด

1.3) หางเสือควบคุมทิศทางของใบพัดตามทิศทางลม ทำจากไม้อัดความหนา 1.0 cm ตัดให้ได้ขนาดและขอบมน (ภาพที่ 3.4) ทาด้วยน้ำยาแล็กเกอร์เพื่อป้องกันการชำรุดและเสียหายเนื่องจากสภาวะอากาศแวดล้อม

1.4) ใบพัดกึ่งหันลมทำจากไม้เนื้อแข็งความกว้าง 15.0 cm (ประมาณ 5 นิ้ว) ยาว 1.5 m หนา 5.0 cm โดยวัดขนาดและแบ่งไม้ออกเป็น 6 ส่วน (ภาพที่ 3.5 (ก)) แล้วถากเนื้อไม้ออก (ภาพที่ 3.5 (ข)) เพื่อทำเป็นใบพัดกึ่งหันลมประกอบเข้ากับชุดมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าและหางเสือ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.5 (ก) การวัดและแบ่งส่วนไม้ และ (ข) การถากไม้เพื่อทำใบพัดกังหันลมอย่างง่าย

1.5) เสากังหันลมทำจากเหล็กฉากเชื่อมต่อเป็นโครงสร้างเหลี่ยมด้านเท่าขนาดความกว้างด้านละ 26.0 cm ความสูงถึงปลายชุดกังหันลมเท่ากับ 18.0 m (ภาพที่ 3.6) ติดตั้งบนฐานที่ทำจากปูนซีเมนต์ความกว้างด้านละ 0.8 m ลึก 1.2 m (ภาพที่ 3.7) แล้วยึดด้วยลวดสลิงทั้ง 4 ด้าน ซึ่งเชื่อมต่อเข้ากับสมอบบนฐานต่อมขนาดเดียวกันกับฐานเสา (ภาพที่ 3.8) โดยมีช่องบันไดทำจากเหล็กเส้นม้วนเป็นวงกลมแล้วเชื่อมเข้ากับตะแกรงโลหะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.0 m ติดอยู่ทาง

ด้านข้างของเสา (ภาพที่ 3.9) มีลวดสลิงยึดข้างละ 2 ระดับ คือ ที่ระดับความสูงจากฐาน (บนพื้นดิน) เท่ากับ 12.0 m และที่ระดับความสูง 18.0 m เทียบกับระดับพื้น (ภาพที่ 3.10)



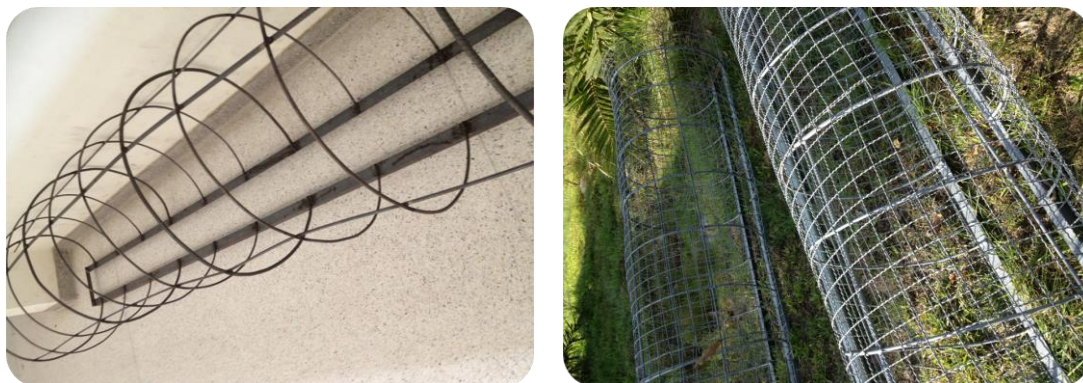
ภาพที่ 3.6 เสากึ่งหั่นกลมขนาดความกว้างด้านละ 26 cm เชื่อมต่อเป็นโครงจากเหล็กฉาก



ภาพที่ 3.7 ฐานติดตั้งเสาและลวดสลิงยึดเสากึ่งหั่นกลม



ภาพที่ 3.8 การติดตั้งเสาและสมอบกเพื่อยึดลวดสลิงเข้ากับเสากึ่งหั่นกลม



ภาพที่ 3.9 ช่องบันไดทางขึ้นด้านข้างของเสากิ่งหันลม



ภาพที่ 3.10 โครงเสากิ่งหันลมที่ติดตั้งบนฐานแล้วยึดด้วยลวดสลิง

2) ทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่ออกแบบและสร้างขึ้น ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส

3) ทดลองผลิตกระแสไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่ออกแบบและสร้างขึ้น ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส แล้วเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อ

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ค่าความเร็วลม ปริมาณกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้

3.2.3 การวิเคราะห์และสรุปผล

1) วิเคราะห์ผลการทดลองในประเด็นต่างๆ ได้แก่ ผลของความเร็วลมต่อกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ค่าทางสถิติด้วยค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2) วิเคราะห์และสรุปความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้น

3) วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนและเพื่อนำไปใช้งานจริงในชุมชนของพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

3.3 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ได้พิจารณาค่าทางสถิติ 2 ค่า คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Average value, $\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard divisions, S.D.) ดังนี้

3.3.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต คือ ค่ากลางหรือเป็นตัวแทนของข้อมูลที่ดีที่สุด เป็นค่าที่ไม่เอนเอียง มีความคงเส้นคงวา มีความแปรปรวนต่ำที่สุด และเป็นค่าที่มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีข้อจำกัดในการใช้ กล่าวคือ ถ้าข้อมูลมีการกระจายมากหรือข้อมูลบางตัวมีค่ามากหรือน้อยจนผิดปกติหรือข้อมูลมีการเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว ค่าเฉลี่ยเลขคณิตจะไม่สามารถเป็นค่ากลางหรือเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลได้ ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3.1)$$

เมื่อ	$\bar{X}$	คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
	X	คือ ข้อมูลการทดลอง
	n	คือ จำนวนข้อมูลที่ทดลอง
	i	คือ จำนวนเต็มใดๆ เท่ากับ 1, 2, 3, ...

3.3.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ ค่าที่นิยามขึ้นจากรากที่สองของความแปรปรวน ใช้สำหรับเปรียบเทียบว่าค่าจากการทดลองต่างๆ ในเซตข้อมูลกระจายตัวออกไปมากน้อยเท่าใด นั่นคือ ถ้า

ข้อมูลการทดลองที่ได้ส่วนใหญ่อยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยมากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่าน้อย ในทางกลับกัน ถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ส่วนใหญ่อยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยก็จะมีค่ามาก และถ้าข้อมูลการทดลองที่ได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากันค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือ ข้อมูลการทดลองไม่มีการกระจายตัว ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (3.2)$$

เมื่อ	$\bar{X}$	คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
	S.D.	คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	คือ ข้อมูลการทดลอง
	N	คือ จำนวนครั้งของการทดลอง
	n	คือ จำนวนข้อมูลที่ทดลอง
	i	คือ จำนวนเต็มใดๆ เท่ากับ 1, 2, 3, ...

บทที่ 4

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

การสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายสำหรับชุมชน ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ การสร้างและติดตั้งเสา การประกอบชุดกำเนิดไฟฟ้า ทางเสือและใบพัด การทดสอบชุดกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วลมต่างๆ และการทดสอบผลิตไฟฟ้า ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส และ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ผลการสร้าง และติดตั้งเสากังหันลม



ภาพที่ 4.1 การสร้างฐานต่อม่อเสากังหันลม

เสากังหันลมทำจากเหล็กฉากเชื่อมต่อเป็นโครงสร้างเหล็มหุ้มด้านเท่าขนาดความกว้างด้านละ 26.0 cm ความสูงถึงปลายชุดกังหันลมเท่ากับ 18.0 m ติดตั้งบนฐานที่ทำจากปูนซีเมนต์ ความกว้างด้านละ 0.8 m ลึก 1.2 m (ภาพที่ 4.1) แล้วยึดด้วยลวดสลิงทั้ง 4 ด้าน ซึ่งเชื่อมต่อเข้ากับสมอบบนฐานต่อมอขนาดเดียวกันกับฐานเสา (ภาพที่ 4.2) โดยมีช่องบันไดทำจากเหล็กเส้นม้วนเป็นวงกลมแล้วเชื่อมเข้ากับตะแกรงโลหะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.0 m ติดอยู่ทางด้านข้างของเสา มีลวดสลิง

ยึดข้างละ 2 ระดับ คือ ที่ระดับความสูงจากฐาน (บนพื้นดิน) เท่ากับ 12.0 m และที่ระดับความสูง 18.0 m เทียบกับระดับพื้น



ภาพที่ 4.2 การติดตั้งโครงเสาทั้งหลม

4.2 ผลการสร้างชุดกำเนิดไฟฟ้า ทางเสือ และใบพัด

ชุดกำเนิดไฟฟ้าประยุกต์ใช้มอเตอร์เครื่องชักผ้า (ภาพที่ 4.4) เชื่อมต่อเข้ากับใบพัดทั้งหลมที่ทำจากไม้เนื้อแข็งความกว้าง 15.0 cm (ประมาณ 5 นิ้ว) ยาว 1.5 m หนา 5.0 cm ซึ่งวัดขนาดและแบ่งไม้ออกเป็น 6 ส่วน แล้วถากเนื้อไม้ออกเป็นใบพัดทั้งหลมประกอบเข้ากับชุดมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าและทางเสือควบคุมทิศทางตามทิศทางลมที่พัดผ่าน โดยแกนทางเสือบังคับทิศทางทำด้วยเหล็กท่อกลมความยาว 1.5 m (ภาพที่ 4.3) ที่สามารถบังคับมุมทางและงอพับได้เมื่อความเร็วลมที่พัดสูงหรือมีความเร็วลมเกิน 7.0 m/s



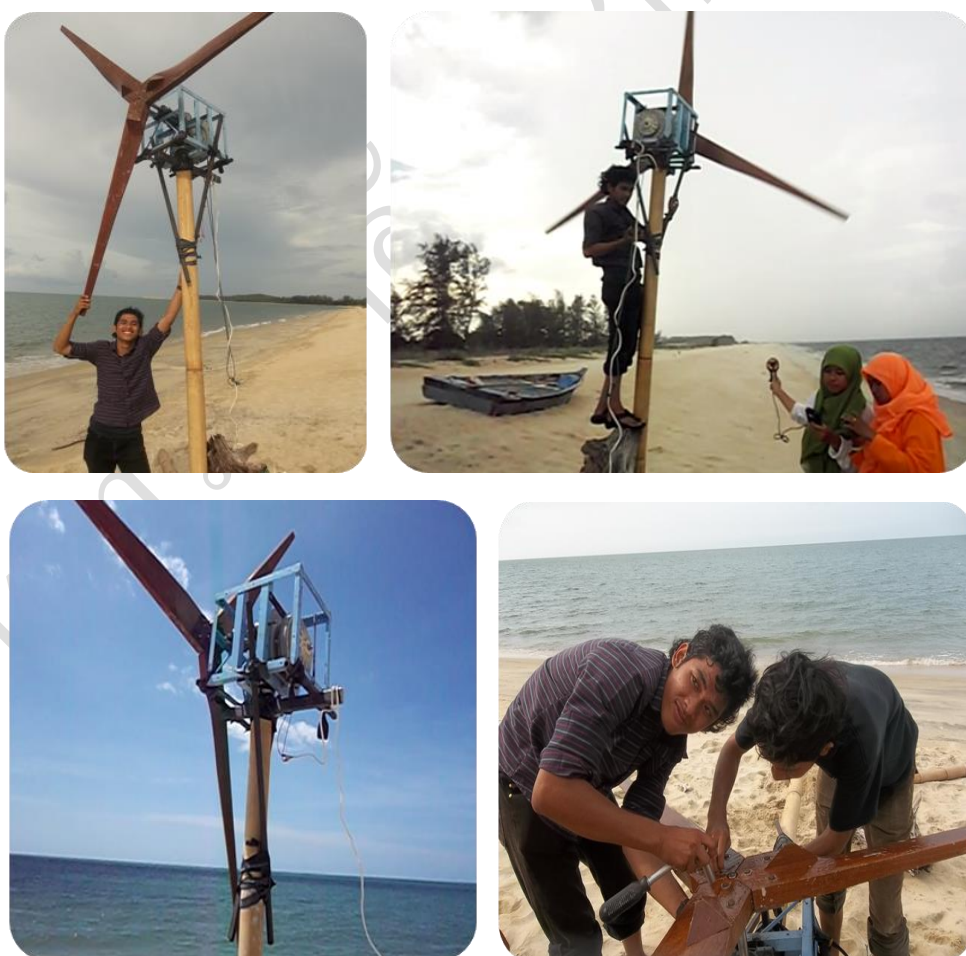
ภาพที่ 4.3 ทางเสื่อจากไม้อัดความหนา 1.0 cm



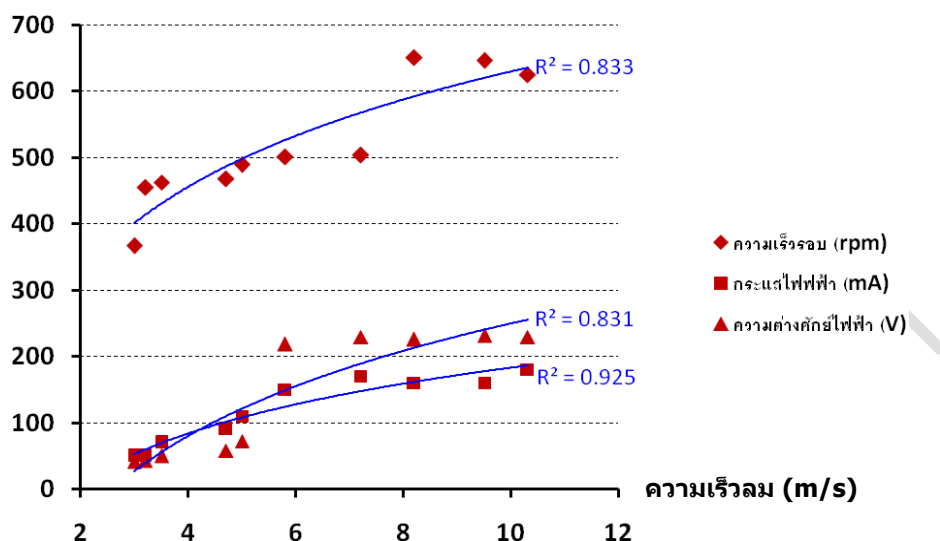
ภาพที่ 4.4 การประกอบใบพัดเข้ากับชุดมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้า

4.3 ผลการทดสอบชุดกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วลมต่างๆ

การทดลองผลิตไฟฟ้าด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น ทำได้โดยนำชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม ความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายไปติดตั้งบนเสาที่ระดับความสูงประมาณ 3.5 m ณ ชายหาด อ.ปะนาเระ จ. ปัตตานี วันที่ 5 – 10 มิถุนายน พ.ศ.2555 เวลา 15.00 – 18.00 น. (ภาพที่ 4.5) โดยบันทึกค่าความเร็วลม ความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 30 นาที จำนวน 3 ครั้ง แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย (ภาคผนวกที่ ง – 1) ซึ่งพบว่า ทันทีที่มีลมมากระทบใบพัดที่สร้างจากไม้ตะเคียนทราย ส่งผลให้มอเตอร์หมุนแล้วผลิตไฟฟ้าออกมา โดยการทดสอบนั้นความเร็วลมเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 3.0 m/s จนถึง 10.3 m/s ทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้า กระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยค่าที่ได้อยู่ในช่วง 366.8 – 624.6 rpm, 50.0 – 180.0 mA และ 41.4 – 229.1 V ตามลำดับ และได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบของมอเตอร์ กระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.5 การประกอบและทดสอบชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบต่ำนั้นมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าจะให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ย 45.0 V ที่ความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 427.8 rpm ซึ่งสามารถใช้ได้จริงกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในครัวเรือน แต่จำเป็นต้องแปลงกระแสไฟฟ้าแล้วชาร์ตเข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 V หรือ 24 V ก่อนแล้วค่อยแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับมาใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตามถ้าจะให้ได้สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าในครัวเรือนโดยตรงทันที ต้องใช้ความเร็วลมเฉลี่ยในช่วง 5.8 – 10.3 m/s จึงจะได้ความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เฉลี่ยในช่วง 218.7 – 231.2 V ที่ความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วง 500.2 – 650.2 rpm

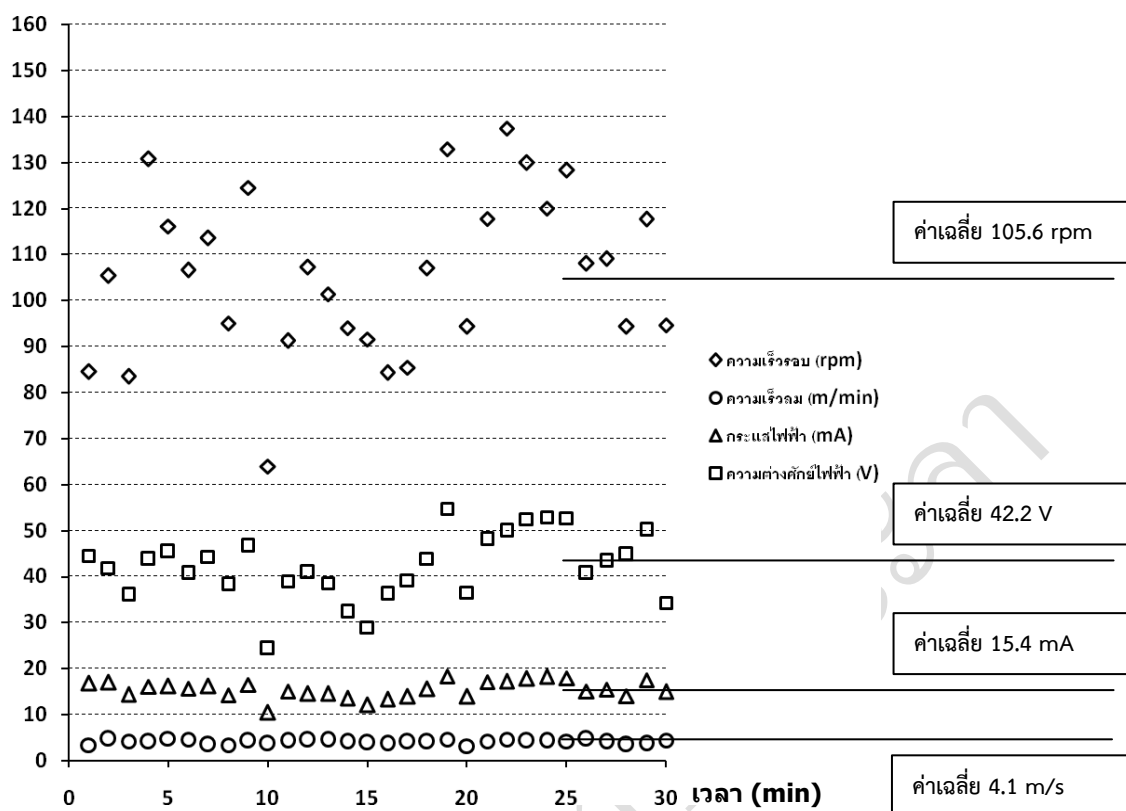
4.4 ผลการทดสอบผลิตไฟฟ้า ณ ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายแล้วเสร็จ (ภาพที่ 4.7) จึงดำเนินการทดสอบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้น ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส วันที่ 2 – 5 มิถุนายน พ.ศ.2556 ช่วงเวลา 15.00 – 17.00 น.



ภาพที่ 4.7 กังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย

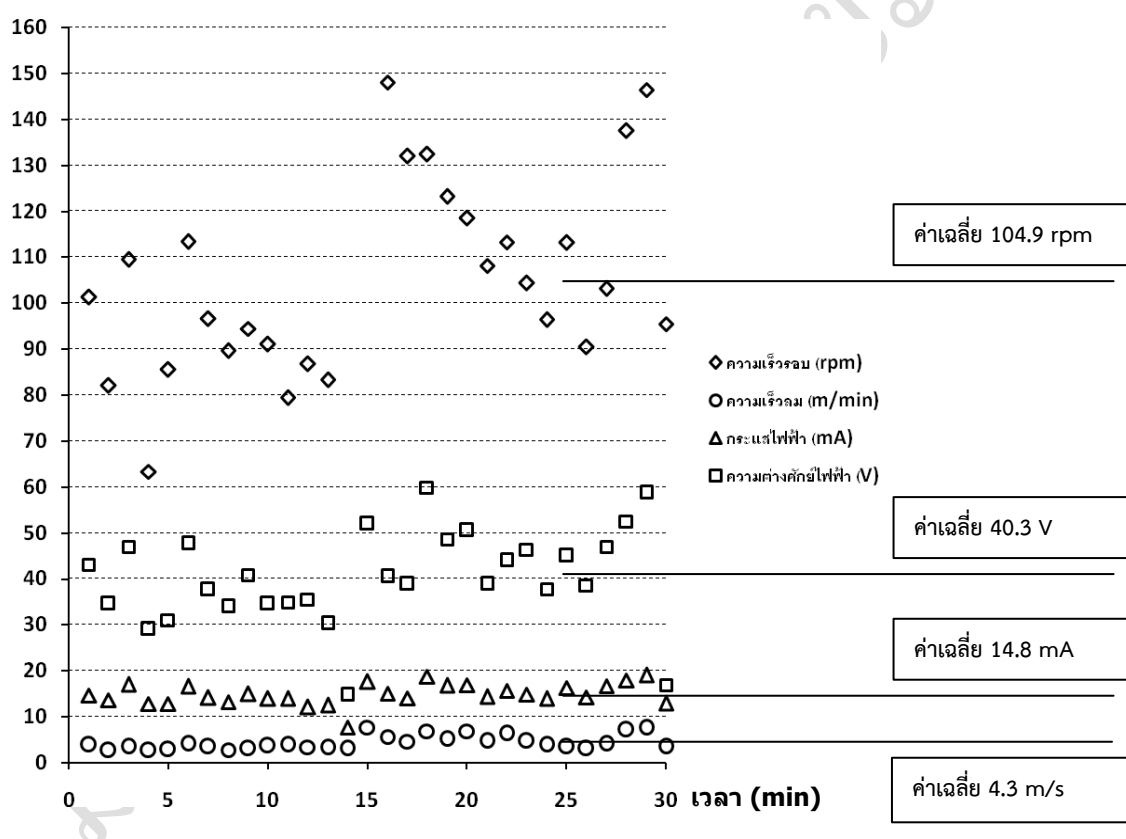
การทดลองใช้ชุดกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ และ 4 ใบ ตามลำดับ เชื่อมต่อกับชุดกำเนิดไฟฟ้าซึ่งได้ทดสอบแล้วตามข้อ 4.3 โดยบันทึกค่าความเร็วลม ความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 30 นาที จำนวน 3 ครั้ง แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย (ภาคผนวกที่ ง – 2 และ ภาคผนวกที่ ง – 3) พบว่า เมื่อใช้ใบพัดกังหันลมจำนวน 3 ใบ จะได้ความความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 105.6 rpm, 42.2 V และ 15.4 mA ตามลำดับ ที่ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 m/s (ภาพที่ 4.8) และเมื่อใช้ใบพัดจำนวน 4 ใบ จะได้ความความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 104.9 rpm, 40.3 V และ 14.8 mA ตามลำดับ ที่ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 m/s (ภาพที่ 4.9) เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ

จากการทดลองผลิตไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้นข้างต้น พบว่า การใช้ใบพัดกังหันลมจำนวน 3 ใบ มีความเหมาะสมกว่าการใช้ใบพัดกังหันลมจำนวน 4 ใบ โดยกังหันลมที่ใช้ใบพัดจำนวน 3 ใบ ให้ค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยสูงกว่ากังหันลมที่ใช้ใบพัดจำนวน 4 ใบ ผลการทดลองนี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับการทดสอบชุดกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วลมต่างๆ ในหัวข้อ 4.3 ซึ่งเมื่อพิจารณาเอกสารและรายงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนากังหันลมความเร็วรอบต่ำที่ผ่านมา อาทิเช่น ชันติ (2551) เดชรัตน์ และคณะ (2553) ยวิษฐา (2553) และนที และคณะ (2554) พบว่า กังหันลมที่พัฒนาขึ้นโดยการประยุกต์ใช้มอเตอร์เครื่องซักผ้าแบบกระแสสลับนี้สามารถใช้ได้จริงในชุมชนที่มีลมพัดผ่านต่ำในช่วงความเร็วลม 3.0 – 4.5 m/s และมีความคุ้มค่าเพราะสามารถลดต้นทุนในการซื้อแท่งแม่เหล็กถาวรและขดลวดทองแดงเพื่อทำเป็นชุดกำเนิดไฟฟ้า หรือเมื่อเปรียบเทียบกับชุดกังหันลมที่จำหน่ายในตลาดทั่วไปขนาดกำลังผลิต 750 – 1,500 W ต้นทุนอยู่ที่ 50,000 – 120,000 บาท ตามลำดับ (นที, 2554) ยังไม่รวมอุปกรณ์แปลงไฟ แบตเตอรี่ เสาและอุปกรณ์การติดตั้ง ขึ้นกับขนาดของกังหันลมและสถานที่ติดตั้ง

โดยกั้นหุ้มความเร็วรอบตัวอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้นนี้มีค่าใช้จ่ายน้อยมาก ได้แก่ ค่ามอเตอร์เครื่องชักผ้าพร้อมแกน 4,200 บาท (ซื้อโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิต) ค่าไม้ทำใบพัด 900 บาท เหล็กและไม้อัดทำชุดทางเสื่อประมาณ 1,000 – 1,500 บาท เหล็กท่อทำเสาทั้งหุ้มสูง 12 – 18 m พร้อมลวดสลิงประมาณ 5,600 บาท อุปกรณ์แปลงไฟฟ้า 4,500 – 8,000 บาท และแบตเตอรี่ราคา 3,500 – 6,000 บาท รวมประมาณ 18,000 – 25,000 บาท (งานวิจัยนี้ใช้งบประมาณสูงกว่าที่กล่าวมา เนื่องจากเป็นการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้และดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบตัวอย่างง่ายต่อไปในอนาคต) จึงควรส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ประชาชนและผู้สนใจได้นำไปติดตั้งเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าในระดับครัวเรือน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ประชาชนอาศัยอยู่ใกล้ทุ่งนาซึ่งมีลมพัดผ่านที่ความเร็วลมอยู่ในช่วง 3.0 4.5 m/s



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบ

อย่างไรก็ดี ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส (สถานที่ติดตั้งชุดกังหันลมความเร็วรอบตัวอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้นเพื่อการวิจัยเกี่ยวกับพลังงานลม) ที่ระดับความสูง 18 m จาก

ระดับพื้นดิน จะมีลมพัดปกติแต่ละวันในช่วงเวลา 13.30 – 17.30 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือน
กลางเดือนมิถุนายนเท่านั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ เป็นการออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย สำหรับชุมชน ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

เมื่อใช้ใบพัดกักหันลมจำนวน 3 ใบ ความความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 105.6 rpm, 42.2 V และ 15.4 mA ตามลำดับ ที่ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 m/s ในขณะเดียวกันเมื่อใช้ใบพัดจำนวน 4 ใบ ความความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 104.9 rpm, 40.3 V และ 14.8 mA ตามลำดับ ที่ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 m/s ทั้งนี้กังหันลมที่ใช้ใบพัดจำนวน 3 ใบ มีความเหมาะสมในการใช้งานกว่ากังหันลมที่ใช้ใบพัดจำนวน 4 ใบ จึงควรส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ประชาชนและผู้สนใจติดตั้งชุดกังหันลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายเพื่อผลิตไฟฟ้าในระดับครัวเรือน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ประชาชนอาศัยอยู่ใกล้ทุ่งนาและมีความเร็วลมอยู่ในช่วง 3.0 4.5 m/s

5.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาพลังงานทางในชุมชน จะเกิดขึ้นและประสบความสำเร็จได้ต้องให้ชุมชนมีส่วนร่วม ทั้งการรับรู้ การร่วมวางแผน การใช้ประโยชน์และบำรุงรักษา การเป็นเจ้าของหรือร่วมลงทุน และการร่วมขยายผลและต่อยอด เนื่องจากชุมชนเป็นกลไกสำคัญในการถ่ายทอดเทคโนโลยีพลังงานทางเลือกไปประยุกต์ใช้จริงในชีวิตประจำวัน

เอกสารอ้างอิง

- ไกรพัฒน์ จินขจร. (2551). พลังงานหมุนเวียน. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ขันธ์ ปานชลธิ. (2551). กังหันลมผลิตไฟฟ้าสำหรับบ้านพักอาศัย. กรุงเทพฯ : สหมิตรเครื่องกล.
- ดาวัลย์ วิวรรณเดช. (2546). พลังงานกับการพัฒนายั่งยืน. วารสารพลังงาน, 3 : 1-9.
- เดชรัตน์ สุขกำเนิด และคณะ. (2553). คู่มือพลังงานทางเลือก : แนวทางการพัฒนาพลังงานทางเลือกเพื่อ
สุขภาพในชุมชน. กรุงเทพฯ : มูลนิธินโยบายสุขภาวะ.
- บัณฑิต พึ่งธรรมสาร และคณะ. (2550). ทางเลือกพลังงานเพื่อดับโลกร้อน. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้าน
พลังงานและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : วี วิชชี.
- รัตเกล้า พันธุ์ร่วม ปฐมนันท์ วงศ์วิเศษ สิทธิชัย พิมพ์ศรี และ Meigen Zhang. (2553). การประเมิน
ศักยภาพพลังงานลมเบื้องต้นของประเทศไทย. วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ,
42(1) : 43-54.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). รัชพลังงาน. วารสารพลังงาน, 4(35) : 13-
14.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 20
สิงหาคม 2553 จาก <http://www2.dede.go.th/dede/renew/Twm/nar-aip.htm>
- ณรงค์ ไทยประยูร และคณะ. (2545). ความรู้พื้นฐานโรงไฟฟ้าพลังน้ำ. กรุงเทพฯ. หน้า 1-46.
- ประเสริฐ ภูั่นทพงษ์. (2535). เรื่อนำรู้เทคนิคไฟฟ้า : รวมบทความเกี่ยวกับไฟฟ้า. วารสารเทคนิคชุดที่
6, 2(8) : 381-387.
- มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. โครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลมของสำนักงานเมืองพัทยา.
สืบค้นเมื่อวันที่ วันที่ 20 สิงหาคม 2553 จาก [http://www.efe.or.th/home.php?ds=](http://www.efe.or.th/home.php?ds=preview&back=content&mid=QaThskHyxen7t4f1&doc=NqjAlaz072VSyy8e)
[preview&back=content&mid=QaThskHyxen7t4f1&doc=NqjAlaz072VSyy8e](http://www.efe.or.th/home.php?ds=preview&back=content&mid=QaThskHyxen7t4f1&doc=NqjAlaz072VSyy8e)
- ยวิษฐา พิทักษ์วัชร. (2553). พลังงาน ฉบับคิดเป็นทำเป็น : พลังงานลม. กรุงเทพฯ :มูลนิธินโยบายสุข
ภาวะ.
- ไทยตำบลดอทคอม, ตำบลบางขุนทอง อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส, สืบค้นเมื่อวันที่ วันที่ 10
สิงหาคม 2553 จาก <http://www.thaitambon.com>
- พระพายเทคโนโลยี. (2551). ความรู้เกี่ยวกับพลังงานลมและเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ
วันที่ วันที่ 5 สิงหาคม 2553 จาก <http://www.prapai.co.th>
- ศศิอนงค์ วัชรศิธร. (2551). ความเป็นไปได้ในการนำพลังงานลมมาใช้งาน Potentials for Wind
Energy in the MEA's area. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2553 จาก <http://www.mea.or.th>

นที ศรีทอง คมสัน หุตะแพทย์ และณัฐภูมิ สุดแก้ว. (2554). กังหันลมกังหันน้ำผลิตใช้เอง. กรุงเทพฯ : เกษตรธรรมชาติ.

Akhtar, M.S., Khan, M.A., Jeon, M.S. and Yang, O.B. (2008). Controlled synthesis of various ZnO nanostructured materials by capping agents-assisted hydrothermal method for dye-sensitized solar cells. *Electrochimica Acta*, 53 : 7869-7874.

Bwana, N.N. (2009). Improved short-circuit photocurrent densities in dye-sensitized solar cells based on ordered arrays of titania nanotubule electrodes. *Current Applied Physics*, 9 : 104-107.

Calogero, G. and Marco, G.D. (2008). Red Sicilian orange and purple eggplant fruits as natural sensitizers for dye-sensitized solar cells. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 92 : 1341-1346.

David, J., Smith, M. and Hart, M. (2008). Climate change implications for wind power resources in the Northwest United States. *Renewable Energy*, 33 : 2393-2406.

Hugh D. Y. and Roger A. F. (2004). *University Physics with Modern Physics*. 11th Edition, Pearson Addition Wesley, San Francisco; USA.

Himri, Y., Boudghene, A., Draoui, B. and Himri, S. (2009). Review of wind energy use in Algeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13 (4) : 910-914.

Jovcic, D. (2008). Offshore wind farm with a series multiterminal CSI HVDC. *Electric Power Systems Research*, 78 : 747-755.

Liu, J., Wang, W., Yu, H., Wu, Z., Peng, J. And Cao, Y. (2008). Surface ligand effects in MEH-PPV/TiO₂ hybrid solar cells. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 92 : 1403-1409.

Mabel, M.C. and Fernandez, E. (2008). Growth and future trends of wind energy in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(2008) : 1745-1757.

Palanichamy, C., Sundar, N. and Nadarajan, C. (2002). Municipal solid waste fueled power generation for India. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 17(4) : 556-563.

Ramakrishna, S. (2007). Report on new energy related technology and policy in Singapore. The 3rd SEE Forum: Asia-Pacific Academic Network for Sustainable energy and Environment, 21-23 November, Pattaya, Thailand.

Velasco, M., Probst, O. And Acevedo, S. (2004). Theory of wind-electric water pumping. *Renewable Energy*, 29 : 873-893.

Waewsak, J., Chancham, C., Ravangvong, S., Mani, M., Nankongnab, N., Tirawanichakul Y., Tirawanichakul, S., Thepaya T. and Matan N. (2007). ONSHORE WIND POWER IN SOUTHERN THAILAND: A PRELIMINARY STUDY. The 33rd Congress on Science and Technology of Thailand.

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภาคผนวก ก
ภาพการดำเนินการวิจัย





ภาพผนวก ก - 1 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ภาคผนวก ข

การสร้างใบพัดกังหันลมต้นทุนต่ำ

เขียนโดย พงษ์ตะวัน

วันพฤหัสบดีที่ 17 พฤษภาคม 2012 เวลา 20:42 น

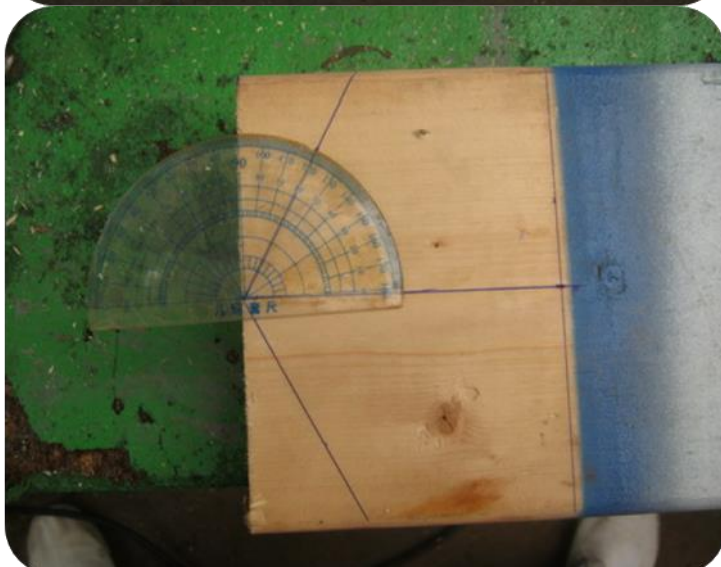
แก้ไขล่าสุด วันพฤหัสบดีที่ 04 ตุลาคม 2012 เวลา 20:37 น

(ที่มา : www.kaolom.com)

หลังจากได้อ่าน "กังหันลมเจ้าตัวเล็ก" ออกมา ได้มีคนสนใจเป็นจำนวนมากอยากให้องค์กรต่างๆ โดยเฉพาะไฟฟ้านครหลวงไปพัฒนาระบบกังหันลมและทางเรือ สอนงานจะใช้ของตามท้องตลาด ผมเกรงว่าจะใช้ไม่ได้เท่ากับเราทำเอง การสร้างกังหันลมไม่ใช่เรื่องยากและไม่ยากถ้าทำอย่างถูกวิธีให้ตรงกับโครงงาน ทุกอย่างมีเหตุมีผล และมีการออกแบบ การคำนวณก่อนการสร้างเพราะฉะนั้นก่อนการสร้างงานไดนาโมผลิตไฟฟ้า เราต้องทราบพื้นฐานของความเร็วลมของแต่ละพื้นที่ที่จะได้สร้างไดนาโมให้ตรงกับรอบการผลิตไฟฟ้าให้ได้สูงสุดของพลังงานที่ไฟฟ้านครหลวง ผมจะเริ่มจากการสร้างไฟฟ้านครหลวงก่อนและคอยดูให้ในหัวข้อต่างๆ ของกังหันลมต้นทุนต่ำ

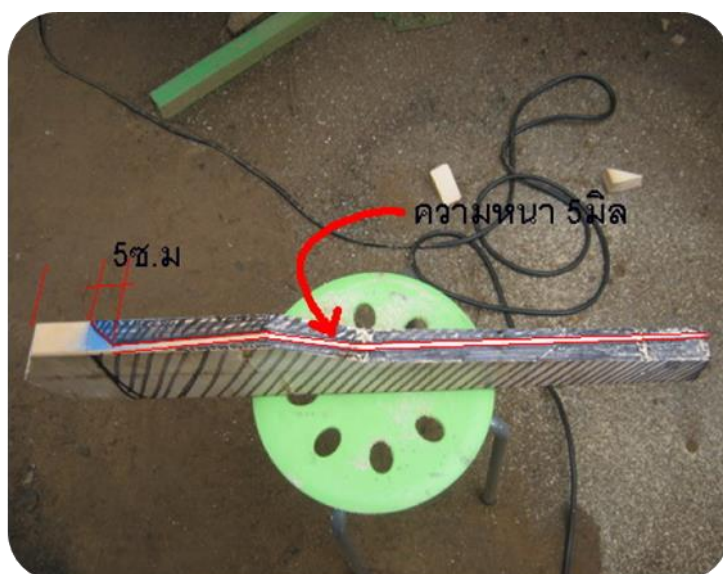


/ แบ่งตามระยะ เอาแค่นี้แหละจริงๆ
การทำยุ่งยากกว่านี้ (หมุน



/ ใช้อะไรทำองศาแล้วแต่ทาน...120

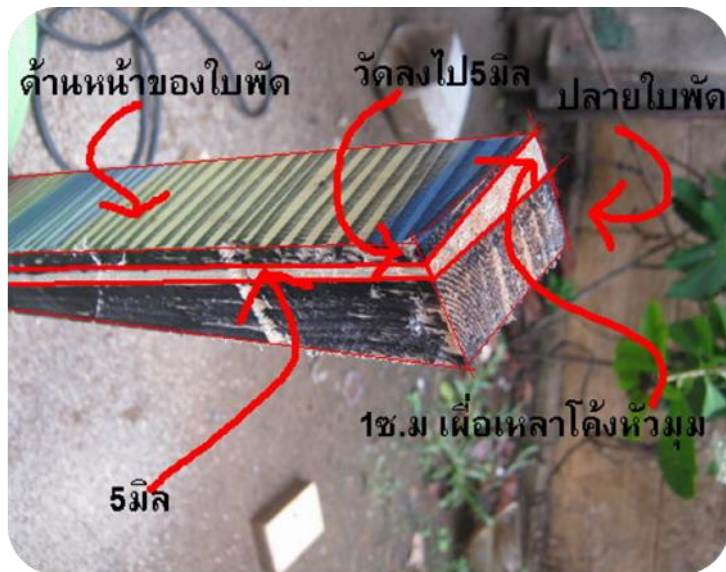




/ ส่วนที่ประกาชิตสีดำ คือ สวนเอา



/ ด้านหลังตรงปากกาขีดเส้น เอา



/ ปลายใบพัดตรงปากกาขีดเส้น เอา



/ สำคัญมันอยู่ตรงนี้ครับ ความลึก
ของเลื่อยห้ามเกินเส้นที่เราขีดบอก



/ เรื่อยให้ครบทั้งสองด้าน คือ ด้าน



/ ใช้ส่วตอกเอาจองไม่ออกตามความ



/ ดานหน้าใบพัด สังกะตชอบบนห้าม
ตะตองเอาไวเปนตัวอ้างอิงชิ้นเตอร์

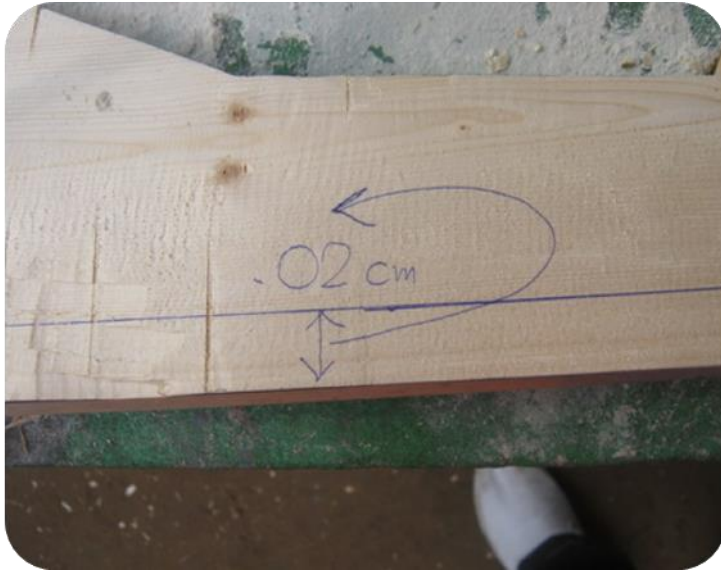




/ ถ้าเราทำแบบนี้ทุกอันรับรอง



/ ขอบสันหน้าด้านหลังใบพัด วัด
จากขอบเข้าไปประมาณ 2 cm เพื่อ
ลบมุมทำให้โค้งเอียงเหมือนหลัง



/ เหล่าเสร็จด้านหลังตรงขอบหน้าจะ



/ ที่เหลือขัดให้ไม้เรียบแล้วทาสี
น้ำมันหรือทาขี้เถ้าก็ได้เพื่อกัน
ความชื้นเข้าใบพัดอาจทำให้ใบพัด



/ ประกอบใบพัดตอวงวัดปลายมุมของ



/ ไขแมกซิงล็อกไม่ให้เดิน ทั้งด้าน



/ เจาะรูตรงกลางด้วยตัวเจาะลูกบิด





/ เตรียมแผ่นเพลท ตัวยึดเข้ากับแกน



/ คว้านหน้าใบพัดลงเตรียมเจาะรู





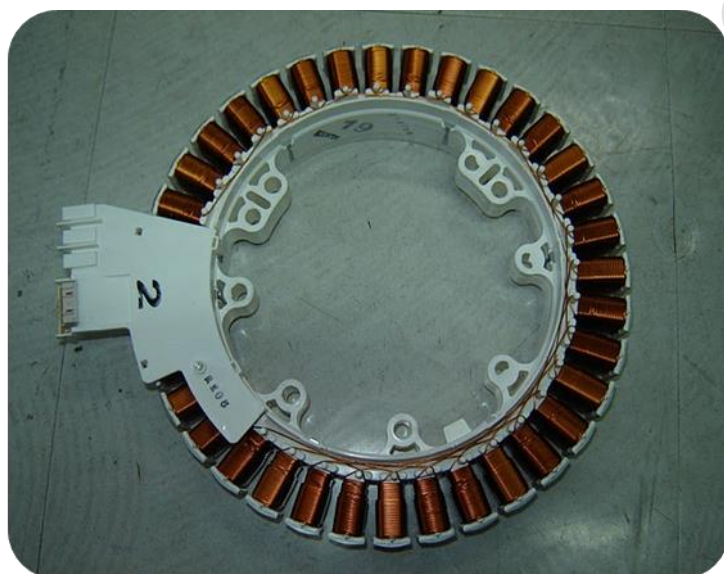
/ ถ้าแลคเกอร์เงาขึ้นเกินไปให้ผสม

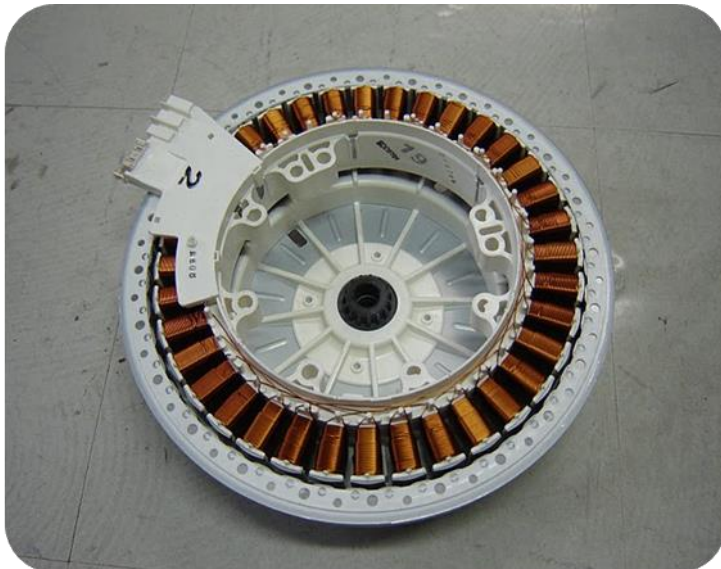


/ ทาแลคเกอร์เงาซ้ำ 2-3 ครั้ง ไม่เกิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ส่วนประกอบของมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้า





/ ขดลวดและแม่เหล็กถาวรประกอบ





/ ส่วนของขดลวดประกอบเข้ากับ



/ แกน ขดลวด และแม่เ

ภาคผนวก ง
ข้อมูลการทดลอง

ตารางผนวกที่ ง - 1 ผลการทดลองวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์กระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ ที่ความเร็วลมต่างๆ

ความเร็วลม (m/s)	ความเร็วรอบ (rpm)	กระแสไฟฟ้า (A)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)
3.0	366.8	0.05	41.4
3.2	454.2	0.05	43.0
3.5	462.5	0.07	49.9
4.7	467.3	0.09	57.9
5.0	489.3	0.11	72.0
5.8	500.2	0.15	218.7
8.2	650.2	0.16	225.3
7.2	503.9	0.17	229.5
9.5	646.4	0.16	231.2
10.3	624.6	0.18	229.1

ตารางผนวกที่ ง - 2 ผลการทดลองวัดความเร็วลม ความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ

เวลา (min)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วลม (m/s)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)
1	84.5	3.3	16.7	44.5
2	105.4	4.7	16.9	41.8
3	83.4	4.2	14.3	36.0
4	130.7	4.0	16.0	43.7
5	116.1	4.8	16.1	45.4
6	106.6	4.6	15.6	40.7
7	113.5	3.5	16.1	44.3
8	95.0	3.3	14.2	38.2
9	124.5	4.3	16.5	46.6
10	63.9	3.6	10.4	24.3
11	91.2	4.3	14.9	38.9
12	107.2	4.5	14.5	40.9
13	101.4	4.5	14.5	38.5
14	94.0	4.0	13.5	32.3
15	91.5	3.9	12.0	28.9
16	84.3	3.7	13.3	36.2
17	85.4	4.0	13.9	39.1
18	107.0	4.1	15.5	43.9
19	132.9	4.6	18.3	54.7
20	94.3	3.1	13.9	36.5
21	117.7	4.2	17.0	48.0
22	137.4	4.6	17.1	49.9
23	129.9	4.3	17.7	52.4
24	120	4.3	18.2	52.9

25	128.3	4.2	17.9	52.7
26	108.0	4.7	15.0	40.7
27	109.0	4.0	15.4	43.3
28	94.3	3.5	14.0	44.8
29	117.6	3.7	17.5	50.1
30	94.6	4.4	14.9	34.2
ค่าเฉลี่ย	105.6	4.1	15.4	42.2

ตารางผนวกที่ ง - 3 ผลการทดลองวัดความเร็วลม ความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบ

เวลา (min)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วลม (m/s)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)
1	101.3	3.8	14.6	43.0
2	82.0	2.6	13.6	34.5
3	109.5	3.5	16.9	46.9
4	63.3	2.6	12.8	29.0
5	85.5	2.8	12.7	30.9
6	113.3	4.1	16.5	47.6
7	96.6	3.4	14.1	37.6
8	89.6	2.7	13.2	33.9
9	94.4	3.0	14.9	40.8
10	91.0	3.6	13.9	34.5
11	79.4	3.8	13.9	34.8
12	86.7	3.3	12.0	35.5
13	83.20	3.2	12.5	30.2
14	92.3	3.0	7.6	14.7
15	120.2	7.6	17.6	51.9
16	148.0	5.6	15.0	40.5
17	132.0	4.6	14.0	38.8
18	132.4	6.8	18.7	59.8
19	123.1	5.1	16.7	48.6

20	118.4	6.8	16.8	50.5
21	108.1	4.7	14.3	38.8
22	113.2	6.3	15.6	44.0
23	104.3	4.7	14.8	46.3
24	96.4	3.9	13.9	37.7
25	113.1	3.5	16.2	45.0
26	90.4	3.0	14.2	38.5
27	103.1	4.1	16.7	46.9
28	137.5	7.1	17.9	52.4
29	146.4	7.5	19.0	58.7
30	95.4	3.4	12.8	16.8
ค่าเฉลี่ย	104.9	4.3	14.8	40.3

ประวัติย่อผู้วิจัย



ชื่อ สกุล นายอีลีหัยะ สนิโซ
ตำแหน่ง อาจารย์พนักงานมหาวิทยาลัย สาขาวิชาฟิสิกส์
ห้องทำงาน 216 ชั้น 2 อาคาร 9 ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์
ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ.เทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000

โทรศัพท์ : 0-7322-7148, โทรศัพท์เคลื่อนที่ : 086-2960787

E-mail : saniso.e@hotmail.com, eleeyah.s@yru.ac.th

ประวัติการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จ
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2549
การศึกษามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยทักษิณ	2547