กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋ว สำหรับแหล่งเรียนรู้ในชุมชน : กรณีศึกษา ณ ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส

อีลีหย๊ะ สนิโซ* มะรูดิง กาซา* และฮูเซ็ง ชายดานา*

บทคัดย่อ

พลังงานลมเป็นพลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการประยุกต์ใช้โดยเฉพาะพลังงานลมขนาดจิ๋วที่ไม่สลับซับซ้อน และราคาผลิตต่อหน่วยถูก (กิโลวัตต์ชั่วโมง) การวิจัยนี้จึงออกแบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดจิ๋ว ณ ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส โดยใช้มอเตอร์ขนาด 800-1,000 วัตต์ เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ พบว่า สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดจิ๋วที่ผลิตไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 42.2±7.2 โวลต์ ณ ความเร็วรอบเท่ากับ 105.6±17.7 รอบต่อนาที แสดงให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดจิ๋วจากมอเตอร์เป็นเทคโนโลยีพื้นฐานที่สามารถปรับปรุงและพัฒนา เพื่อผลักดันให้สามารถใช้งานระดับท้องถิ่นในประเทศได้ เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมขนาดจิ๋วมีความเหมาะสมกับการใช้งานในครัวเรือนชนบท สามารถประดิษฐ์ได้ง่าย ใช้เงินลงทุนต่ำ ติดตั้งและควบคุมดูแลระบบได้โดยประชาชน

คำสำคัญ : พลังงานทดแทน พลังงานลม นราธิวาส

* ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถนนเทศบาล 3 อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000 อีเมล : saniso.e@hotmail.com

Pico-Wind Power Generator for Rural Education: Case Study at Bangkuntong Subdistrict, Takbai District, Narathiwat Province

Eleeyah Saniso* Maruding Kasa* and Huseng Chaidana*

Abstract

Wind power is one of the efficient renewable energy sources. It is suited for small scale and low cost (kWh). This research is novel wind power at the Bangkuntong subdistrict, Takbai district, Narathiwat province by using AC motor to generate electrical power between 800 to 1,000 Watts. Production gives maximum range between 42.2±7.2 Volt at speed 105.6±17.7 round per minute. The wind power can be base technologies for local improvement that may gain momentum in the country. This power is more appropriate and affordable by local community due to comparatively low investment, less disturbance, easily on operation and management.

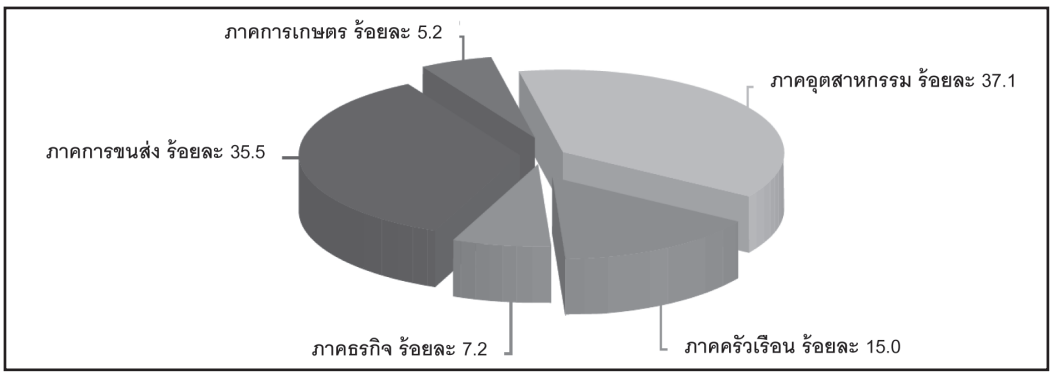
Keywords : Renewable energy, Wind power, Narathiwat

* Department of Science, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, 133 Tesaban Road 3, Amphur Muang, Yala 95000, Thailand. e-mail: saniso.e@hotmail.com

บทนำ

แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2553-2573 กำหนดไว้ว่า ปี พ.ศ. 2573 ประเทศไทยจะมีกำลังผลิตไฟฟ้ารวม 65,547 เมกกะวัตต์ โดยมีกำลังผลิตจากการใช้พลังงานหมุนเวียนรวม 6,101 เมกกะวัตต์ ได้แก่ มวลชีวภาพ แก๊สชีวภาพ รังสีอาทิตย์ ขยะ พลังงานลม และพลังงานน้ำ จำนวน 3,032 176 1,107 183 1,321 และ 281 เมกกะวัตต์ ตามลำดับ (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2553) สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ได้ประมาณการอัตราการเพิ่มรายได้ประชาชาติในระยะ 15 ปีต่อไป ตามแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 10 11 และ 12 เฉลี่ยร้อยละ 5.4 คิดเป็นอัตราค่าเฉลี่ยของความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละประมาณ 1,400,000 กิโลวัตต์

รายงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2535) ซึ่งระบุว่าในไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ.2556 ประเทศไทยใช้พลังงานขั้นสุดท้ายแบ่งตามภาคส่วนต่างๆ ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม (industrial) ภาคการขนส่ง (transportation) ภาคครัวเรือน (residential) ภาคธุรกิจ (commercial) และภาคการเกษตร (agriculture) คิดเป็นร้อยละ 37.1 35.5 15.0 7.2 และ 5.2 ตามลำดับ (ภาพที่ 1) จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเตรียมพลังงานทดแทนให้เพียงพอต่อการความต้องการของประเทศ ซึ่งไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทยใช้พลังงานทดแทนเพียงร้อยละ 8.9 เพื่อลดภาระการนำเข้าพลังงานดังกล่าว (ประเสริฐ ภู่นันทพงษ์, 2535) จึงต้องวิจัยเพื่อเตรียมแหล่งพลังงานทดแทน (renewable energy) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น พลังงานจากชีวมวล (biomass energy) (Palanichamy *et al*., 2002) พลังงานน้ำ (hydro power) (Date and Akbarzadeh, 2009; Ogayar and Vidal, 2009) พลังงานลม (wind energy) (Mabel and Fernandez, 2008; Himri *et al*., 2009) และพลังงานแสงอาทิตย์ (solar energy) (Ramakrishna, 2007) เป็นต้น



ภาพที่ 1 การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายตามภาคส่วนต่างๆ ในไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ.2556 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

โดยการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส ศักยภาพพลังงานลมที่ระดับความสูง 30 เมตร จากพื้นดิน มีความเร็วลม 5.9-6.5 เมตรต่อวินาที และที่ระดับความสูง 50 เมตร จากพื้นดิน มีความเร็วลม 6.4-7.0 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีความเร็วลมอยู่ในระดับ 3 (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2556) จึงมีศักยภาพเพียงพอที่จะติดตั้งกังหันลมขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นเอง เพื่อเป็นต้นแบบการใช้พลังงานลมผลิตไฟฟ้า เป็นแหล่งจัดการเรียนการสอน แหล่งเรียนรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสำหรับท้องถิ่นในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ การวิจัยนี้จึงออกแบบ สร้าง และทดสอบการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายสำหรับชุมชน เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสม ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่าย เริ่มจากการใช้ชุดกำเนิดไฟฟ้าจากมอเตอร์เชื่อมต่อเข้ากับแกนใบพัดและชุดหางเสือควบคุมทิศทางตามทิศทางลมที่พัดผ่าน เพื่อให้ใบพัดหมุนต่อเนื่องตามความเร็วลมที่พัดผ่านในแต่ละช่วงเวลา แกนหางเสือบังคับทิศทางทำด้วยเหล็กท่อกลมความยาว 1.5 เมตร ที่สามารถบังคับมุมกางและงอพับได้เมื่อความเร็วลมที่พัดสูงหรือมีความเร็วลมเกิน 7 เมตรต่อวินาที โดยปกติหางเสือจะถ่างออกจากแนวเสากังหันประมาณ 10-20 องศา เพื่อประโยชน์ในการให้กังหันหันหน้าสู้ลม โดยไม่หลุดจากเหล็กที่เป็นแกนสำหรับสวมหางเสือ

หางเสือจะควบคุมทิศทางของใบพัดตามทิศทางลม ทำจากไม้อัดความหนา 1 เซนติเมตร ขอบมนทาด้วยน้ำยาแล็กเกอร์เพื่อป้องกันการชำรุดและเสียหาย เนื่องจากสภาวะอากาศแวดล้อม ใบพัดกังหันลมทำจากไม้เนื้อแข็งความกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 1.5 เมตร หนา 5 เซนติเมตร โดยวัดขนาดและแบ่งไม้ออกเป็น 6 ส่วน แล้วถากเนื้อไม้ออกเพื่อทำเป็นใบพัดกังหันลมประกอบเข้ากับชุดมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าและหางเสือ

เสากังหันลมทำจากเหล็กฉากเชื่อมต่อเป็นโครงสี่เหลี่ยมด้านเท่าขนาดความกว้างด้านละ 26 เซนติเมตร ความสูงถึงปลายชุดกังหันลมเท่ากับ 18 เมตร ติดตั้งบนฐานที่ทำจากปูนซีเมนต์ความกว้างด้านละ 0.8 เมตร ความลึก 1.2 เมตร แล้วยึดด้วยลวดสลิงทั้ง 4 ด้าน ซึ่งเชื่อมต่อเข้ากับสมอบกบนฐานตอม่อขนาดเดียวกันกับฐานเสา โดยมีช่องบันไดทำจากเหล็กเส้นม้วนเป็นวงกลม แล้วเชื่อมเข้ากับตะแกรงโลหะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เมตร ติดอยู่ทางด้านข้างของเสา มีลวดสลิงยึดข้างละ 2 ระดับ คือ ที่ระดับความสูงจากฐาน (บนพื้นดิน) เท่ากับ 12 เมตร และที่ระดับความสูง 18 เมตร เทียบกับระดับพื้น

การทดลองผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่ออกแบบและสร้างขึ้นได้ปฏิบัติการ ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส บันทึกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ค่าความเร็วลม ปริมาณกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้

ผล

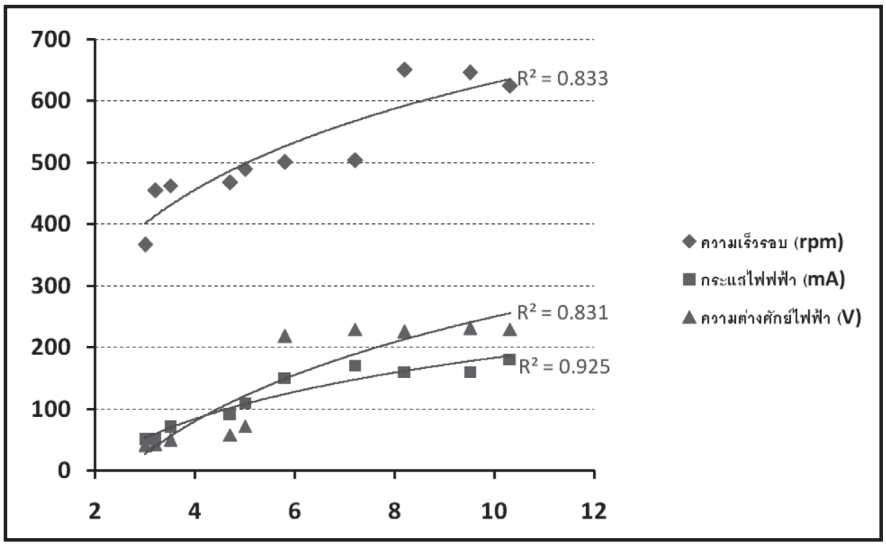
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประยุกต์ใช้มอเตอร์ต่อเข้ากับใบพัดกังหันลมที่ทำจากไม้เนื้อแข็ง ความกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 1.5 เซนติเมตร หนา 5 เซนติเมตร ซึ่งวัดขนาดและแบ่งไม้ออกเป็น 6 ส่วน แล้วถากเนื้อไม้ออกเป็นใบพัดกังหันลมประกอบเข้ากับชุดมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าและหางเสือควบคุมทิศทางตามทิศทางลมที่พัดผ่าน โดยแกนหางเสือบังคับทิศทางทำด้วยเหล็กท่อกลมความยาว 1.5 เมตร (ภาพที่ 2) ที่สามารถบังคับมุมกางและงอพับได้เมื่อความเร็วลมที่พัดสูงหรือมีความเร็วลมเกิน 7 เมตรต่อวินาที

ภาพที่ 2 ชุดมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าและหางเสือควบคุมทิศทางของกังหันลม

เสากังหันลมทำจากเหล็กฉากเชื่อมต่อเป็นโครงสี่เหลี่ยมด้านเท่าขนาดความกว้างด้านละ 26 เซนติเมตร ความสูงถึงปลายชุดกังหันลมเท่ากับ 18 เมตร ติดตั้งบนฐานที่ทำจากปูนซีเมนต์ความกว้างด้านละ 0.8 เมตร ลึก 1.2 เมตร (ภาพที่ 3) แล้วยึดด้วยลวดสลิงทั้ง 4 ด้าน ซึ่งเชื่อมต่อเข้ากับสมอบกบนฐานตอม่อขนาดเดียวกันกับฐานเสา โดยมีช่องบันไดทำจากเหล็กเส้นม้วนเป็นวงกลมแล้วเชื่อมเข้ากับตะแกรงโลหะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เมตร ติดอยู่ทางด้านข้างของเสา มีลวดสลิงยึดข้างละ 2 ระดับ คือ ที่ระดับความสูงจากฐาน (บนพื้นดิน) เท่ากับ 12 เมตร และที่ระดับความสูง 18 เมตร เทียบกับระดับพื้น

ภาพที่ 3 การสร้างฐานตอม่อและติดตั้งเสากังกันลม

การทดลองผลิตไฟฟ้าด้วยชุดกำเนิดไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น ทำได้โดยนำชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายไปติดตั้งบนเสาที่ระดับความสูงประมาณ 3.5 เมตร ณ ชายหาด อ.ปะนาเระ จ.ปัตตานี วันที่ 5-10 มิถุนายน พ.ศ.2555 เวลา 15.00-18.00 น. โดยบันทึกค่าความเร็วลม ความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 30 นาที จำนวน 3 ครั้ง แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย (ภาพที่ 4) พบว่า ทันทีที่มีลมมากระทบใบพัดที่สร้างจากไม้ตะเคียนทราย ส่งผลให้มอเตอร์หมุนแล้วผลิตไฟฟ้าออกมา โดยการทดสอบนั้นความเร็วลมเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 3 เมตรต่อวินาที จนถึง 10.3 เมตรต่อวินาที ทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้า กระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยค่าที่ได้อยู่ในช่วง 366.8-624.6 รอบต่อนาที 50-180 มิลลิแอมแปร์ และ 41.4-229.1 โวลต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ

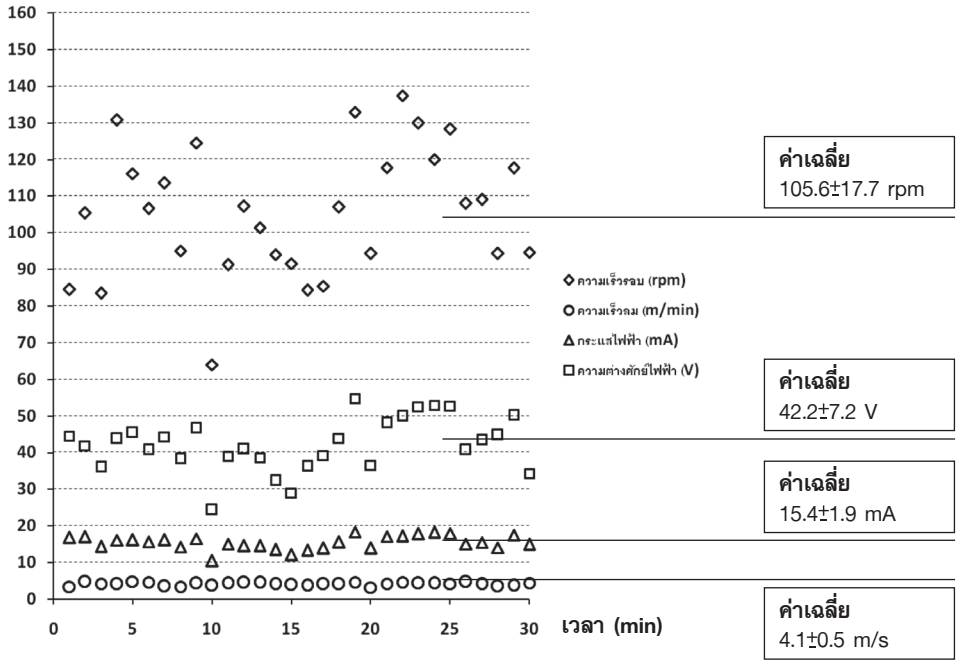
ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบต่ำนั้นมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าจะให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ย 45 โวลต์ ที่ความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 427.8 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถใช้ได้จริงกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในครัวเรือน แต่จำเป็นต้องแปลงกระแสไฟฟ้าแล้วเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ หรือ 24 โวลต์ก่อน แล้วค่อยแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับมาใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตามถ้าจะให้สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าในครัวเรือนโดยตรงทันที ต้องใช้ความเร็วลมเฉลี่ยในช่วง 5.8-10.3 เมตรต่อวินาที จึงจะได้ความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เฉลี่ยในช่วง 218.7-231.2 โวลต์ ที่ความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์กำเนิดไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วง 500.2-650.2 รอบต่อนาที

เมื่อติดตั้งอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายแล้วเสร็จ จึงดำเนินการทดสอบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้น ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส วันที่ 2-5 มิถุนายน พ.ศ.2556 ช่วงเวลา 15.00-17.00 น. การทดลองใช้ชุดกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ และ 4 ใบ ตามลำดับ เชื่อมต่อกับชุดกำเนิดไฟฟ้าซึ่งได้ทดสอบแล้วก่อนหน้านี้ โดยบันทึกค่าความเร็วลม ความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 30 นาที จำนวน 3 ครั้ง แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย (ภาพที่ 5 และภาพที่ 6) พบว่า เมื่อใช้ใบพัดกังหันลมจำนวน 3 ใบ จะได้ความความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 105.6 รอบต่อนาที 42.2 โวลต์ และ 15.4 มิลลิแอมแปร์ ตามลำดับ ที่ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 เมตรต่อวินาที และเมื่อใช้ใบพัดจำนวน 4 ใบ จะได้ความความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 104.9 รอบต่อนาที 40.3 โวลต์ และ 14.8 มิลลิแอมแปร์ ตามลำดับ ที่ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 เมตรต่อวินาที เช่นเดียวกัน

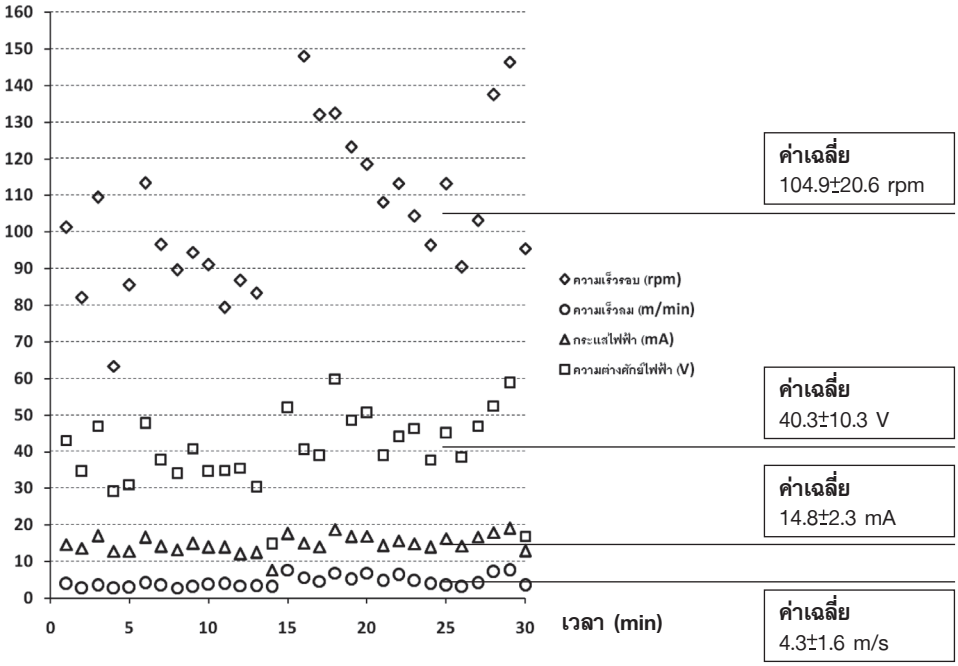
อภิปรายผล

จากการทดลองผลิตไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้น ที่ระดับความสูง 18 เมตร จากระดับพื้นดิน จะมีลมพัดปกติแต่ละวันในช่วงเวลา 13.30-17.30 น. ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงกลางเดือนมิถุนายนเท่านั้น และสามารถใช้ได้จริงบริเวณที่มีลมพัดในช่วงความเร็วลม 3.0-4.5 เมตรต่อวินาที โดยการใช้ใบพัดกังหันลมจำนวน 3 ใบ มีความเหมาะสมกว่าการใช้ใบพัดกังหันลมจำนวน 4 ใบ ทั้งนี้กังหันลมที่ใช้ใบพัดจำนวน 3 ใบ ให้ค่าความความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยสูงกว่ากังหันลมที่ใช้ใบพัดจำนวน 4 ใบ โดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.9 โวลต์ และ 0.6 มิลลิแอมแปร์ ตามลำดับ ผลการทดลองนี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับการทดสอบชุดกำเนิดไฟฟ้าที่ความเร็วลมต่างๆ กัน (ภาพที่ 4)

โดยกังหันลมความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้นนี้มีค่าใช้จ่ายน้อยมาก ได้แก่ ค่ามอเตอร์พร้อมแกน 4,200 บาท ค่าไม้ทำใบพัด 900 บาท เหล็กและไม้อัดทำชุดหางเสือประมาณ 1,000-1,500 บาท เหล็กท่อทำเสากังหันลมสูง 12-18 เมตร พร้อมลวดสลิงประมาณ 5,600 บาท อุปกรณ์แปลงไฟฟ้า 4,500-8,000 บาท และแบตเตอรี่ราคา 3,500-6,000 บาท รวมประมาณ 18,000-25,000 บาท (งานวิจัยนี้ใช้งบประมาณสูงกว่าที่กล่าวมา เนื่องจากเป็นการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้และดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานลมความเร็วรอบต่ำย่างง่ายต่อในอนาคต) จึงควรส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ประชาชนและผู้สนใจได้นำไปติดตั้งเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าในระดับครัวเรือน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ประชาชนอาศัยอยู่ใกล้ทุ่งนาซึ่งมีลมพัดผ่านที่ความเร็วลมอยู่ในช่วง 3.0-4.5 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 3 ใบ



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับความเร็วรอบของมอเตอร์ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าของกังหันลมที่มีใบพัดจำนวน 4 ใบ

ในขณะที่เดชรัต สุขกำเนิด และคณะ (2553) ยวิษฐา พิทักษ์วัชระ (2553) และนที ศรีทอง และคณะ (2554) ได้ให้ข้อสรุปว่า กังหันลมที่พัฒนาจากการประยุกต์ใช้มอเตอร์แบบกระแสสลับสามารถใช้ได้จริงในชุมชนที่มีลมพัดผ่านต่ำในช่วงความเร็วลม 3.0 – 4.5 เมตรต่อวินาที สามารถลดต้นทุนในการซื้อแท่งแม่เหล็กถาวรและขดลวดทองแดง เพื่อทำเป็นชุดกำเนิดไฟฟ้า หรือเมื่อเปรียบเทียบกับชุดกังหันลมที่จำหน่ายในตลาดทั่วไปขนาดกำลังผลิต 750-1,500 วัตต์ ต้นทุนอยู่ที่ 50,000-120,000 บาท ทั้งนี้ยังไม่ร่วมอุปกรณ์แปลงไฟ แบตเตอรี่ เสา และอุปกรณ์การติดตั้งซึ่งขึ้นกับขนาดของกังหันลมและสถานที่ติดตั้ง

ดังนั้น กังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้น ณ บ้านยูโย หมู่ที่ 6 ต.บางขุนทอง อ.ตากใบ จ.นราธิวาส สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 32,000-95,000 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับชุดกังหันลมที่จำหน่ายในตลาดทั่วไป

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ขอขอบคุณนายสมกรณ์ ชัยวรากรณ์ อาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2556). Energy in Thailand: Facts & Figures Q1/2013 [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 24 สิงหาคม 2556, จาก http://www.dede.go.th.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2556) แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 24 สิงหาคม 2556, จาก http://www2.dede.go.th/dede/renew/Twm/nar-aip.htm

เดชรัต สุขกำเนิด และคณะ. (2553). คู่มือพลังงานทางเลือก : แนวทางการพัฒนาพลังงานทางเลือกเพื่อสุขภาพในชุมชน. กรุงเทพฯ : มูลนิธินโยบายสุขภาวะ.

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

ประเสริฐ ภู่นันทพงษ์. (2535). เรื่องน่ารู้เทคนิคไฟฟ้า : รวมบทความเกี่ยวกับไฟฟ้า. วารสารเทคนิคชุดที่ 6, 2, 381-387.

ยวิษฐา พิทักษ์วัชระ. (2553). พลัง+งาน ฉบับคิดเป็นทำเป็น : พลังงานลม. กรุงเทพฯ : มูลนิธินโยบายสุขภาวะ.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2553). การผลิตไฟฟ้าโดยกังหันลมเชิงพาณิชย์ : โอกาสและความท้าทาย. TRF Energy policy bulletin, 3, 11-12.

Date, A. and Akbarzadeh, A. (2009). Design and cost analysis of low head simple reaction hydro turbine for remote area power supply. Renewable energy, 34, 409-415.

Himri, Y., Boudghene, A., Draoui, B. and Himri, S. (2009). Review of wind energy use in Algeria. Renewable and sustainable energy reviews, 13, 910-914.

Mabel, M. C. and Fernandez, E. (2008). Growth and future trends of wind energy in India. Renewable and sustainable energy reviews, 12, 1745-1757.

Ogayar, B. and Vidal, P. G. (2009). Cost determination of the electro-mechanical equipment of a small hydro-power plant. Renewable energy, 34, 6-13.

Palanichamy, C., Sundar, N. and Nadarajan, C. (2002). Municipal solid waste fueled power generation for India. IEEE Transactions on energy conversion, 17, 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 2007. Thailand : Pattaya.