

การวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 800 วัตต์

Analyzing and Testing the Efficiency of a 800 watt Wind Turbine Generator

เมืองมนต์ เนตรหาญ และ อำไพศักดิ์ ทีบุญมา *

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

*E-mail: umphisak@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า ให้มีความเหมาะสมกับความเร็วลมต่ำตามศักยภาพพลังงานลมของจังหวัดนครพนม โดยได้ออกแบบกังหันลมชนิดแกนนอน มีพิกัดในการผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณ 800 วัตต์ ระบบที่ออกแบบเน้นความง่ายไม่ซับซ้อน บำรุงรักษาง่าย ใช้วัสดุในประเทศ และต้นทุนต่ำ ทำการติดตั้งเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพกังหันลม ที่ระดับความสูง 14 เมตร ณ โรงเรียนวังกระแจะวิทยา อ.ปลาปาก จ.นครพนม ซึ่งลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียงกับพื้นที่ทั่วไปของจังหวัดนครพนม นอกจากนี้ยังได้ วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย และระยะเวลาคืนทุน ผลจากการศึกษาพบว่ากังหันลมเริ่มผลิตกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2.0 เมตร/วินาที กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้เท่ากับ 785 วัตต์ ที่ความเร็วลม 11.5 เมตร/วินาที โดยมีสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดเท่ากับ 0.34 ที่ความเร็วลม 3.5 เมตร/วินาที ในส่วนของการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย เท่ากับ 15.0 บาท และมีระยะคืนทุน เท่ากับ 26.6 ปี นอกจากนี้ยังพบว่า การผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้กังหันลมจะมีความน่าสนใจในการลงทุนก็ต่อเมื่อค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยมากกว่า 8 บาทต่อหน่วย

คำสำคัญ: กังหันลม ประสิทธิภาพ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ระยะคืนทุน

Abstract

The purpose of this research was to design, construct, and test a wind turbine used to generate electricity in low-speed conditions suitable for use in Nakhonphanom Province. The Horizontal-Axis Wind Turbine (HAWT) that generates electricity at approximately 800 W was designed, constructed, and tested at 14 m height in Wangkrasae School, Plapak District, Nakhonphanom Province, a site with similar topography to other regions of Nakhonphanom Province. The wind turbine system had four principal advantages, low cost of investment, simplicity of system, ease of maintenance, and use of domestic materials. The unit cost of electrical energy and the payback period of the system were analyzed. The results showed that the system started at a wind speed of 2.0 m/s. The maximum electricity produced by the system was 785 W for a wind speed of 11.5 m/s. The highest power coefficient of the wind turbine system was 0.34 for a wind speed of 3.5 m/s. Results of economic analysis indicated that the unit cost of electrical energy and the payback period of the wind turbine system were 15.0 baht/unit and 26.6 years respectively. Finally, it should be noted that wind turbine electrical system is of interesting when the electric cost is higher 8 Baht/kWh.

Keywords: Wind turbine, Efficiency, Economic worthiness, Payback period

1. บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการด้านพลังงานของโลกยังคงมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น เพื่อให้มีความพอเพียงกับการเจริญเติบโตด้านเทคโนโลยี และการพัฒนาประเทศอย่างไม่มีขีดจำกัดเพื่อความได้เปรียบทางการค้าแก่ประเทศตนเอง โดยไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมา

ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้พลังงานจากทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป อย่างเช่น ปิโตรเลียม ถ่านหิน แร่ธาตุ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเกิดภาวะเรือนกระจก ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งเกิดภาวะโลกร้อนตามมา ดังนั้นทุกฝ่ายต้องช่วยกันดูแล รักษา และจัดการสิ่งแวดล้อมไม่ให้สูญเสียมากไปกว่านี้ สำหรับประเทศไทยต้องนำเข้าเชื้อเพลิงประเภทปิโตรเลียมเป็นจำนวนมาก จึงควรต้องเร่งพัฒนาและส่งเสริมเทคโนโลยีพลังงานทดแทน นำองค์ความรู้ที่มีอยู่มาพัฒนาใช้ให้เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย [1] โดยการศึกษาหาแหล่งพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล [2] หรือแม้แต่พลังงานลม [3] ที่สามารถหาได้ในประเทศไทย เพื่อพัฒนาไปสู่พลังงานทดแทนที่สะอาดได้ ซึ่งในปัจจุบันต่างประเทศมีการศึกษาวิจัยและพัฒนากันมากในด้านพลังงานลม แต่ในประเทศไทยยังไม่แพร่หลาย ซึ่งอาจเป็นเพราะประเทศไทย มีศักยภาพพลังงานลมในระดับผิวดินต่ำ [4] เทคโนโลยีกังหันลมในต่างประเทศส่วนใหญ่จะเป็นกังหันลมที่มีขนาดใหญ่ซึ่งไม่เหมาะกับประเทศไทย ที่ผ่านมามีนักวิจัยศึกษาถึงพลังงานลมในประเทศไทย พบว่าประเทศไทยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยต่ำ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญของการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม [13] แต่อย่างไรก็ตามยังมีการทดสอบกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า แบบพรอเพลเลอร์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ติดตั้งที่แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต จ่ายไฟเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ [5], [6] ส่วนกังหันลมเพื่อการสูบน้ำที่มีจำหน่ายยังคงมีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำ [7] มีบางพื้นที่ที่มีศักยภาพความเร็วลมเพียงพอสำหรับการติดตั้งกังหันลมได้

จากการศึกษารวบรวมงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ยังไม่มีการศึกษา และทดลองติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะในเขตจังหวัดนครพนม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ออกแบบ สร้าง และทดสอบหาประสิทธิภาพกังหันลม รวมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าทาง

เศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย และระยะเวลาคืนทุน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์และการทดลอง

กังหันลมที่ออกแบบ สร้าง และทดสอบ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ เป็นชนิดแกนนอน มีขนาดฟัดในการผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณ 800 วัตต์ ในการออกแบบกังหันลม ได้นำข้อมูลความเร็วลมจากอุตุนิยมวิทยานครพนม และจากการตรวจวัดในสถานที่ตัวอย่างมาศึกษา เพื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างของกังหันลม โดยพิจารณาออกแบบโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน บำรุงรักษาง่าย ราคาถูก วัสดุอุปกรณ์หาได้ในประเทศ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่าใบกังหันรูปแพนอากาศชนิด NACA 4415 [8] ซึ่งมีประสิทธิภาพในการรับลมที่มีความเร็วลมต่ำๆ มีค่า Tip speed ratio เท่ากับ 6 จำนวน 3 ใบ เส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด 2.80 เมตร โครงกังหันทำจากเหล็กที่มีความหนา 9 mm ออกแบบให้มีน้ำหนักเบา แข็งแรง และบำรุงรักษาง่าย ชุดกำเนิดกระแสไฟฟ้าใช้ลวดเบอร์ 17 พันจำนวน 120 รอบ จำนวน 6 ชุด ชุดแม่เหล็กใช้แม่เหล็กชนิด Neodrimime ขนาด 27x25x10 mm นำแม่เหล็กมาวางบนแผ่นเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 255 mm หนา 6 mm และมีชุดทางเสื่อที่ใช้ในการควบคุมกังหันเมื่อลมเปลี่ยนทิศทาง และตัดการทำงานเมื่อความเร็วลมเกิน 12 m/s เพื่อป้องกันความเสียหาย กังหันลมติดตั้งสูงจากพื้นดิน 14 m มีชุดควบคุมการชาร์จ DC ขนาด 24 Volt ชุดเก็บสะสมพลังงาน DC ขนาด 12 Volt 75 Ah 2 ลูก ชุดแปลงกระแสไฟฟ้า DC ขนาด 24 Volt เป็น AC 220 Volt ทำการติดตั้ง ณ โรงเรียนวังกระแสวิทยา อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ดังแสดงในรูปที่ 1 ในการทดลองได้ใช้อุปกรณ์วัดความเร็วลมพร้อมทั้งวัดทิศทางลม บันทึกข้อมูลความเร็วลมตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีค่าความแม่นยำในการวัดความเร็วลม ± 0.3 m/s และค่าความแม่นยำในการวัดทิศทางลม $\pm 3^\circ$ นอกจากนั้นยังได้บันทึกกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าพลังงานและประสิทธิภาพกังหันลม

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

อากาศเมื่อมีการเคลื่อนที่จะมีพลังงานสะสมเกิดขึ้น นั่นคือ พลังงานลม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมยกกำลังสาม โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ (1) [8]

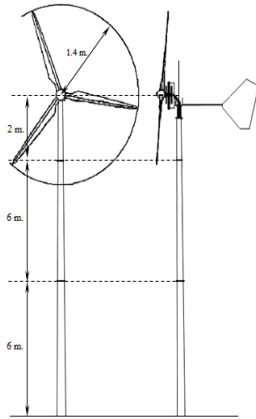
$$W = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

เมื่อ W คือ พลังงานลม (W)

ρ คือ ความหนาแน่นของลม (kg/m^3)

A คือ พื้นที่กวาดของใบพัด (m^2)

V คือ ความเร็วลม (m/s)



รูปที่ 1 ลักษณะการติดตั้งกังหันลม

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลมวิเคราะห์โดยใช้สมการที่ (2)

$$C_p = \frac{P}{W} \quad (2)$$

เมื่อ C_p คือ สัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลม

P_a คือ พลังงานที่กังหันลมผลิตได้จริง (W)

ในส่วนของการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของความเร็วลมในแต่ละช่วงสามารถดำเนินการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการแจกแจงแบบไวบูลล์ ซึ่งเป็นสมการที่ให้ผลการวิเคราะห์แม่นยำ และใช้กันอย่างแพร่หลาย [9], [10], [11] ซึ่งฟังก์ชันการแจกแจงความถี่ของความเร็วลม มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (3)

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp \left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k \right] \quad (3)$$

และมีฟังก์ชันการแจกแจงความถี่สะสม ดังสมการที่ (4)

$$F(v) = 1 - \exp \left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k \right] \quad (4)$$

เมื่อ $f(v)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่

$F(v)$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงความถี่สะสม

v คือ ความเร็วลม (m/s)

k คือ พารามิเตอร์รูปร่าง (ไร้หน่วย)

c คือ พารามิเตอร์ระดับ (m/s)

ค่า k และค่า c หาได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วลม ณ จุดนั้นๆ [14] และในการคำนวณหาพลังงานสูงสุดจากกังหันลมในอุดมคติสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$E_i = (1 - F_c) T \int_0^{\infty} P_i(v) f(v) dv \quad (5)$$

เมื่อ E_i คือ พลังงานสูงสุดที่กังหันลมในอุดมคติสามารถทำได้ (W-h)

F_c คือ สัดส่วนของช่วงลมสงบ (ไร้หน่วย)

T คือ เวลาในรอบปี (h)

$P_i(v)$ คือ พลังงานที่ผลิตได้จากกังหันลมในอุดมคติ

(W)

และหากพิจารณาสมการที่ (5) พบว่าเทอม $\int_0^{\infty} P_i(v) f(v) dv$

คือ พลังงานโดยเฉลี่ยที่ผลิตได้จากกังหันลมในอุดมคติ และ F_c เป็นสัดส่วนของช่วงลมสงบ ซึ่งต้องนำมาพิจารณาเนื่องจาก $f(v)$ เป็นฟังก์ชันการแจกแจงความถี่เฉพาะช่วงที่ความเร็วมากกว่าศูนย์เท่านั้น และในส่วนของพลังงานลมที่ผลิตได้จากกังหันลมในอุดมคติ สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ตามสมการที่ (6)

$$P_i(v) = \frac{1}{2} C_B \rho A v^3 \quad (6)$$

เมื่อ C_B คือ Betz limit ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.59 และเมื่อแทน วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขตามสมการที่ (7) [12]

ค่า $dF(v) = f(v)dv$ ในสมการที่ (5) สามารถหาคำตอบด้วย

$$E_i \cong (1 - F_c) T \sum_{i=0}^{\infty} \left[0.5(P_i(v_i) + P_i(v_{i+1})) \times (F(v_{i+1}) - F(v_i)) \right] \quad (7)$$

ในทำนองเดียวกัน การคำนวณหาพลังงานที่กักหน้ลม

สามารถผลิตได้จริง สามารถวิเคราะห์โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$E_a = (1 - F_c) T \int_{v_o}^{v_n} P_a(v) f(v) dv \quad (8)$$

เมื่อ E_a คือ ค่าพลังงานที่ผลิตได้จริงจากกังหันลมที่ใช้ทดสอบ (W-h)

ดังนั้นในการประเมินค่าพลังงานที่สามารถผลิตได้จริงในรอบปี สามารถหาค่าโดยประมาณได้จากความสัมพันธ์ตามสมการที่ (9)

$P_a(v)$ คือ พลังงานที่ผลิตได้จริงจากกังหันลมที่ใช้

ทดสอบ (W)

v_o คือ Cut-in speed (m/s)

v_n คือ Cut-out speed (m/s)

$$E_a \cong (1 - F_c) T \sum_{i=0}^{i=n-1} \left[0.5(P_a(v_i) + P_a(v_{i+1})) \times (F(v_{i+1}) - F(v_i)) \right] \quad (9)$$

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย และระยะเวลาคืนทุน โดยมีข้อมูลและสมมุติฐานในการวิเคราะห์ คือ เงินลงทุนเริ่มในการสร้างระบบกังหันลมซึ่งรวมถึงค่าโครงสร้างและค่าติดตั้ง รวมเป็นเงินลงทุนทั้งหมดเท่ากับ 39,500 บาท ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ของเงินลงทุนเริ่มต้น มูลค่าซากของระบบเมื่อครบอายุการใช้งานเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ของเงินลงทุนเริ่มต้น อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ระบบมีอายุการใช้งาน 10 ปี และในการคำนวณระยะคืนทุนกำหนดให้มูลค่าพลังงานต่อหน่วยเท่ากับ 3 บาท

ในส่วนของการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตพลังงานจากระบบกังหันลมในงานวิจัยหาได้จากสมการที่ (10)

$$CE = \frac{C_T}{E_a} \quad (10)$$

เมื่อ CE คือ ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท/kWh)

C_T คือ เงินลงทุนรายปีทั้งหมด (บาท/ปี)

โดยที่เงินลงทุนรายปีทั้งหมด สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ตามสมการที่ (11)

$$C_T = C_c + C_m - C_s \quad (11)$$

เมื่อ C_c คือ เงินลงทุนเริ่มต้นรายปี ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์ตามสมการที่ (12)

$$C_c = \text{เงินลงทุนเริ่มต้น} \times \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right) \quad (12)$$

เมื่อ i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปี เปอร์เซ็นต์

n คือ อายุการใช้งานของเครื่อง ปี

C_m คือ เงินลงทุนในการบำรุงรักษารายปี ซึ่งคำนวณโดยใช้สมการที่ (13)

$$C_m = \text{เงินลงทุนเริ่มต้น} \times 0.05 \quad (13)$$

C_s คือ มูลค่าซากเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน ซึ่งสามารถคำนวณหามูลค่าซากรายปีได้โดยใช้สมการที่ (14)

$$C_s = 0.1 \times \text{เงินลงทุนเริ่มต้น} \times \left(\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right) \quad (14)$$

ในส่วนของการวิเคราะห์ระยะคืนทุน ในงานวิจัยนี้เลือกใช้หลักการวิเคราะห์ระยะคืนทุนอย่างง่าย กล่าวคือ สมมุติให้มูลค่าเงินไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นจึงสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มต้น}}{\text{มูลค่าพลังงานที่ผลิตได้ต่อปี}} \quad (15)$$

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของไวบูลล์

k	c (m/s)	สัดส่วนช่วงลมสงบ	ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)
1.96	3.17	0.32	2.85

เมื่อนำพารามิเตอร์ที่แสดงในตารางที่ 1 ไปแทนค่าในสมการที่ (3) และ (4) จะได้ผลลัพธ์การแจกแจงความถี่และความถี่สะสมของลม ดังรูปที่ 2 จากกราฟด้านล่างจะ

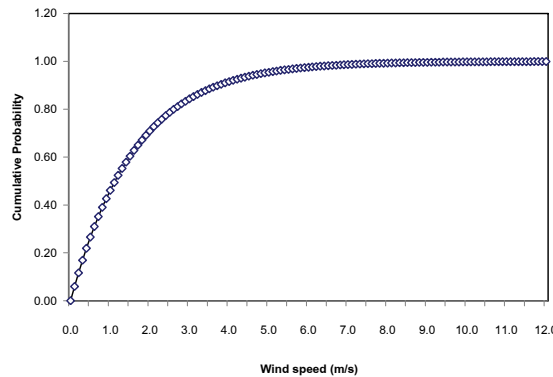
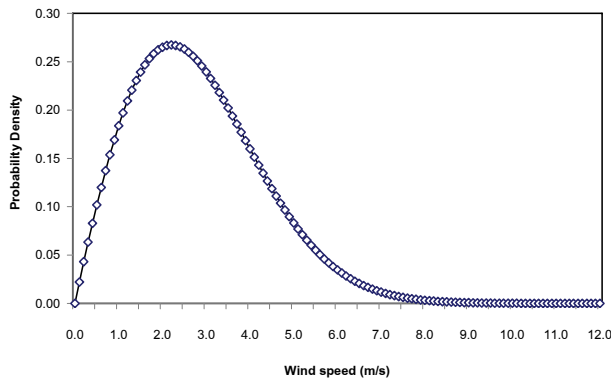
3. ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการประเมินความน่าจะเป็นของความเร็ว

ลม

ผลการวิเคราะห์ความเร็วลมที่ระดับความสูง 14 m โดยใช้ข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 10 m เป็นฐานในการประเมิน ซึ่งผลการวิเคราะห์ความถี่ของความเร็วลมตลอดทั้งปีโดยใช้สมการของไวบูลล์ให้ผลลัพธ์ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1

สังเกตเห็นว่า การกระจายตัวของความเร็วลมจะมีความหนาแน่นอยู่ในช่วงความเร็วลม 2-3 m/s

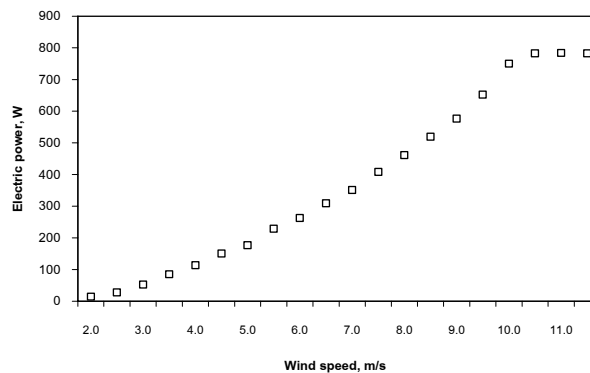


รูปที่ 2 การแจกแจงความถี่และความถี่สะสมของความเร็วลมที่ความสูง 14 m

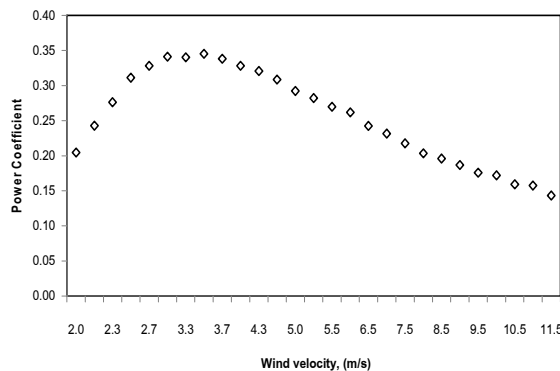
3.2 ผลการทดสอบกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า

การทดสอบกังหันลมขณะใช้งานจริงในพื้นที่ตัวอย่างของจังหวัดนครพนม ได้ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 3 จากรูปที่ 3 พบว่า กังหันลมสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นและมีค่าลดลง เมื่อความเร็วลมเท่ากับ

12 m/s ทั้งนี้เนื่องจากได้ออกแบบระบบกังหันลมให้ตัดการทำงานที่ความเร็วลมเท่ากับ 12 m/s นอกจากนี้ผลจากการทดลองยังพบว่า กังหันลมสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงที่สุดเท่ากับ 785 W ที่ความเร็วลม 11.5 m/s



รูปที่ 3 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริงจากกังหันลมในแต่ละความเร็วลม



รูปที่ 4 ประสิทธิภาพของกังหันลม

รูปที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลม ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ในช่วงเริ่มต้นกังหันลมจะมีสัมประสิทธิ์กำลังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งความเร็วลมเท่ากับ 4.0 m/s สัมประสิทธิ์กำลังกังหันลมจะเริ่มลดลง จากข้อมูลสามารถสรุปได้ว่า กังหันลมมีสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดเท่ากับ 0.34 ที่ความเร็วลมเท่ากับ 3.5 m/s ซึ่งผลการทดสอบที่ได้สอดคล้องกับการเลือกใบพัดของกังหันลมชนิด NACA 4415 ที่มีประสิทธิภาพการรับลมได้ดีในช่วงความเร็วลมต่ำ

3.3 ผลการประเมินศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้า

ในการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าในงานวิจัยนี้ได้คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ตามสมการที่ (9) ซึ่งเป็นการคำนวณด้วยวิธีเชิงตัวเลข โดยมีค่าสัดส่วนช่วงลมสงบเท่ากับ 0.32 และใช้ข้อมูลจากรูปที่ 2 และ 3 ประกอบการคำนวณ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมตลอดทั้งปี พบว่า มีค่าโดยประมาณเท่ากับ 495 kWh/y

3.4 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

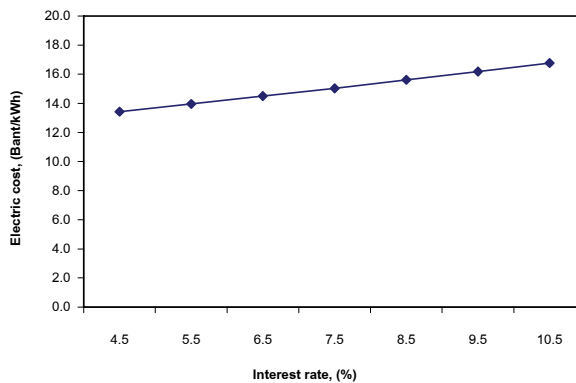
ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ของระบบกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า จากข้อมูลในตารางที่ 2 พบว่าระบบกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้มีต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 15.0 บาทต่อหน่วย โดยมีระยะคืนทุนเท่ากับ 26.60 ปี และหากพิจารณาเพิ่มเติมกรณีที่อัตรา

ดอกเบี้ยเงินกู้เปลี่ยนแปลง ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนแปลงไปดังข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 5 โดยเมื่ออัตราดอกเบี้ยเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตพลังงานต่อหน่วยเพิ่มขึ้นตาม และในขณะเดียวกันหากราคามูลค่าพลังงานที่นำมาวิเคราะห์ระยะคืนทุนมีค่าเพิ่มสูงขึ้นก็จะส่งผลให้ระยะคืนทุนสั้นลง ดังข้อมูลที่แสดงในรูปที่ 6

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ลำดับ	รายการ	จำนวนเงิน
1	เงินลงทุนเริ่มต้นสร้างระบบกังหันลม, บาท	39,500.00
2	มูลค่าต้นทุนกังหันลมรายปี (C_c), บาท/ปี	5,754.59
3	ค่าบำรุงรักษารายปี (C_m), บาท/ปี	1,975.00
4	มูลค่าซากกังหันลมรายปี (C_s), บาท/ปี	279.21
5	ค่าใช้จ่ายรายปีที่ทั้งหมด (C_T), บาท/ปี, (2)+(3)-(4)	7,450.38
6	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี, kWh/y	495.00
7	มูลค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี, บาท/ปี, 3x(6)	1,485.00
8	ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย, Baht/kWh, (5)/(6)	15.00
9	ระยะคืนทุน*, ปี, (1)/(7)	26.60

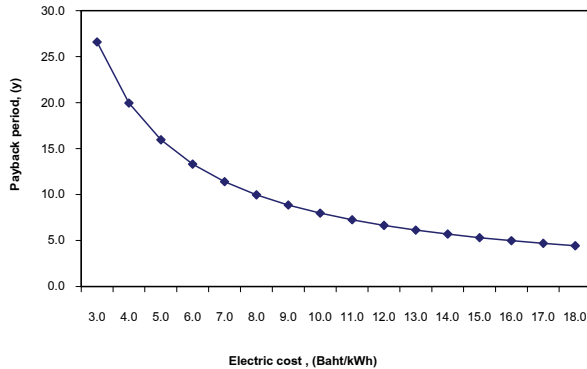
* พิจารณาโดยสมมุติให้มูลค่าเงินคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงต้นทุนพลังงานไฟฟ้าตามอัตราดอกเบี้ย

ผลจากการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ระบบมีระยะคืนทุนที่ค่อนข้างนาน และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 6 พบว่า ระบบการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมจะมีความเป็นไปได้ต่อการนำมาประยุกต์ใช้งานก็ต่อเมื่อ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย

ต้องมากกว่า 8 บาท เนื่องจาก ถ้าราคาพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าค่านี้ ระบบจะไม่มี ความเหมาะสมในการลงทุน เพราะระยะคืนทุนมากกว่า 10 ปี ซึ่งมากกว่าอายุการใช้งานจริงของระบบที่สร้างขึ้น



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงระยะคืนทุนตามราคาพลังงานไฟฟ้า

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ ออกแบบ สร้าง และทดสอบกังหันลม เพื่อผลิตไฟฟ้าในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนม โดยทำการติดตั้ง และทดสอบใช้งานจริง จากการศึกษาพบว่า ความเร็วลมในจังหวัดนครพนม เฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 2.85 m/s ที่ความสูง 14 m ในส่วนของการทดสอบกังหันลมพบว่า กังหันลมเริ่มหมุนที่ความเร็วลม 1.5 m/s และเริ่มผลิตกำลังไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2.0 m/s โดยสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 785 W ที่ความเร็วลม 11.5 m/s และมีสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดเท่ากับ 0.34 ที่ความเร็วลม 3.5 m/s ตามลำดับ กังหันลมสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 495 kWh/y จากการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า มีต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 15.0 บาท/หน่วย โดยมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 26.6 ปี นอกจากนี้ ยังพบว่า การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมจะน่าสนใจมากยิ่งขึ้นถ้าราคาพลังงานต่อหน่วยมีค่ามากกว่า 8 บาทต่อหน่วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. 2551 พลังงานทดแทน. ว. นโยบายพลังงาน. 56.

- [2] นิพนธ์ เกตุจ้อย และอชิตพล ศศิธรานูวัฒน์. 2547. เทคโนโลยีพลังงานลม. ว. มหาวิทยาลัยนเรศวร. 57-73.
- [3] Frank, R. Eldridge. 1975. **Wind Machine National Technology Information Service.** Department of Commerce.
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2546. โครงการจัดทำแผนที่แหล่งศักยภาพพลังงานลม. กระทรวงพลังงาน.
- [5] กองพัฒนาพลังงานทดแทน. 2547. พลังงานลม. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
- [6] Siripuekpong, P, Limsawat. W. and Korjedee, T. 2002. **Large wind turbine generator 600 kW.** International Conference on Village Power from Renewable Energy in Asia, Phitsanulok.
- [7] ไกลวัลย์ คุรุทกุล. 2551. ลมพลังงานยั่งยืนแห่งอนาคต. ว. รักรักษ์พลังงาน. 12-15.
- [8] Reuss, R.L., Hoffman, M. J. and Gregorek, G.M.1995. **Effects of surface roughness and vortex generators on the NACA 4415 airfoil.** The Ohio State University Columbus Ohio.
- [9] Gupta, BK. 1986. **Weibull parameters for annual and monthly wind speed distributions for five locations in India.** Solar Energy. 469-471.

- [10] Stevens, M.J.M. and Smulders, P.T. 1979. **The estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy utilization purposes.** Wind Engineering. 132–145.
- [11] Rehman, S., Halawani, T.O. and Husain, T. 1994. **Weibull parameters for wind speed distribution in Saudi Arabia.** Solar Energy. 473–479.
- [12] Sorapipatana, C., 1994. **A Method for Determining the Suitability of Commercial Wind Machines for a Given Wind Regime.** RERIC International Energy Journal. 125-134.
- [13] กังสดาล สกุลพงษ์มาลี. 2544. **นโยบายด้านงานวิจัยพลังงานหมุนเวียน.** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [14] Exell, R.H.B. 1981. **The Availability of Wind Energy in Thailand.** AIT Research Report No. 134.