

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองแพนอากาศในกังหันลมเพลตัง ชนิด Lenz II

ในอุโมงค์ลมจำลองโดยใช้การออกแบบการทดลอง

Efficiency Comparison of Pan Type Model in the Vertical Axis Wind Turbines as Lenz II Type in Wind Tunnel Model using Design of Experimental

พรเทพ สุรมาศย์ และ ปรีชา เกรียงกรกฎ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

E-mail : ice_oak825@hotmail.com

บทคัดย่อ

จุดประสงค์งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษา ออกแบบ สร้างและทดสอบสมรรถนะของกังหันลมชนิดเพลตัง ในช่วงอัตราความเร็วลม 2.5 - 6 เมตร/วินาที ที่เหมาะกับการใช้งานในภูมิภาคของประเทศไทย เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ขาดแคลน แบบจำลองกังหันลมเพลตังย่อส่วนลง 1:7 เท่า เพื่อให้สามารถทดสอบสมรรถนะภายในอุโมงค์ลมจำลองที่มีความเร็วลมไม่เกิน 6 เมตร/วินาที แบบจำลองกังหันลมเพลตังที่สร้างขึ้นโดยใช้แพนอากาศ Lenz II มีความยาวคอรัด 20 เซนติเมตรลำตัวใบยาว 21.4 เซนติเมตร รัศมีการหมุน 20 เซนติเมตร จำนวน 2,3,4 ใบพัด ในการทดสอบใช้เครื่องวัดรอบการหมุนชนิดใช้แสงวัดความเร็วรอบ จากนั้นได้นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบภายในอุโมงค์ลมจำลอง ไปออกแบบการทดลอง โดยใช้โปรแกรม Minitab Release 14 ใน ฟังก์ชัน DOE Factorial Design เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวัสดุประเภท Aluminium และ Zinc จากการประมวลผลการทดลอง พบว่า วัสดุประเภท Aluminium มีความเหมาะสมมากกว่า Zinc โดยมีจำนวนใบพัดที่เหมาะสมของวัสดุประเภท Aluminium เท่ากับ 4 ใบ ชนิด Lenz II ที่ความเร็วรอบ 439 รอบ/นาที ที่ระดับความเร็วลม 6 เมตร/วินาที

คำสำคัญ : กังหันลม การออกแบบ กระแสไฟฟ้า

Abstract

The purpose of this research study design, build and test the performance of wind turbines to the shaft. Wind speeds in the range 2.5 to 6 m/s for use in the region of the country. To generate electricity in Insufficient areas. Wind turbine shaft model is scaled down to 1:7 as performance testing in a wind tunnel model with wind speeds up to 6 m/s wind turbine shaft model is created using the pan for Lenz II has. Cord length is 20 cm long, 21.4 cm radius of the body of the 20 cm fan in the amount of 2,3,4 rotation of the instrument used to measure the speed of light. Then the data obtained from tests in a wind tunnel model to design of experimental. Using Minitab Release 14 functions in the DOE Factorial Design to compare efficiency between aluminium and zinc material. The evaluation result is aluminium material has suitable more than zinc material. It was found number blades optimum of aluminium material for wind turbines of this type is a type 4 Lenz II at 439 rpm / min at a wind speed of 6 m/s.

Keywords : Wind Turbine, Design, Electricity

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยให้ความสำคัญและสนใจในการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียนมากขึ้น การผลิตพลังงานทดแทนจากพลังงานลมเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เนื่องด้วยในปัจจุบันการใช้ไฟฟ้ายังมีความต้องการเพิ่มขึ้นทุกวัน เพราะไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อความเป็นอยู่ และการพัฒนาประเทศในปัจจุบันยังมีประชาชนที่ยังไม่มีไฟฟ้าอีกเป็นจำนวนมากในท้องถิ่นทุรกันดาร และในชนบทห่างไกล โดยไฟฟ้าที่ได้ส่วนใหญ่มาจากเครื่องยนต์ดีเซล และการใช้น้ำมันหรือถ่านหินซึ่งนับวันจะมีปริมาณลดน้อยลงและมีราคาแพงขึ้น ที่สำคัญยังก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อน กังหันลมเป็นแหล่งพลังงานสะอาดประเภทหนึ่ง การที่จะพัฒนาพลังงานลมเพื่อใช้ประโยชน์ จำเป็นต้องมีความรู้ ว่ามีปริมาณลมเหมาะสมหรือไม่ สำหรับประเทศไทยการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านกังหันลมมีค่อนข้างน้อยมาก อาจจะเป็นเพราะว่าศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทยไม่สูงมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการทำงานของกังหันลมเพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่ของจังหวัดอุบลราชธานี และยังเป็นทางเลือกใช้พลังงานสะอาดอีกทางเลือกหนึ่งด้วย เพื่อความมั่นคงทางด้านพลังงานไฟฟ้าและลดการนำเข้าแหล่งพลังงานจากต่างประเทศได้อีกทางหนึ่ง พร้อมทั้งการเลือกชนิดของแบบแผนอากาศให้เหมาะสมกับปริมาณลมของแต่ละพื้นที่ที่มีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง [1]

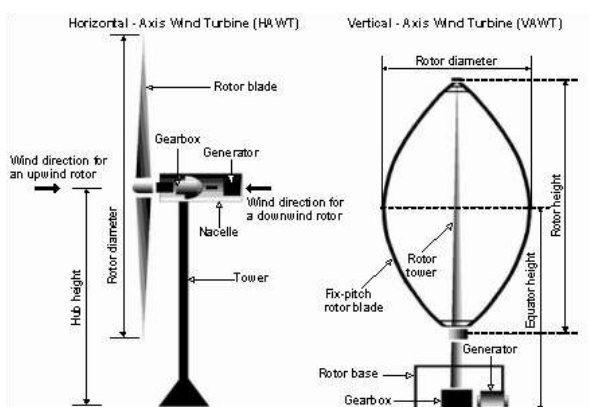
วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของกังหันลม
2. เพื่อพัฒนากังหันลมให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่เหมาะสม และยังสามารถลดขั้นตอนกระบวนการออกแบบในแต่ละพื้นที่
3. เพื่อหาวิธีเลือกชนิดของแบบแผนอากาศ ให้เหมาะสมกับปริมาณลมของแต่ละพื้นที่ เพื่อให้เหมาะสมกับสถิติลมในพื้นที่ขาดแคลน

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะกังหันลม

กังหันลมโดยทั่วไปจะมีรูปแบบพื้นฐานหลักๆ คล้ายๆ กัน แต่อาจแตกต่างกันบ้างในส่วนรายละเอียด ดังนั้นการแบ่งประเภทของกังหันลมมักจะยึดเอาลักษณะการวางตัวของแกนเพลารองกังหันลมเป็นหลัก ซึ่งประเภทหลักๆ ของกังหันลมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ กังหันลมที่มีแกนเพลารองอยู่ในแนวนอนและกังหันลมที่มีแกนเพลารองในแนวตั้ง ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 1 [2]



ภาพที่ 1 กังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบแกนนอนและแบบแกนตั้ง [2]

ถึงแม้ผลจากการศึกษาศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทยค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับที่อื่น แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าพลังงานลมที่มีอยู่ไม่สามารถใช้ได้ จากผลการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนในการลงทุนระหว่างพลังงานจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมพบว่า การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมมีต้นทุนถูกกว่าประมาณ 8-10 เท่า และยังสามารถผลิตไบโอดีเซลของกังหันลมได้เองจะถูกกว่าถึง 10 เท่า [3]

การออกแบบและทดสอบกังหันลมขนาดเล็ก[4] ซึ่งมีการนำภาคตัดปีกสองแบบรวมเข้าด้วยกัน คือ แบบ NACA 63-621 และ แบบ FX 66-S-196 ใบพัดมีขนาดความยาว 5 เมตร โดยที่ตำแหน่งระยะภาคตัดปีกที่ระยะห่างจากคมใบพัด 0.8 ถึง 4 เมตร นั้นเป็นภาคตัดปีก NACA และระยะตั้งแต่ 4 ถึง 5 เมตร จะเป็นภาคตัดปีก แบบ FX ใบพัดถูกสร้างขึ้นมาจาก ไฟเบอร์กลาส ได้ทดสอบแบบจำลองและเปรียบเทียบกับโปรแกรมคำนวณ พบว่า โปรแกรมคำนวณกำลังได้ คือ 15.05 กิโลวัตต์ที่ ความเร็วลม 10 เมตร/วินาที ดังนั้นจึงมีการติดตั้งเครื่องควบคุมขนาด 16 กิโลวัตต์ ลงในแบบจำลองแล้ว จากการทดสอบปรากฏว่า ความเร็วรอบ 10 เมตร/วินาที กำลังจะไปถึงค่าสูงสุด คือ 16 กิโลวัตต์ และมีค่าสัมประสิทธิ์กำลังเฉลี่ย 41.2 เปอร์เซ็นต์

การทดสอบกังหันลมเพลาตั้ง ที่ใบพัดลมมีลักษณะแบบหัวลูกศร [5] ในอุโมงค์ลมขนาด (8 ม. x 500 ม. x 500 ม.) ทำด้วยไม้ ใช้ความเร็วลม 7.4-19.75 เมตร/วินาที ผลการทดสอบ พบว่า สัมประสิทธิ์กำลังของภาคตัดปีกที่มีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะมีค่าสูงกว่าภาคตัดปีกแบบ NACA 0012 ค่าของสัมประสิทธิ์กำลังทั้งสองจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มค่ามุมปะทะหรือลดอัตราส่วนความเร็วปลายใบและมุมพิทช์ สัมประสิทธิ์แรงบิดจะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนความเร็วปลายใบ เพิ่มมุมพิทช์ และเพิ่มอัตราส่วนความยาวปลายใบ สัมประสิทธิ์แรงบิดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มมุมปะทะโดยเพลาใบพัดจะมีสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุด 0.0039

การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า [6] ผลการวิจัยกล่าวว่า อัตราเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี ที่สำนักงานเขตนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าสะเมิง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่มีค่า 4.1 m/s ซึ่งสูงกว่า 3 m/s เป็นอัตราเร็วลมเริ่มต้นที่สามารถนำไปผลิตไฟฟ้าได้ และมีอัตราเร็วลมกรรโชกสูงสุด 25 m/s โดยระบบกังหันลมจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 507,264 หน่วย/ปี เมื่อหันกังหันไปรับลมที่มาจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

เทคโนโลยีพลังงานลม ในวารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร [2] สรุปความว่า บทความนี้ได้นำเสนอวิวัฒนาการกว่า 100 ปี ของเทคโนโลยีพลังงานลมนับจากอดีตถึงปัจจุบันศักยภาพของพลังงานลมในประเทศไทย ทฤษฎีพลังงานลม ส่วนประกอบหลัก จุดเด่นจุดด้อย และผลกระทบของกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบต่างๆ การที่จะให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าเข้ามาทดแทนการผลิตไฟฟ้าแบบอื่นๆ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทั้งหมดคงเป็นไปได้ เพราะในอนาคตภาพแบบการใช้พลังงานจะหลากหลายมากขึ้น การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจะลดลงเนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สัดส่วนการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานมวลชีวภาพ และพลังงานลมจะสูงขึ้น ถึงแม้ว่าประเทศไทยมีอัตราเร็วของลมไม่สูงนัก แต่ก็สามารถนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในระดับกิโลวัตต์ได้ ถ้าเริ่มวิจัยและพัฒนาตั้งแต่วันนี้ ในอนาคตประเทศไทยจะมีเทคโนโลยีพลังงานลมเป็นของตัวเอง ไม่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมดเหมือนเช่นเทคโนโลยีอื่น ๆ อย่างในปัจจุบัน

จากนั้น การกำหนดลักษณะใบกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานให้ได้มากที่สุด ในสถิติเฉพาะพื้นที่ [7] ผลการวิจัยกล่าวว่า กังหันลมมักจะถูกออกแบบให้เปลี่ยนพลังงานลมที่อัตราเร็วค่าหนึ่งไปเป็นพลังงานกลให้ได้มากที่สุด โดยคำนึงถึงตัวแปรออกแบบ (Design variable) หลายตัว เช่น ขนาดใบ อัตราเร็วรอบ ความสอ (Taper) มุมบิดใบ (Twist angle) อัตราส่วนความเร็วปลายใบ (Tip speed ratio) และมุมเพน (Pitch angle) มุมเพนที่กำหนดเป็นสิ่งสำคัญยิ่งเพราะจะส่งผลโดยตรงต่อค่ามุมปะทะ (Angle of attack) ที่ใบกังหันกระทำต่อลม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อแรงลมที่กระทำต่อกังหัน ดังนั้นมุมเพนที่ดีที่สุดในแต่ละพื้นที่หรือภูมิประเทศย่อมแตกต่างกันแม้ว่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยจะเท่ากันก็ตาม

เพราะสถิติลมในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกัน ทำให้อัตราเร็วลมที่ให้ความหนาแน่นพลังงานสูงสุดมีค่าต่างกัน งานวิจัยนี้มุ่งหามุมเฟินที่ดีที่สุดของใบกังหันโดยใช้วิธีการเชิงทฤษฎีร่วมกับสถิติลมเฉพาะพื้นที่เพื่อให้ได้งานรายปีสูงสุด ทฤษฎีสำคัญที่ใช้คือ ทฤษฎี Blade element momentum ร่วมกับแบบจำลองชดเชยการสูญเสียการไหลเพื่อปรับแก้การไหลเชิงอุดมคติให้สอดคล้องกับความเป็นจริงยิ่งขึ้น ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในภาษา MATLAB เพื่อใช้เปรียบเทียบผลการทำนายกับผลการทดลองของกังหันลมในสองลักษณะคือกังหันลมแบบใบตรงและกังหันลมแบบใบบิด ได้ใช้โปรแกรมค้นหามุมเฟินที่ดีที่สุดในสถิติลมอันหนึ่ง โดยการปรับมุมเฟินไปจนกระทั่งได้งานรายปีสูงสุดจากนั้นได้คำนวณหามุมเฟินที่ดีที่สุดในกรณีที่สถิติลมเปลี่ยนไปจากเดิมโดยยังมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยเท่าเดิมแต่มีความเบ้ของสถิติลมต่างไปจากเดิม พบว่ามุมเฟินที่ดีที่สุดเปลี่ยนไปจากเดิมทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสาเหตุจากการที่ค่าอัตราเร็วลมที่ให้ความหนาแน่นกำลังงานลมสูงสุดเปลี่ยนไปตามความเบ้ของสถิติลม พบว่าการปรับมุมเฟินเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลให้ได้งานรายปีต่างกันพอสมควรในสถิติลมที่มีความเบ้แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบของกังหันลมได้มากพอสมควร

อุปกรณ์และวิธีการ

วิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดสอบแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมทางสถิติเข้ามาช่วย ทดสอบสมรรถนะภายในอุโมงค์ลมจำลองที่มีความเร็วลมตั้งแต่ 2.5 - 6 เมตร/วินาที และจำลองกังหันลมเพลที่ตั้งที่สร้างขึ้นโดยใช้แพนอากาศ Lenz II มีความยาวคอรัล 20 เซนติเมตรลำตัวใบยาว 21.4 เซนติเมตร รัศมีการหมุน 20 เซนติเมตร จำนวน 2,3,4 ใบพัด ในการทดสอบใช้เครื่องวัดรอบการหมุนชนิดใช้แสงวัดความเร็วรอบ จากนั้นได้นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบภายในอุโมงค์ลมจำลอง ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม Minitab Release 14 ใน ฟังก์ชัน DOE Factorial Design เพื่อหาประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับความเร็วลม ตามศักยภาพพลังงานลมของจังหวัดอุบลราชธานี

3.1 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ทางสถิติ

3.1.1 โปรแกรม Minitab Release 14

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 อุโมงค์ลม (Wind tunnel)

ใช้ทดสอบ และศึกษา ผลของลมในความเร็วดังกล่าวที่จะมีผลต่อสิ่งประดิษฐ์ โดยทำเป็นแบบจำลองนำไปวางไว้ในทิศทางการไหลภายในอุโมงค์ลม เพื่อทดสอบ ทิศทางการปะทะ แรงต้าน แรงบิด อุโมงค์ลมความเร็วต่ำแบบปิด อุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดสอบโดยมีการออกแบบจัดสร้างขึ้นมา ขนาดพื้นที่หน้าตัดการทำงาน 0.35×0.25 เมตร มีความยาว ตั้งแต่ปากทางเข้าจนถึงปากทางออกของอุโมงค์ลม 2.30 เมตร พื้นภายในอุโมงค์ลมเป็นแผ่นกระจกหนา 0.005 เมตรด้านบนปิดด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.004 เมตร ปากทางเข้ามีรังผึ้งช่องเล็ก ๆ (พื้นที่หน้าตัด $\times$ ความลึก) ขนาด $0.35 \times 0.25 \times 0.05$ เมตร ทางออกของอุโมงค์ลมติดตั้งชุดพัดลมดูดอากาศ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 อุโมงค์ลมจำลองอากาศ (Wind Tunnel) เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของกังหันลมเพลลาตั้ง

3.2.2 เครื่องวัดความเร็วลมแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Thermo anemometer รุ่น CEM DT-618 และ เครื่องมือวัดความเร็วรอบแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Chauvin arnoux รุ่น Tachymetre C.A 25 ดังภาพที่ 3



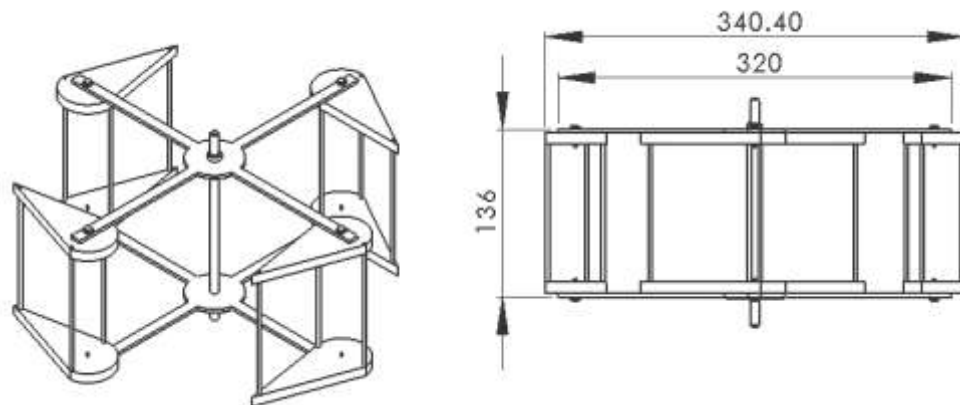
(ก)



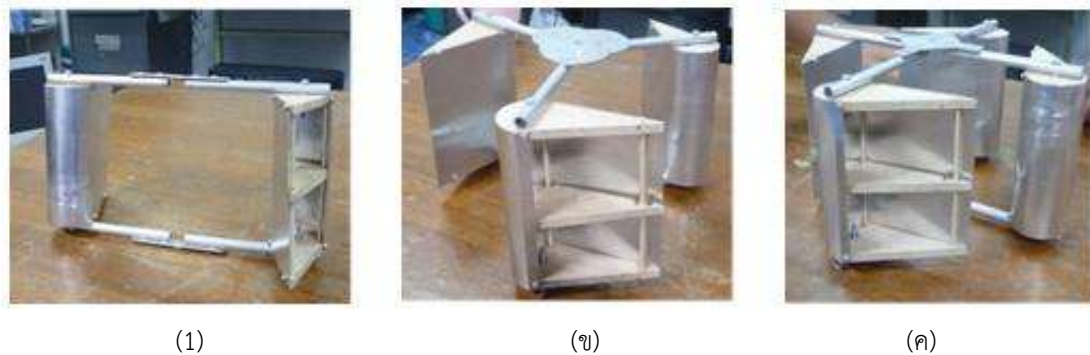
(ข)

ภาพที่ 3 เครื่องมือวัดความเร็วลม(ก) เครื่องมือวัดความเร็วรอบ(ข)

3.2.3 แบบจำลองแพนอากาศ Lenz II เพื่อช่วยในการศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองกังหันลมเพลลาตั้ง โดยพิจารณาจากวัสดุที่ใช้สร้าง จำนวนใบพัด และระดับอัตราความเร็วลมแต่ละระดับ จึงทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองกังหันลมเพลลาตั้งเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และเปรียบเทียบผลการทดลองของแบบจำลองกังหันลมเพลลาตั้ง ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การออกแบบจำลองกังหันลมเพลตังแบบแพนอากาศ Lenz II



ภาพที่ 5 แบบจำลองกังหันลมเพลตังชนิด 2 ใบพัด (ก) ชนิด 3 ใบพัด (ข) ชนิด 4 ใบพัด (ค)

3.3 วิธีการทดลอง

วิธีการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษาข้อมูลของอัตราความเร็วลมวัดของจังหวัดอุบลราชธานี

ทำการศึกษาข้อมูลจากระดับอัตราความเร็วลม และทิศทางของลมในจังหวัดอุบลราชธานี อุบลราชธานี ในแต่ละพื้นที่พร้อมทั้งข้อมูลศึกษา โครงการพัฒนาปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานลมสำหรับประเทศไทย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเฉลี่ยรายปีที่ระดับความสูง 90 เมตร ย้อนหลัง 15 ปี เพื่อนำมาหาปริมาณระดับอัตราความเร็วลมภายในพื้นที่ พบว่า ความเร็วลมของจังหวัดอุบลราชธานีอยู่ในช่วง 2.5-6.0 m/s [8]

2. การเก็บบันทึกข้อมูลของแบบจำลองกังหันลมในแต่ละระดับความเร็วลม

ทำการศึกษาเปรียบเทียบ การออกแบบการสร้างแบบจำลองกังหันลมเพลตัง เพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพภายในอุโมงค์ลมจำลองในแต่ละอัตราความเร็วลมที่ระดับ 2.5 – 6 m/s มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่าประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองกังหันลมเพลตัง ที่ระดับอัตราความเร็วลม จำนวนใบพัด และวัสดุ มีผลต่อการทำงานหรือไม่ โดยทำการทดสอบการทำงานของแบบจำลองกังหันลมเพลตังทั้ง 3 ลักษณะ ในสภาวะอากาศในแต่ละระดับความเร็วลม พร้อมทั้งแยกการทดสอบในวัสดุแต่ละชนิดและจำนวนใบพัดที่แตกต่างกันภายใน

อุโมงค์ลมจำลองแล้วทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำผลการทดลองภายในอุโมงค์ลมจำลองมาทำการพยากรณ์ โดยใช้โปรแกรม Minitab Release 14 ใน ฟังก์ชัน DOE Factorial Design เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการทำงานของแบบจำลองกังหันลม เลาที่ตั้งว่าส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานหรือไม่ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เก็บข้อมูล ต้นแบบกังหันลมเลาตั้ง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และหาต้นแบบที่เหมาะสม

3.3.1 ขั้นตอนวิธีการค้นคว้าทดลอง วัสดุ aluminium , Zinc

- (1) นำแบบจำลองกังหันลมเลาตั้งที่ใช้วัสดุแต่ละชนิดและลักษณะที่ต่างกันนำมาทดสอบการทำงานและทำการบันทึกผล
- (2) นำแบบจำลองกังหันลมเลาตั้ง ทดสอบการทำงานภายในอุโมงค์ลมจำลอง
- (3) ปรับความเร็วรอบด้วยชุดควบคุม Voltage Regulator ในแต่ละระดับความเร็วลมที่กำหนด และทำการบันทึกประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองกังหันลมเลาตั้ง
- (4) ทำการเปลี่ยนแบบจำลองกังหันลมเลาตั้งของแต่ละแบบจนครบทั้ง 3 แบบพร้อมทั้งบันทึกการทำงานของแบบจำลองกังหันลมเลาตั้ง
- (5) นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกังหันลมเลาตั้ง ตัวอย่างมาทดสอบหาประสิทธิภาพที่เหมาะสมในทั้ง 3 แบบ พร้อมทั้งทำการบันทึกข้อมูลการทดลอง
- (6) ทำการทดลองตามวิธีการทดลองข้างต้นจากข้อ 1- 5 โดยทำซ้ำให้ครบ 3 ครั้งและบันทึกผล
- (7) นำผลการทดลองไปประมวลผลหาจำนวนครั้งในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ ในฟังก์ชัน DOE Factorial Design เมื่อได้ค่าดังกล่าว ก็ทำการทดลองตามวิธีการทดลองข้างต้นจากข้อ 1- 7

หมายเหตุ : ในการทดลองจะสามารถเลือกแบบจำลองกังหันลมเลาตั้ง ที่เหมาะสมกับความเร็วลมแต่ละระดับให้มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับพื้นที่ พร้อมทั้งลดขั้นตอนการออกแบบและสร้างกังหันลมเลาตั้ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกังหันลมเลาตั้งภายในอุโมงค์ลมจำลองโดยใช้โปรแกรมทำการประมวลผล โดยใช้ Minitab Release 14 ใน ฟังก์ชัน DOE แบบ Factorial Design โดยเลือกใช้

ปัจจัยการทดลองแบบสองปัจจัยเพื่อทำการพยากรณ์ข้อมูล ว่าส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองกังหันลม เพลที่ตั้ง จากการพยากรณ์ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวัสดุประเภท Aluminium ในระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ พบว่า ปัจจัยทั้ง 2 คือ ความเร็วลมและจำนวนใบพัดมีผลต่อ อัตราความเร็วรอบของแบบจำลองกังหันลมที่ P-Value น้อยกว่า 0.05 และมีความเชื่อมั่นของข้อมูลคือ R-Sq = ร้อยละ 97.69 R-Sq(adj) = ร้อยละ 96.92 ซึ่งค่าที่ได้มากกว่าร้อยละ 80 ดังนั้นค่าที่ได้จึงมีความน่าเชื่อถือ นำไปใช้ในการดำเนินงานวิจัยต่อไปได้ [9] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : ผลการพยากรณ์ข้อมูลประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองกังหันลมเพลที่ตั้ง ชนิด Aluminium

Estimated Effects and Coefficients for RPM (coded units) Aluminium					
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		311.11	3.714	83.77	0.000
Speed	97.55	48.77	3.714	13.13	0.000
Blade	97.72	48.86	3.714	13.16	0.000
Speed*Blade	61.05	30.53	3.714	8.22	0.000
Ct Pt		-66.71	6.848	-9.74	0.000
S = 12.8653 R-Sq = 97.69% R-Sq(adj) = 96.92%					

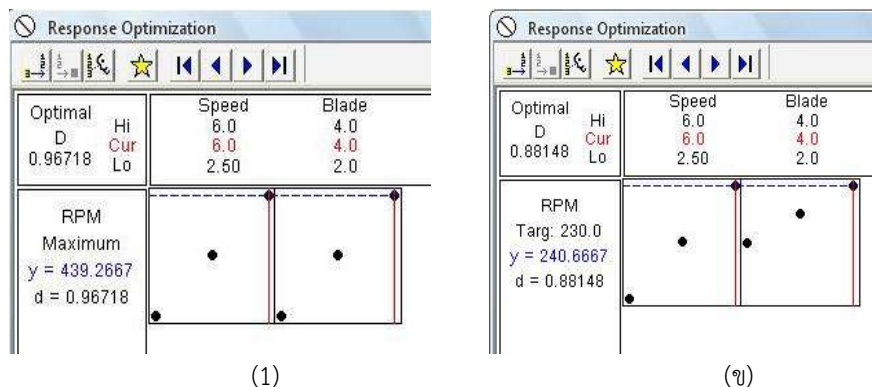
4.2 จากการพยากรณ์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวัสดุประเภท Zinc ในระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ พบว่า ปัจจัย ทั้ง 2 คือ ความเร็วลมและจำนวนใบพัดมีผลต่อ อัตราความเร็วรอบของแบบจำลองกังหันลมที่ P-Value น้อยกว่า 0.05 และมีความเชื่อมั่นของข้อมูลคือ R-Sq = ร้อยละ 99.46 R-Sq(adj) = ร้อยละ 99.28 ซึ่งค่าที่ได้มากกว่าร้อยละ 80 ดังนั้นค่าที่ได้จึงมีความน่าเชื่อถือ นำไปใช้ในการดำเนินงานวิจัยต่อไปได้ [9] ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : ผลการพยากรณ์ข้อมูลประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองกังหันลมเพลที่ตั้ง ชนิด Zinc

Estimated Effects and Coefficients for RPM (coded units) Zinc					
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		149.92	1.376	108.92	0.000
Speed	115.83	57.92	1.376	42.08	0.000
Blade	52.17	26.08	1.376	18.95	0.000
Speed*Blade	13.50	6.75	1.376	4.90	0.000
Ct Pt		-16.72	2.538	-6.59	0.000
S = 4.76795 R-Sq = 99.46% R-Sq(adj) = 99.28%					

4.3 ผลทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลอง โดยโปรแกรม Minitab Release 14 ในการทดสอบ 2 ปัจจัย โดยในฟังก์ชัน DOE แบบ Factorial Design โดยพบว่าวัสดุประเภท Aluminium มีผลตอบที่เหมาะสม (Response Optimization) ที่จำนวนใบพัด 4 ใบพัด และอัตราความเร็วลม 6 m/s โดยมีค่าความพึงพอใจรวม (Desirability) ที่ 0.96718 โดยทั่วไปหากค่าดังกล่าวใกล้เคียงกับ 1 ถือว่าผลของข้อมูลมีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้ได้ [9] โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 7(ก) วัสดุประเภท Zinc มีผลตอบที่เหมาะสม (Response Optimization) ที่จำนวนใบพัด 4

ใบพัด และอัตราความเร็วลม 6 m/s โดยมีค่าความพึงพอใจรวม (Desirability) ที่ 0.88148 โดยทั่วไปหากค่าดังกล่าวใกล้เคียงกับ 1 ถือว่าผลของข้อมูลมีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้ได้ [9] โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 7 (ข)



ภาพที่ 7 ผลทดลองได้ผลการพยากรณ์ข้อมูล Response Optimization ชนิดของวัสดุ Aluminium (ก) Zinc (ข)

4.4 เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของ Aluminium, Zinc ก็พบว่าความเร็วลมและจำนวนใบพัดต่างกันมีผลต่อความเร็วรอบของวัสดุทั้งสองประเภทแต่ความเร็วรอบของแบบจำลองกังหันลมที่ใช้วัสดุ Aluminium มีค่าผลตอบ(y) ที่ 439.2667 ซึ่งสูงกว่าค่าผลตอบ(y) ที่ใช้วัสดุจาก Zinc ซึ่งมีค่า 240.6667 จึงส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองกังหันลม ดังนั้นในการสร้างกังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจึงควรใช้วัสดุประเภท Aluminium ที่จำนวนใบพัด 4 ใบพัด และอัตราความเร็วลม 6 m/s

สรุปผล

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองแพนอากาศในกังหันลมเพลตัง ชนิด Lenz II ในอุโมงค์ ลมจำลองโดยใช้โปรแกรม Minitab Release 14 ในการออกแบบการทดลองซึ่งมีวัสดุสองประเภทคือ Aluminium, Zinc โดยทดสอบปัจจัยทั้งสองปัจจัย คือความเร็วลมและจำนวนใบพัดซึ่งพบว่าทั้งสองปัจจัยต่างมีผลต่อวัสดุทั้งสองประเภท แต่ผลตอบของค่า (y) ของวัสดุประเภท Aluminium มีค่าที่สูงกว่าผลตอบของวัสดุประเภท Zinc ในอัตรา 1.83 เท่าซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพแบบจำลองกังหันลม ดังนั้น วัสดุประเภท Aluminum ที่จำนวนใบพัด 4 ใบพัด และอัตราความเร็วลม 6 m/s เป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการสร้างกังหันลมเพลตังสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

- [1] สว่าง ขาดทอง และ วีรชัย โรยรินทร์, “การออกแบบระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า ขนาด 20 กิโลวัตต์” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24, 20-22 ตุลาคม 2553, จังหวัดอุบลราชธานี.
- [2] นิพนธ์ เกตุจ้อย และ อชิตพล ศศิธรานุวัฒน์, (2547,กรกฎาคม-ธันวาคม), “เทคโนโลยี พลังงานลม” วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, 12(2), 57-73.
- [3] กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2546ก), พลังงานลม, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/dede/renew/wind_p.htm.

- [4] Habali M. and Saleh L.A, “ Design and Testing of small Mixed Airfoil Wind Turbine Blades”.
Renewable Energy, 6:161-169, 1995.
- [5] V.H.Morcos and O.M.E Abdel-Hafez. “**Testing of an arrow – head vertical – Axis wind Turbine Model**”, Mechanical Engineering Department, Assiut University, Assiut ,Egypt. 1995.
- [6] เดช ดำรงค์ศักดิ์, “**การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า**” การประชุมวิชาการ
เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547.
- [7] วิกันดา ศรีเดช และ ทวีช จิตรสมบูรณ์, **การออกแบบกังหันลมให้สอดคล้องกับสถิติลมจำเพาะพื้นที่,**
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22, 15-17 ตุลาคม 2551,
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
- [8] โครงการพัฒนาปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานลมสำหรับประเทศไทย มหาวิทยาลัยศิลปากร วันที่ 4 สิงหาคม
2553. [9] Bang pan,S., Lee, S. and Jomjunyung. S., The Statistical of mixture design of rice
polishing Cylinder, World Congress Engineering, London, 2-4 July 2008.