

Thesis Title Design of Small Horizontal-Axis Wind Turbine Blade for Low Wind Speed Operation

Author Mr. Paramet Pathike

Degree Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

Thesis Advisory Committee

Professor Dr. Pradit Terdtoon Advisor

Associate Professor Dr. Sumpun Chaitep Co-advisor

Assistant Professor Dr. Phrut Sakulchangsattajai Co-advisor

ABSTRACT

The aim of this study is to design and test the wind turbine blade to be suitably used with low wind velocity in Thailand. As for the design, wind speed is set to be 6 m/s. The wind turbine blade is applied with FD2.7-500 wind turbine for 12V and 24 V batteries charging. The upper limit of the rotor diameter is 3 m. The Glass Fiber Reinforced Plastic is used as raw material for the blade. This study is divided into two categories; airfoil shape adaption and blade parameters optimization.

The first part, adaptation of airfoil shape is performed in order to improve lift coefficient by using XFLR5 commercial program as effective design tool. The shape obtained from the program is, then, tested in wind tunnel to obtain experimental data which are important to design the wind turbine. It is found from sensitivity analysis of airfoil parameters that, maximum camber of airfoil is the most importance parameter of lift force coefficient. By increasing the maximum camber to 7% of chord

length, relative high lift force of 1.52 is obtained which is 10% higher than that of commercial wind turbine blade.

Another, wind turbine blade parameters are optimized by using mathematical model based on Blade Element Momentum theory to predict performance of small horizontal-axis wind turbine blade. Good agreement between the experimental data (as reported in scientific literature) and simulated results were found with standard deviation of $\pm 9.2\%$. New wind turbine blade can be obtained from the optimization of parameters of blade length, chord length, twist angle, number of blade, blade strength at maximum operating conditions with wind velocity of 12 m/s. Engineering economic will also be emphasized to retrieve small wind turbine that generate high torque.

The optimized wind turbine blade, which has blade length of 1 m, constant chord length of 0.12 m, non-twist angle, pitch angle of 20° , number of blade of 3, safety factor at maximum operating condition of 4 and 2.8 for charging to 12V and 24V batteries, respectively, has been successfully obtained. It was found from the experimental result that, it is easier for the optimized wind turbine to autonomously start and can generate higher torque per unit area at all wind speed of testing. Moreover, at designed wind velocity, new wind turbine blade has higher efficiency of 27% while that of FD2.7-500 wind turbine blade is only 16.5%

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การออกแบบใบพัดของกังหันลมแกนนอนขนาดเล็กสำหรับการทำงานที่
ความเร็วลมต่ำ

ผู้เขียน นายปรเมศร์ ปรีเก

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ศาสตราจารย์ ดร. ประดิษฐ์ เทอดทูล

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. สัมพันธ์ ไชยเทพ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ สกุลช่างสังจะทัย

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบใบกังหันลมขนาดเล็กสำหรับผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมกับความเร็วลมในประเทศไทย มีความเร็วลมการออกแบบเท่ากับ 6 เมตรต่อวินาที นำไปใช้กับกังหันลมรุ่น FD2.7-500 สำหรับชาดจ์เบตเตอรี 12 โวลต์ และ 24 โวลต์ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางโรเตอร์ไม่เกิน 3 เมตร ใช้วัสดุไฟเบอร์กลาสในการสร้าง ในการศึกษาได้แบ่งการออกแบบใบพัดเป็นสองส่วน คือ การปรับปรุงรูปร่างแอร์ฟอยล์และการเลือกตัวแปรใบพัดที่เหมาะสม

ส่วนแรก คือ การปรับปรุงรูปร่าง แอร์ฟอยล์เพิ่มค่าสัมประสิทธิ์แรงยก ในการวิเคราะห์เบื้องต้นใช้โปรแกรม XFLR5 รูปร่างที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของโปรแกรมจะทำการทดสอบในอุโมงค์ลม เพื่อนำข้อมูลจริงไปใช้ในการออกแบบ จากการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรทางด้านรูปร่างของ

แอร์ฟอยล์ พบว่า ค่าแอมเบอร์สูงสุดของแอร์ฟอยล์มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์แรงยกมากที่สุด และเมื่อปรับค่าแอมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 7%ของความยาวคอร์ด จากการทดสอบพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.52 โดยเพิ่มขึ้นจากใบพัดเดิม 10 %

ส่วนที่สองคือ การเลือกตัวแปรใบพัดใหม่ โดยทำการสร้างแบบจำลองบนพื้นฐานทฤษฎีเบลคเอลิเมนต์โมเมนต์สำหรับการทำนายสมรรถนะของกังหันลมเพื่อใช้ในการออกแบบ ผลเฉลยของแบบจำลองมีความสอดคล้องข้อมูลการทดสอบจากงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ $\pm 9.2\%$ ใบพัดใหม่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมจากตัวแปรการออกแบบคือ ความยาวคอร์ด ความยาวใบพัด การบิดใบพัด จำนวนใบพัด ความแข็งแรงที่สภาวะการทำงานสูงสุดของกังหันลมที่ความเร็วลมเท่ากับ 12 เมตรต่อวินาที และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยมุ่งเน้นให้ใบพัดใหม่มีขนาดเล็กและสามารถสร้างแรงบิดสำหรับการทำได้สูง

ใบพัดออกแบบใหม่มี ขนาดความยาวใบพัดเท่ากับ 1 เมตร ความยาวคอร์ดคงที่ 0.12 เมตร ไม่มีการบิด มุมตั้งใบเท่ากับ 20° จำนวนใบพัดเท่ากับ 3 ใบ ค่าความปลอดภัยที่สภาวะการทำงานสูงสุดเท่ากับ 4 และ 2.8 สำหรับการสำหรับชาตจ์เบตเตอรี 12 โวลต์ และ 24 โวลต์ ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่าใบพัดใหม่สามารถเริ่มหมุนได้ง่ายและสร้างแรงบิดต่อพื้นที่ใบพัดได้มากขึ้นตลอดช่วงการทดสอบ และที่ความเร็วลมการออกแบบ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 27% ในขณะที่ใบพัดกังหันลมรุ่น FD2.7-500 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 16%