

การทดสอบประสิทธิภาพของใบพัดกังหันน้ำแนวตั้งแบบลดแรงเสียดทาน: การเปรียบเทียบประสิทธิภาพใบพัด

Performance Testing of a Vertical Axis Water Turbine with Friction Reduction: Blade Performance Comparison

ณัฐวุฒิ จันทเลิศ¹, จิระกานต์ ศิริวิชัยไมตรี²

Natthawut Jantalert¹, Chirakarn Sirivimitrie²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพกังหันน้ำแนวตั้งแบบลดแรงเสียดทานโดยกังหันน้ำจะถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมสำหรับติดตั้งในคลองชลประทานที่มีความเร็วการไหลต่ำมีการพัฒนาให้กลไกการเปิด-ปิดใบพัดให้สามารถทำงานและเริ่มออกตัวได้เร็วขึ้นกว่าแบบเก่า โดยมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของใบพัดโดยกังหันน้ำจะมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อน้ำไหลผ่านใบพัดใบพัดจะเปิดขึ้นเพื่อรับพลังงานจากการไหลเมื่ออยู่ในทิศทางตามน้ำและจะถูกปิดลงให้ขนานกับการไหลเมื่อหมุนไปอยู่ในทิศทางทวนน้ำ กังหันน้ำได้ถูกทำการทดสอบในแบบจำลองคลองชลประทานขนาดคอนกรีตมีความกว้างของกันคลอง 0.8 เมตร ความลึกน้ำ 0.3 เมตรภายในห้องทดลองชลศาสตร์ ในการทดลองกังหันน้ำนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของใบพัดชนิดโค้ง ขนาดความกว้าง 0.1 เมตร × ความยาว 0.3 เมตร มีรัศมีความโค้ง 0.15 เมตร เปรียบเทียบกับใบพัดชนิดตรงขนาดความกว้าง 0.1 เมตร × ความยาว 0.3 เมตร ได้ทำการทดสอบกังหันที่ความเร็วกระแสที่เท่ากับ 0.28, 0.43, 0.51, 0.57, 0.60, 0.64, 0.67, 0.73 เมตรต่อวินาทีตามลำดับจากการทดลองพบว่าใบพัดชนิดโค้งมีประสิทธิภาพสูงกว่าใบพัดชนิดตรง ประสิทธิภาพกังหันใบพัดชนิดโค้งได้สูงสุด 72 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับใบพัดชนิดตรงได้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 56 เปอร์เซ็นต์

Abstract

This research aims to develop the performance of a vertical axial with friction reduction. The water turbine was specially designed to be suitable for irrigation canal. The turbine mechanism was improved to operate and start faster than the previous version by changing the shape of the blade. The operation of the turbine is defined as follows. A flip-able blade will automatically rise-up when in a direction of the flow and lower down when in reverse-flow direction. The turbine was tested in irrigation canal model in side hydraulic laboratory. In the experiment, an efficiency of a curve blade with dimensions of 0.1 width x 0.3 length x 0.15 radius was determined. A straight blade was tested in order to compare the result. Both blade shapes were tested at the flow velocity of 0.28, 0.43, 0.51, 0.57, 0.6, 0.64, 0.67, 0.73 meters/second consequently. From the experiment result, the curve blade shows higher efficiency than the straight blade with the maximum efficiency of 72 and 56 percent.

Keyword: Water turbine, Hydro power, Computational Fluid Dynamics.

E-mail : mochimaru3@gmail.com¹, fengcrk@ku.ac.th²

1 นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2 อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1 Graduate Student, Department of irrigation engineering, Faculty of Engineering at Khampaengsaen, Kasetsart University

2 Lecturer, Department of irrigation engineering, Faculty of Engineering at Khampaengsaen, Kasetsart University

คำนำ

ทรัพยากรน้ำเป็นแหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติหมุนเวียน พลังงานน้ำ (Renewable Natural Resource) โดยแตกต่างจากแหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติประเภทอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณจำกัด เช่น น้ำมัน ก๊าซ และถ่านหิน เป็นต้น จากวัฏจักรอุทกวิทยา เมื่อฝนตกลงมา น้ำฝนส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักตามที่ลุ่มต่างๆ ทั้งบนพื้นดินและตามใบไม้ต่างๆ และซึมลงสู่ใต้ดิน โดยน้ำส่วนเกินก็จะไหลลงสู่แม่น้ำ และในที่สุดก็ไหลลงสู่ทะเล สำหรับน้ำที่ไหลลงสู่ใต้ดิน บางส่วนก็ถูกขังอยู่ใต้ชั้นดินเป็นน้ำบาดาล บางส่วนก็ไหลกลับลงสู่แม่น้ำ น้ำที่อยู่บนผิวดินในที่ต่างๆ และในทะเล จะระเหยกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งรวมถึงการคายน้ำของพืชด้วย และเมื่อมีสภาวะที่เหมาะสม ไอน้ำเหล่านั้นก็จะรวมตัวเป็นเมฆและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงมาเป็นฝน วนเวียนตามวัฏจักรอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

กังหันน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาจากวงล้อน้ำซึ่งเดิมใช้สำหรับการท่อน้ำและโมแปง ในปี ค.ศ. 1832 วิศวกรชาวฝรั่งเศสชื่อ เบนอยต์ฟูเนรอนซ์ (Benoit Fourneyron) ประสบความสำเร็จในการพัฒนากังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงในการเปลี่ยนพลังงานน้ำไปเป็นพลังงานกล โดยเรียกชื่อวังกังหันน้ำของฟูเนรอนซ์ (Fourneyron's turbine) หลังจากที่ยังไม่มีกังหันน้ำไม่เคยมีการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงมากกว่า 2,000 ปีก่อนหน้านี (Boyle, 1996 : 194) จุดนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนากังหันน้ำ ในปัจจุบันกังหันน้ำได้ถูกพัฒนาให้มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันมากมายและมีประสิทธิภาพสูง กังหันน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเพราะจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานจลน์ของน้ำไปเป็นพลังงานกล โดยการทำให้ใบพัดของกังหันน้ำเกิดการหมุนส่งผลให้แกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่หมุนตาม และสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ โดยทั่วไปกังหันน้ำแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทคือกังหันน้ำประเภทหัวฉีดและกังหันน้ำประเภทแรงปฏิกิริยา

ในงานวิจัยนี้ทำการพัฒนากังหันน้ำแกนตั้งแบบลดแรงเสียดทานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีหลักการทำงานโดย กังหันน้ำจะเปลี่ยนพลังงานของกระแสน้ำที่ไหลเข้าสู่กังหันมาเป็นพลังงานกล กังหันน้ำจะจมอยู่ในน้ำ มีแกนตั้งฉากกับพื้นโลก การหมุนของกังหันจะทำให้เกิดการเปิด-ปิดของใบพัด ซึ่งใบพัดด้านที่หมุนตามกระแสน้ำจะตั้งเปิดรับพลังงานการไหลจากกระแสน้ำ ใบพัดที่ตั้งขึ้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่รับมาจากกระแสน้ำเป็นการหมุนของกังหัน ในขณะเดียวกันใบพัดด้านที่หมุนทวนกระแสน้ำจะพับลงเพื่อลดการรับพลังงานของกระแสน้ำโดยตรง และได้พัฒนาใบพัดให้มีลักษณะโค้งทำให้สามารถรับแรงได้มากขึ้น เนื่องจากวัสดุที่เปลี่ยนจากเดิมคือเหล็ก งานวิจัยนี้จะเปลี่ยนเป็นไฟเบอร์คาร์บอนในการทำใบพัดทำให้น้ำหนักเบากว่าเหล็กทำให้สามารถเปิด-ปิดใบได้เร็วมากขึ้นทำให้งังหันสามารถหมุนได้อย่างต่อเนื่อง

กังหันน้ำแกนตั้งแบบลดแรงเสียดทาน คือ กังหันที่มีแนวแกนของกังหัน (แกนหมุน) ตั้งฉากกับพื้นโลก โดยที่ใบพัดของกังหันชนิดนี้จะพับเปิด-ปิดได้เพื่อลดแรงเสียดทานกับพลังงานการไหลของกระแสน้ำเมื่อหมุนย้อนกลับ ซึ่งกังหันดังกล่าวสามารถนำไปใช้กับน้ำที่มีความเร็วการไหลต่ำได้แตกต่างกับกังหันชนิดอื่นที่ต้องใช้ความเร็วการไหลของกระแสน้ำสูงในการทำงาน

อัศวิน (2552) ได้ทำการทดสอบกังหันน้ำแบบลูกตุ้ม โดยทำการทดสอบกังหันที่มีใบพัดขนาด 0.3×0.4 m. มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 m. มีจำนวนใบพัดทั้งหมด 16 ใบ ตรงแกนกลางของกังหันต่อเพลาออกมายึดกับมุขขนาด 16 in. และทำการติดตั้งชุดสำหรับวัดแรงบิด โดยทำการลดจำนวนรอบกังหัน และปรับตลับให้ตึงและวัดค่าบันทึกผล

การคำนวณแรงดันน้ำที่กระทำกับวัตถุใดๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$F = \rho_c A \quad (1)$$

เมื่อ

F=แรงที่น้ำกระทำต่อวัตถุ (kg)

ρ =หน่วยน้ำหนักของน้ำ (1000 k/m³)

A=พื้นที่ที่สัมผัสแรงผลัก (m²)

h_c = ความสูงระดับน้ำที่สัมพันธ์วัตถุ (m)

การคำนวณพลังงานที่ได้จากแรงที่กระทำกับใบกังหันน้ำสามารถคำนวณได้จากสมการ

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

เมื่อ

P = พลังงานที่ได้จากกระแส (watt)

การคำนวณพลังงานกลที่กังหันผลิตได้สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P = 2\pi FNR \quad (3)$$

เมื่อ

P = พลังงานที่วัดได้ (watt)

F = ผลต่างของน้ำหนักที่ใช้ดึงพู่ (N)

N = จำนวนรอบของการหมุน (rpm)

R = รัศมีมูเล่ (m)

การหาประสิทธิภาพของพลังงานที่ได้จากกังหันน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$C_p = P_{out} / P_{in} \quad (4)$$

เมื่อ

C_p = ประสิทธิภาพของกังหัน

P_{out} = พลังงานที่วัดได้ (watt)

P_{in} = พลังงานที่ได้จากกระแส (watt)

การหาอัตราส่วนความเร็วปลายใบ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$TSR = \frac{R \times \omega}{V_w} \quad (5)$$

TSR = อัตราส่วนความเร็วปลายใบ

R = รัศมีใบพัด (m.)

ω = ความเร็วรอบ (rpm)

V_w = ความเร็วการไหลของกระแส (m/s)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

การศึกษาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของใบพัดกังหันน้ำแกนตั้งความเร็วต่ำนี้ ส่วนของกังหันน้ำจะประกอบจากแกนกลางที่ทำมาจากมูเล่และมีเพลเป็นตัวหมุนและจะมีวงล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 เมตรเพื่อให้สายพานคล้องกับตัววงล้อและปลายของสายพานทั้งสองด้านจะติดกับเครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อที่จะได้ทำการวัดแรงดึงของสายพานเมื่อทำการทดสอบกังหันน้ำ ส่วนใบพัดของกังหันจะมี 2 แบบ คือ ใบพัดโค้งรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดความกว้าง 0.1 เมตร x ความยาว 0.3 เมตร มีรัศมีความโค้งเท่ากับ 0.15 เมตร วัสดุที่ใช้ทำใบพัดคือไฟเบอร์คาร์บอน ดังแสดงในรูป figure 1 และใบพัดตรงรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด ความกว้าง 0.1 เมตร x

ความยาว 0.3 เมตร วัสดุที่ใช้ทำใบพัดคือเหล็กดัดแสดงในรูป figure 2 เครื่องวัดความเร็วรอบสำหรับวัดความเร็วในการหมุนของวงล้อ และแบบจำลองคลองชลประทานดาดคอนกรีตที่มีความกว้างของกันคลองประมาณความกว้าง 0.8 เมตร และมีความลึกน้ำประมาณขนาด 0.3 เมตร

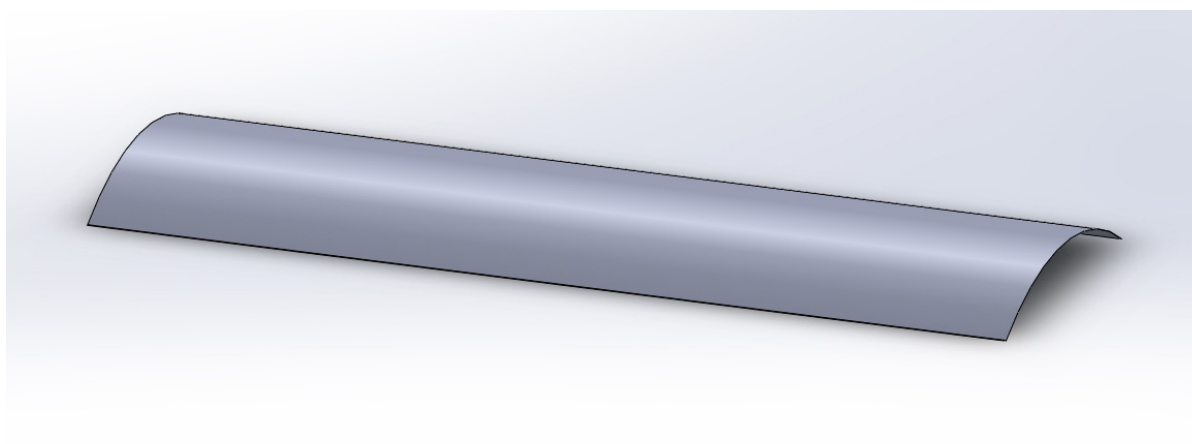


Figure 1.curve blade

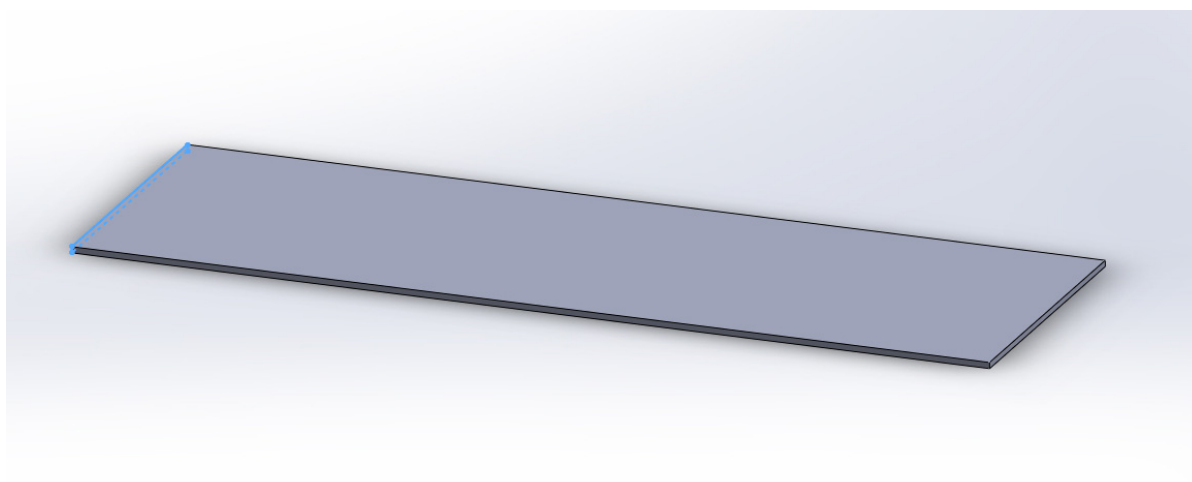


Figure 2.straight blade

วิธีการ

ติดตั้งใบพัดกับแกนเพลลาซึ่งกังหันน้ำนี้จะถูกติดตั้งในแบบจำลองคลองชลประทานดาดคอนกรีต ดังแสดงในรูป figure 3 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว จะทำการทดสอบกังหันน้ำด้วยการเปิดปั๊มเพื่อผันน้ำจากถังเก็บน้ำเข้ามาสู่คลองชลประทานทดลองซึ่งเราจะทำการทดสอบที่ความเร็วในการไหลทั้งหมด 8 ค่า คือ 0.28, 0.43, 0.51, 0.57, 0.6, 0.64, 0.67, 0.73 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ในการทดลองแต่ละความเร็ว จะทำการวัดค่าแรงดึงของสายพานที่ติดไว้กับเครื่องชั่งน้ำหนัก จะทำการเก็บค่าแรงดึงในแต่ละการไหลประมาณ 5 ครั้งหรือจนกว่ากังหันน้ำจะไม่หมุน แล้วจึงเปลี่ยนความเร็วเพื่อทำการทดสอบต่อไป

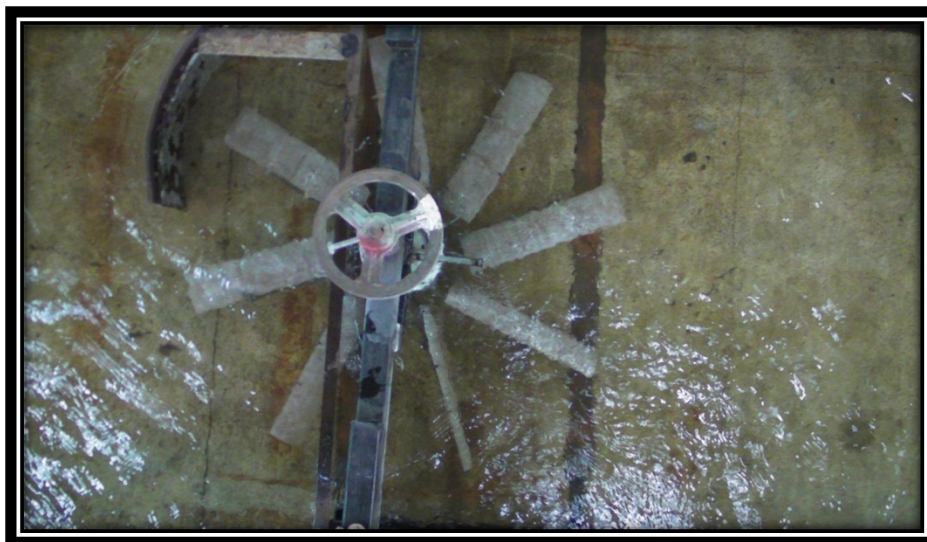
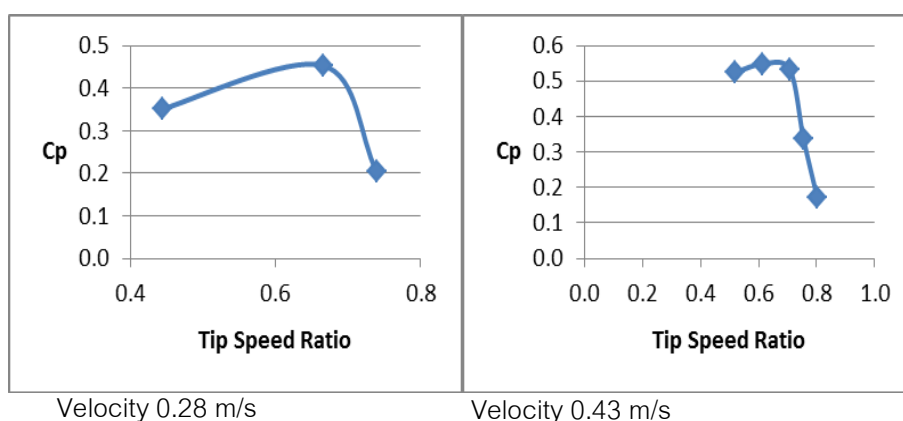
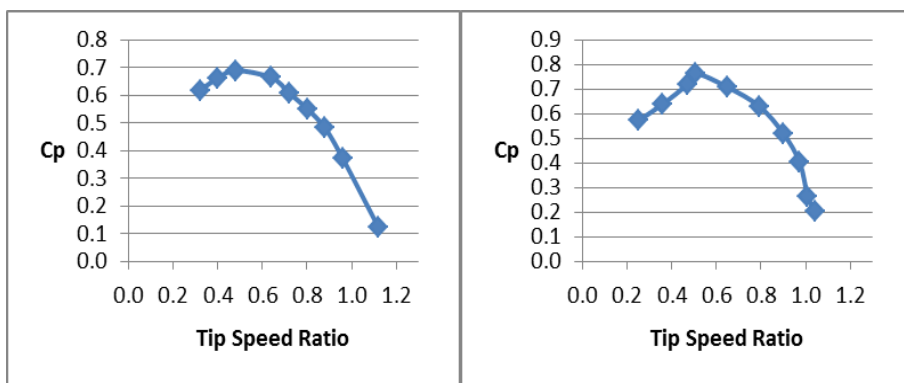


Figure 3. Vertical turbine friction reduces

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของใบพัดกังหันน้ำ ซึ่งในกรณีศึกษาจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ใบพัดที่ทำจากเหล็กและใบพัดที่ทำจากไฟเบอร์คาร์บอน ตามสมมติฐานที่เราได้ตั้งไว้ตั้งแต่ต้นว่าใบพัดที่ทำจากไฟเบอร์คาร์บอนจะมีประสิทธิภาพมากกว่าใบพัดที่ทำจากเหล็ก ผลปรากฏว่า ใบพัดที่ทำจากไฟเบอร์คาร์บอนนั้นมีประสิทธิภาพมากกว่าใบพัดเหล็ก ซึ่งใบพัดที่ทำมาจากไฟเบอร์คาร์บอนจะมีคุณสมบัติ น้ำหนักที่น้อยกว่าเหล็กแต่ความคงทนจะมากกว่าเหล็ก เป็นดังแสดงใน graph 1. และ graph 2. ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบกังหันน้ำทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด ความกว้าง 0.1 ม. × ความยาว 0.3 ม. และมีรัศมีความโค้งเท่ากับ 0.15 ม. ที่ทำการทดสอบในแบบจำลองคลองชลประทาน ได้ทำการทดสอบทั้งหมด 8 ความเร็ว คือ 0.28, 0.43, 0.51 และ 0.57 เมตรต่อวินาที พบว่าประสิทธิภาพสูงสุด (C_p) ได้ประมาณ 72 % ที่ความเร็วกระแส 0.57 เมตรต่อวินาทีเมื่อเปรียบเทียบกับใบพัดชนิดเก่าซึ่งเป็นใบพัดทรงรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าวัสดุที่ใช้ทำคือเหล็ก มีขนาด ความกว้าง 0.1 ม. × ความยาว 0.3 ม. ความเร็วในการทดสอบคือ 0.60, 0.64, 0.67 และ 0.73 ตามลำดับ ผลที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 56% ที่ความเร็วกระแส 0.73 เมตรต่อวินาทีและข้อมูลการเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ได้จากใบพัด เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากผลการทดลองของใบพัดโค้งกับใบพัดตรงในห้องปฏิบัติการ ดังแสดงใน graph 3. เส้นประยาวจะแสดงพลังงานที่ใบพัดสามารถสร้างได้ วงกลมจะแสดงถึงพลังงานที่ได้ของใบพัดโค้งชนิดใหม่ สีเหลี่ยมแสดงถึงพลังงานที่ได้ของใบพัดตรงชนิดใหม่ ส่วนเส้นทึบจะเป็นข้อมูลเก่าของใบพัดตรง (เศรษฐกิจ สมจิตต์ชอบ) และเส้นประจุดเป็นการประเมินจากข้อมูลเก่าเนื่องจากข้อมูลเก่าไม่ได้อยู่ในช่วงความเร็วในการทดลองนี้

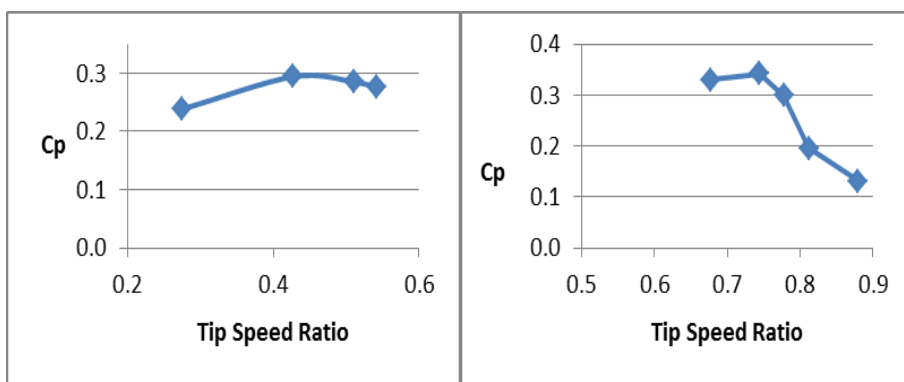




Velocity 0.51 m/s

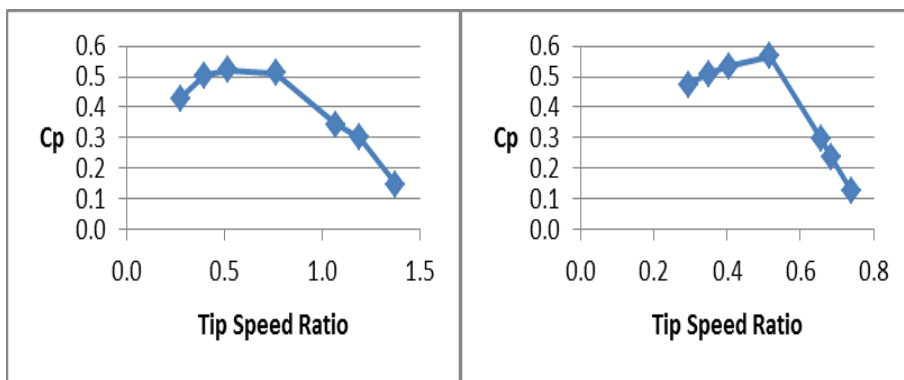
Velocity 0.57 m/s

Graph 1. The relationship between the performance (Cp) of curve blade turbine.



Velocity 0.60 m/s

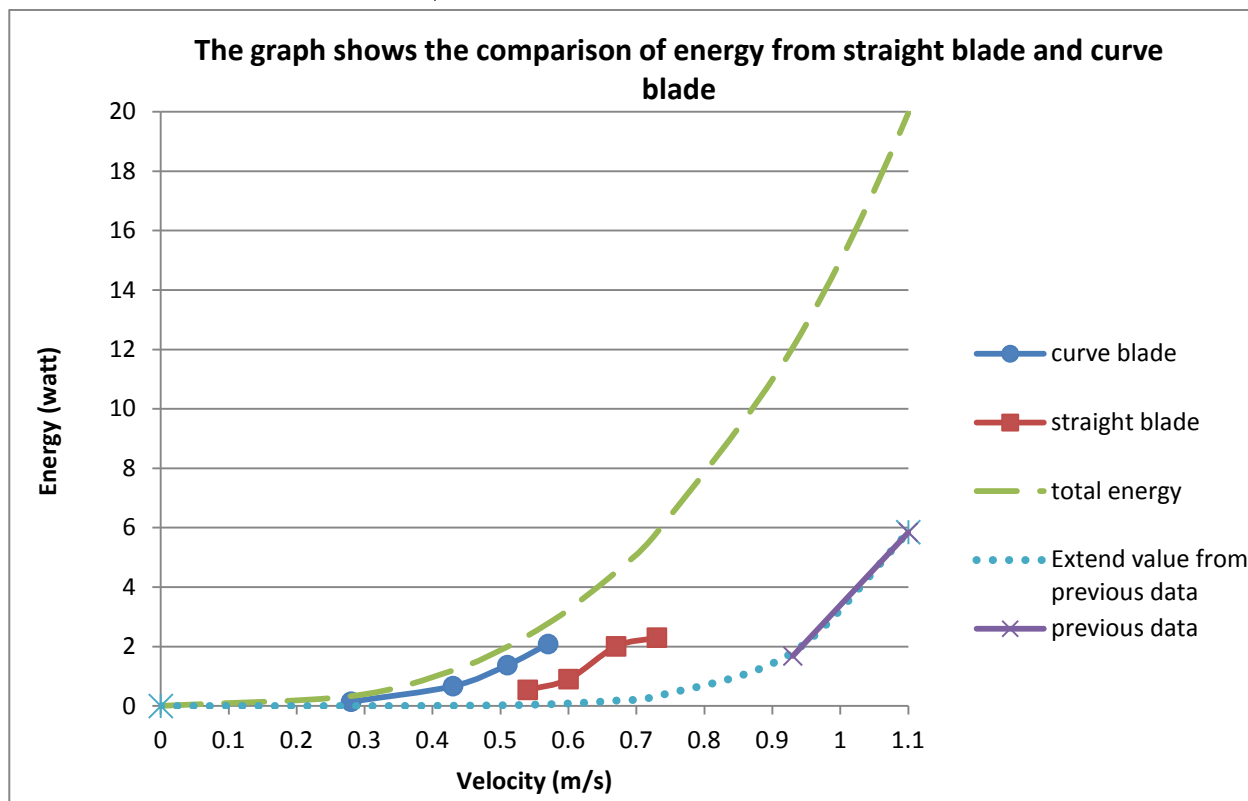
Velocity 0.64 m/s



Velocity 0.67 m/s

Velocity 0.73 m/s

Graph 2. The relationship between the performance (Cp) of straight blade turbine.



Graph 3. The graph shows the comparison of energy from straight blade and curve blade

สรุป

จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้สามารถสรุปได้ว่าใบพัดโค้งที่ทำมาจากคาร์บอนไฟเบอร์นั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าใบพัดตรงที่ทำมาจากเหล็ก เนื่องจากไฟเบอร์คาร์บอนเป็นวัสดุที่เบากว่าเหล็ก ทำให้ใบพัดสามารถเปิด - ปิดหน้าตัดรับน้ำได้เร็วกว่า และช่วยให้การหมุนของกังหันน้ำให้เร็วมากขึ้นด้วย พลังงานที่ได้จากใบพัดชนิดตรงที่ทำจากเหล็กได้น้อยกว่าพลังงานที่ได้จากใบพัดโค้งที่ทำจากไฟเบอร์คาร์บอน กังหันน้ำชนิดใหม่ที่ได้พัฒนาขึ้นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยทำการพัฒนาตัวตะเภาให้เปิด - ปิดได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็วมากขึ้น เมื่อเทียบกับกังหันน้ำแบบเก่าชนิดใบตรงเป็นผลงานของเศรษฐา สมจิตต์ชอบ(2554) ผลที่ได้จากการทดลองก็ปรากฏว่ากังหันชนิดใหม่ที่ทำจากคาร์บอนไฟเบอร์และมีระบบการเปิด - ปิด ที่ดีขึ้นนั้นมีพลังงานมากกว่ากังหันน้ำแบบเก่า เมื่อเปรียบเทียบกังหันน้ำแบบใหม่และแบบเก่าที่มีใบพัดชนิดตรงเหมือนกัน พลังงานของใบพัดตรงชนิดใหม่ที่ได้พัฒนาจะมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบเก่า เนื่องจากระบบการเปิด - ปิด ของใบพัดตัวใหม่นั้นทำได้ดีกว่าใบพัดเดิม โดยจะได้แรงที่กระทำต่อใบพัดเท่ากัน แต่ความเร็วในการไหลที่ใช้เปิด - ปิดจะต่ำกว่า แม้ว่าการพัฒนาใบพัดแบบใหม่จะมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบเก่า แต่พลังงานที่ดึงออกมาได้นั้นก็ยังไม่เต็มที่ สาเหตุเกิดจากการสูญเสียจากความร้อน แรงเสียดทาน การบิดตัวของแกนกังหัน ทำให้พลังงานที่ดึงออกมาได้นั้นมีค่าน้อยกว่าพลังงานที่ควรจะได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุน โครงการวิจัยการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการไหลในคลองชลประทาน โดยกังหันน้ำแนวตั้งแบบลดแรงเสียดทานและขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เศรษฐา สมจิตต์ชอบ, 2554.การทดสอบประสิทธิภาพกังหันพลังน้ำแกนตั้งแบบลดแรงเสียดทาน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชาติชาย ยมะคุปต์, 2550. กังหันผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในระบบส่งพลังงาน. งานวิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงศธร ไสภาพันธุ์, 2550. กังหัน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัศวิน ปศุศฤทธากร, 2552. กังหันน้ำขนาดเล็กแบบหลุกต่ำเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า. การประชุมวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1. 1:217-225.

In Seong Hwang, Yun Han Lee and Seung Jo Kim, 2009. Optimization of cycloidal water turbine and the performance improvement by individual blade control. Applied Energy.86: 1532–1540