



สมรรถนะกังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบใบกังหันปรับมุมพิทช์ได้

Performance of Cross Flow Variable Blade Pitch Angle Water Turbine

ภัสส์กัญญ์ จิตติมัทธรณกุล¹, ปรีชา ชันติโกมล¹ และ ไมตรี พลสงคราม^{1*}

¹ ห้องวิจัยเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน(RTER. Lab) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 744 ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

*ติดต่อ: E-mail, polsongkrammm@gmail.com, 083-297-9197

บทคัดย่อ

กังหันน้ำชนิดที่อาศัยแรงดูดในการหมุนโรเตอร์อย่างกังหันซาโวเนียสและกังหันแบบล้อยน้ำเป็นกังหันที่เหมาะสมกับกระแสความเร็วต่ำ มีแรงบิดสถิตย์ที่สูงแต่มีประสิทธิผลต่ำ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกังหันแบบอาศัยแรงดูดในการหมุนโรเตอร์ กังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบใบปรับมุมพิทช์ได้(CFVBWT) จึงได้ถูกออกแบบให้มีระบบกลไกควบคุมการปรับมุมพิทช์ของใบกังหันซึ่งจะทำให้ใบกังหันหมุนได้รอบแกนตัวเองในขณะที่มีการเคลื่อนที่รอบแกนหลักของโรเตอร์ ศึกษาผลกระทบของความเร็วกระแส, ค่าความทึบของโรเตอร์และระดับการจมน้ำของโรเตอร์ที่มีต่อสัมประสิทธิ์กำลังกังหัน การทดลองดำเนินการในคลองจำลองที่ประดิษฐ์ขึ้นในห้องวิจัย RTER Lab. ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความทึบของโรเตอร์และระดับการจมน้ำของโรเตอร์มีผลกระทบอย่างมากต่อสัมประสิทธิ์กำลังของกังหัน ความเร็วกระแสประมาณ 0.35 - 0.4 m/s เป็นสภาวะที่ดีที่สุดที่กังหันน้ำให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุด

คำหลัก: แรงดูด, การปรับมุมพิทช์, กังหันน้ำ, สัมประสิทธิ์กำลัง, ความทึบโรเตอร์

Abstract

Drag based water turbine like the conventional Savonius rotor and conventional waterwheel are suitable power generation in low speed river current and has a high static torque but less efficiency. To improve the efficiency drag based turbine, the blade pitch angle adjustable controlled mechanism is introduced into the cross flow blades pitch angle variable water turbine (CFVBWT). This mechanism is expected to allow the turbine's blade rotate around their pivot. In this study, the effect of water speed, rotor solidity and rotor-submerged level are investigated. The device performance was studied experimentally in the manmade channel in RTER Lab. The results show that rotor solidity and rotor-submerged level has strong influence on turbine's power coefficient. The optimum water speed of 0.35 - 0.4 m/s gives the better turbine's power coefficient.

Keywords: Drag force, Adjustable pitch angle, Water turbine, Power coefficient, Rotor solidity

1. บทนำ

ภัยคุกคามที่ร้ายแรงอย่างหนึ่งของมนุษยชาติคือ ปัญหาโลกร้อนและความผันผวนของฤดูกาลซึ่งเป็นผลมาจากการผลิตพลังงานของมนุษย์เอง[1] และเป็นที่ยอมรับกันว่าเราพึ่งพาเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตพลังงานจากฟอสซิลนั่นเอง เพื่อลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล เราจำเป็นต้องเปลี่ยนไปผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม[2,3] โดยแหล่งพลังงานหมุนเวียนมีอยู่หลายแหล่ง เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากชีว(ก๊าซชีวภาพ และชีวมวล) พลังงานจากลม พลังงานจากความร้อนใต้พิภพและพลังงานจากน้ำ แหล่งพลังงานหมุนเวียนทั้งหมดที่กล่าวมานี้ พลังงานจากกระแสน้ำในแม่น้ำและพลังงานจากกระแสน้ำในมหาสมุทรน่าจะเป็นแหล่งพลังงานขนาดใหญ่และมีศักยภาพมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานหมุนเวียนจากแหล่งอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีความเสถียรและสามารถคาดการณ์ได้[4] กังหันน้ำเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวหรือสกัดพลังงานจากการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำไหลในแม่น้ำหรือกระแสน้ำขึ้น-น้ำลงในมหาสมุทร มีหลายแบบด้วยกันที่นักประดิษฐ์หรือนักวิจัยได้ประดิษฐ์ขึ้น[5-7] กังหันน้ำสำหรับเขตนํ้ามากมีชื่อเรียกหลายๆชื่อ เช่น กังหันน้ำเขตนํ้าสูง กังหันน้ำเขตนํ้ามาก กังหันน้ำแรงจลน์ หรือกังหันน้ำกระแสนํ้า[8] เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กังหันน้ำเขตนํ้ามาก น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีต่อการผลิตพลังงาน ความท้าทายของนักประดิษฐ์ในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากกระแสนํ้าไหลคือความหนาแน่นของพลังงานในการกระแสนํ้าไหลมีค่าต่ำ ดังนั้นกังหันน้ำเขตนํ้ามากจึงมีโครงสร้างและหลักการการทำงานที่แตกต่างกันไปซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการออกแบบและสภาพแหล่งน้ำไหล การติดตั้งท่อครอบชุดกังหันเพิ่มความเร็วกระแสนํ้าหรือการติดตั้งแผ่นเบี่ยงเบนกระแสนํ้าเป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพิ่มสมรรถนะในการทำงานของกังหันน้ำ[9-10] อีกทั้งการที่มีกลไกในการ

ปรับมุมพิทช์ของใบกังหันก็ได้ถูกนำมาใช้กับกังหันน้ำแบบแกนตั้งด้วย[11-13] จากที่ได้ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจะเห็นว่ายังไม่มีข้อมูลการปรับปรุงหรือพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแต่อย่างใด

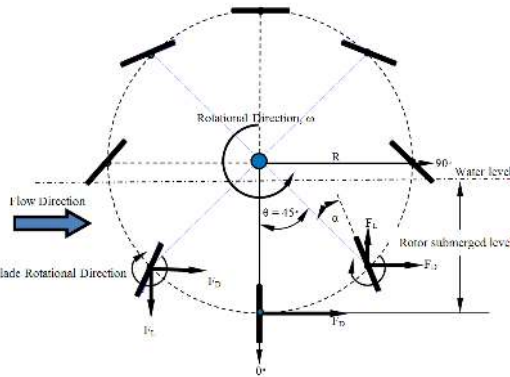
ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้จึงเป็นการพัฒนาและทดสอบสมรรถนะกังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบใบปรับมุมพิทช์ได้ ซึ่งกังหันน้ำชนิดนี้ได้ออกแบบเพื่อใช้สำหรับกระแสนํ้าในแม่น้ำลำธารที่มีระดับเขตนํ้ามาก (ความเร็วกระแสนํ้าต่ำ) เป็นกังหันน้ำที่อาศัยทั้งแรงยกและแรงดูดในการหมุนแกนโรเตอร์

2. แนวความคิดในการออกแบบกังหันน้ำแบบแกนนอน

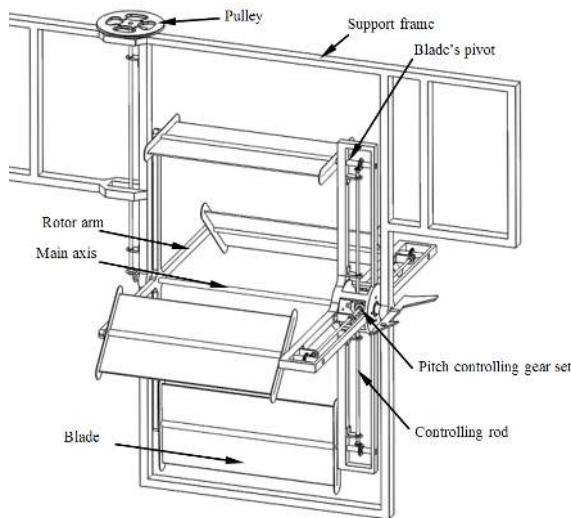
แนวขวางแบบใบปรับมุมพิทช์ได้

จากกังหันน้ำแบบล้อน้ำ(Waterwheel)ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บเกี่ยวพลังงานจากกระแสนํ้าไหลมาแต่โบราณ โครงสร้างกังหันน้ำแบบลูกตํ้ามักจะมีถ้วยรับน้ำหรือใบกังหันมากกว่าสี่ใบซึ่งข้อด้อยของกังหันน้ำแบบลูกตํ้าคือมีสัมประสิทธิ์กำลังที่ต่ำ[14] เพื่อลดจำนวนใบกังหันและเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันน้ำแบบลูกตํ้า กังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบใบปรับมุมพิทช์ได้จึงได้ถูกประดิษฐ์ขึ้น และมีการติดตั้งกลไกเพื่อควบคุมการปรับมุมพิทช์ของใบกังหัน ซึ่งกลไกควบคุมการปรับมุมพิทช์นี้จะทำให้ใบกังหันสามารถหมุนได้รอบแกนตัวเองในขณะที่กำลังเคลื่อนที่รอบแกนหลักของโรเตอร์ การหมุนรอบแกนตัวเองเพื่อปรับมุมพิทช์ของใบกังหันในขณะที่เคลื่อนที่รอบแกนหลักของโรเตอร์จะทำให้กังหันใช้ประโยชน์จากแรงยกและแรงดูดในการสร้างแรงบิดแก่แกนโรเตอร์ได้ จำนวนรอบการหมุนเพื่อปรับมุมพิทช์ของใบกังหันต่อรอบการหมุนของโรเตอร์กำหนดให้ม้อัตราส่วนเท่ากับ 1:2 ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1 โดยรูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของกังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบใบปรับมุมพิทช์ได้ ชุดกลไกควบคุมการปรับมุมพิทช์ประกอบด้วยชุดปีวเลกเกียร์ที่สวมยึดติดกับแกนหลักของโรเตอร์ โดยมีแกนควบคุมถ่ายทอดแรงบิดจากชุดเกียร์ควบคุมการปรับมุมพิทช์ส่งไปยังแกนใบกังหัน การหมุนได้

รอบแกนตัวเองของใบกังหันจะทำให้ใบกังหัน หันหน้าไปเข้าหาทิศทางการไหลเข้ามาของกระแส น้ำซึ่งจะทำให้กังหันสามารถรับแรงดูดจากกระแส น้ำได้อย่างเต็มที่(ดูรูปที่1)



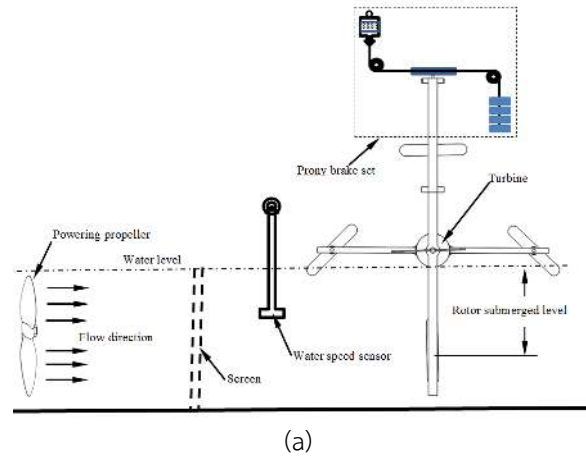
รูปที่ 1. แสดงการแปรเปลี่ยนมุมพิทช์ของใบกังหันเมื่อใบกังหันหมุนรอบแกนหลักของโรเตอร์(มองจากด้านข้าง)



รูปที่ 2. แสดงส่วนประกอบหลักของกังหันน้ำ CFVBWT

3. อุปกรณ์ทดลอง

รูปที่ 3(a) แสดงไดอะแกรมชุดทดลองซึ่งประกอบด้วย คลองน้ำไหลวนประดิษฐ์และกังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบใบปรับมุมพิทช์ได้และเครื่องมือวัดชิ้นส่วนกังหันน้ำส่วนใหญ่ทำจากสแตนเลสและ



(a)



(b)

รูปที่ 3 แสดง (a) ไดอะแกรมอุปกรณ์ทดลอง และ (b) ภาพกังหันน้ำเมื่อติดตั้งเข้ากับคลองน้ำ

อะลูมิเนียม ใบกังหันมีความหนา 1 mm.ทำจากอะลูมิเนียมแผ่น โดยที่ชุดเกียร์ควบคุมและแกนใบกังหันทำจากสแตนเลส แกนของใบกังหันจะถูกรองรับด้วยแขนของโรเตอร์ซึ่งทำจากอะลูมิเนียมหนา 12 mm. รัศมีแขนของโรเตอร์ยาว 0.37 m. ความกว้างของโรเตอร์เท่ากับ 0.38 m. แขนของโรเตอร์ยึดติดกับแกนหลักของโรเตอร์ซึ่งวางในแนวขวางทิศทางการไหลของน้ำ และแกนหลักของโรเตอร์จะถูกรองรับด้วยเบรคซึ่งยึดติดกับโครงรองรับที่



ชุดทดสอบจะถูกติดตั้งเข้ากับคลองน้ำไหลวนประดิษฐ์ที่บริเวณพื้นที่หน้าตัดของการไหลเท่ากับ 1 ม. X 1.1 ม. โดยจะติดตั้งให้โรเตอร์ของกังหันอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของคลองดังแสดงในรูปที่ 3(b) ระดับน้ำในคลองรักษาไว้ที่ความลึกเท่ากับ 0.8 m. ความเร็วในการไหลของกระแสในคลองสามารถปรับเปลี่ยนได้ตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.6 m/s โดยการปรับรอบที่เครื่องยนต์ดีเซลซึ่งต่อกำลังขับไปยังใบจักรขับน้ำ แรงบิดของแกนหลักของโรเตอร์กังหันน้ำวัดด้วยชุดวัดแรงบิดแบบโพโรนีเบรค ความเร็วรอบของเพลารโพรนีเบรควัดโดยเครื่องวัดความเร็วรอบที่มีค่าความแม่นยำ $\pm 0.05\%$ มิเตอร์วัดความเร็วของกระแสที่มีค่าความแม่นยำ ± 0.03 m/s ถูกติดตั้งที่บริเวณกึ่งกลางคลอง ที่ตำแหน่งความลึก 0.5 m ห่างจากหน้าใบกังหันน้ำ 0.3 m โรเตอร์กังหันสามารถที่จะปรับให้มีระยะการจวมลิกที่ระยะต่างๆได้ตามเงื่อนไขการทดลอง เมื่อเริ่มทดสอบสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันความเร็วของกระแสจะถูกปรับให้ได้ตามที่ต้องการโดยปล่อยให้กังหันหมุนอย่างอิสระไม่มีภาระ(ตม่น้ำหนัก)ใส่ที่เพลารโพรนีเบรค ในสภาวะนี้โรเตอร์กังหันจะหมุนด้วยความเร็วรอบสูงสุด จากนั้นจะเพิ่มภาระให้กับโพโรนีเบรคขึ้นทีละขั้น ดังนั้นความเร็วรอบของกังหันน้ำก็จะซ้าลงตามลำดับการใส่ภาระที่เพิ่มขึ้น ข้อมูลแรงบิดและความเร็วรอบของแกนหลักโรเตอร์กังหันจะถูกบันทึกค่าหลังการใส่ภาระให้กับโพโรนีเบรคเมื่อเวลาผ่านไป 2 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าการหมุนของกังหันอยู่ในสภาวะคงที่ ทำการทดสอบเพื่อศึกษาอิทธิพลค่าความทึบของโรเตอร์โดยการเปลี่ยนใบกังหันที่มีขนาดต่างกัน 2 ชุด และทำการปรับความเร็วในการไหลกระแสตั้งแต่ 0.35 - 0.55 m/s

สมรรถนะของกังหันน้ำจะแสดงในรูปค่าสัมประสิทธิ์กำลัง(C_p)ที่คำนวณได้ และแรงบิดไดนามิกส์(T)สัมประสิทธิ์กำลังของกังหันหาได้จากกำลังที่กังหันผลิตได้ต่อกำลังของกระแสที่ไหลผ่านพื้นที่การกวาดของโรเตอร์กังหัน ในการศึกษาจะพิจารณาพื้นที่การกวาดของ

โรเตอร์ คือความยาวของใบกังหันคูณด้วยระยะลิกที่โรเตอร์กังหันจวมได้วิน้ำ ดังนั้นสมการที่ใช้ในการคำนวณจึงแสดงได้โดยสมการนี้

$$C_p = \frac{P_{turbine}}{P_{available}} = \frac{\omega T}{0.5\rho AV_\infty^3} \quad (1)$$

เมื่อ ρ คือความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3), V_∞ คือความเร็วของกระแส (m/s), A คือ พื้นที่หน้าตัดของการไหลที่ใบกังหันกวาดผ่าน(m^2) ซึ่งในการศึกษานี้จะพิจารณาระยะจวมลิกของโรเตอร์กังหัน, $P_{turbine}$ คือ กำลังที่กังหันผลิตได้, $P_{available}$ คือ กำลังที่คำนวณได้จากกระแสไหล (W), T คือ แรงบิดไดนามิกส์ของเพลากังหัน (N-m)

ความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์กังหันแสดงในรูปของพารามิเตอร์ไร้นหน่วยคือค่า rotor tip speed ratio(RTSR) เป็นอัตราส่วนของความเร็วเชิงเส้นที่ปลายแขนของโรเตอร์กังหันโดยในการศึกษานี้ ค่าความเร็วเชิงเส้นของโรเตอร์กังหันจะพิจารณาที่จุดศูนย์กลางแกนใบ และสามารถคำนวณค่า RTSR ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$RTSR = \frac{R\omega}{V_\infty} \quad (2)$$

เมื่อ R ความยาวรัศมีแขนของโรเตอร์(m), ω คือความเร็วเชิงมุมของแกนหลักของโรเตอร์(rad/sec) และ V_∞ คือความเร็วของกระแส(m/s)

ค่าความทึบของโรเตอร์ σ คือสัดส่วนระหว่างพื้นที่ใบกังหันต่อพื้นที่การกวาดผ่านของใบกังหันที่เคลื่อนที่รอบแกนหลักของโรเตอร์ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\sigma = \frac{Nb}{2\pi R} \quad (3)$$

เมื่อ N คือจำนวนใบกังหัน และ b คือ ความกว้างของใบกังหัน(m)

Blockage ratio, B คือ สัดส่วนพื้นที่ของโรเตอร์ที่ครอบครองพื้นที่หน้าตัดการไหลของคลองน้ำ ค่า Blockage ratio ของชุดทดลองของการศึกษานี้คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$B = \frac{hS}{WD} \quad (4)$$

เมื่อ h คือระยะจมน้ำของโรเตอร์กังหัน (m), s คือระยะความกว้างของโรเตอร์(m), W คือ ความกว้างของคลอง (m) และ D คือ ความลึกของน้ำในคลอง (m)โดยพิจารณาที่ตำแหน่งติดตั้งโรเตอร์กังหัน

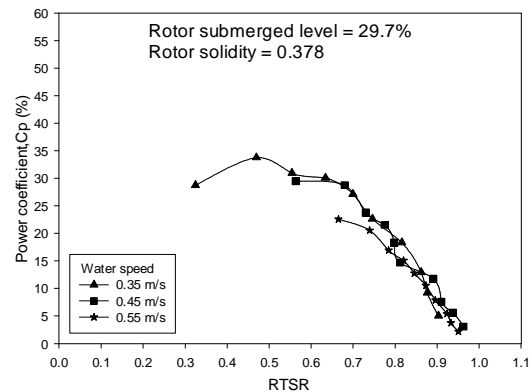
4. ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

การทดสอบสมรรถนะกังหันน้ำ จะทำการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงความเร็วการไหลของกระแสจาก 0.35 - 0.5 เมตรต่อวินาที, ระยะการจมน้ำของโรเตอร์กังหันและค่าความทึบของโรเตอร์ ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันน้ำ ซึ่งในการศึกษานี้ระยะการจมน้ำของโรเตอร์จะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของเส้นผ่านศูนย์กลางของโรเตอร์กังหัน นอกจากนี้ยังมีแสดงผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบใบปรับมุมได้กับกังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบใบปรับมุมไม่ได้อีกด้วย

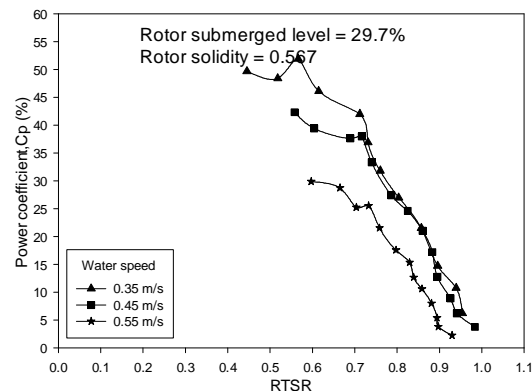
4.1 ผลกระทบของความเร็วกระแส

การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์กำลังความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงค่า $RTSR$ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4(a) และรูปที่ 4(b) ที่ค่าความทึบของโรเตอร์เท่ากับ 0.378 และ 0.567 ตามลำดับ โดยที่รักษาระยะการจมน้ำของโรเตอร์เท่ากันคือ 29.7% ผลจากการทดลอง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์กำลังจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า $RTSR$ เพิ่มขึ้นจนถึงค่าคงที่ค่าหนึ่ง จากนั้นค่าสัมประสิทธิ์กำลังจะค่อยๆลดลงเมื่อค่า $RTSR$ เพิ่มขึ้นไปอีก ทั้งนี้เนื่องจากผลของการเพิ่มภาระให้แก่เพลากังหันซึ่งจะทำให้ความเร็วรอบในการ

หมุนของแกนหลักของโรเตอร์กังหันลดลงนั่นเอง เมื่อพิจารณาผลกระทบของความเร็วกระแสที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันพบว่า เมื่อความเร็วของกระแสเพิ่มขึ้นทำให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังลดลง โดยที่กังหันจะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงที่สุดที่ความเร็วกระแสต่ำ กังหันจะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุด(53%)ที่ความเร็วของกระแส 0.35 m/s ที่ค่าความทึบของโรเตอร์เท่ากับ 0.567 กังหันน้ำชนิดนี้จะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดเมื่อค่า $RTSR$ อยู่ในช่วง 0.4 - 0.6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากังหันน้ำชนิดนี้ทำงานได้ดีที่ความเร็วกระแสต่ำและมีความเร็วรอบในการหมุนต่ำ



(a)



(b)

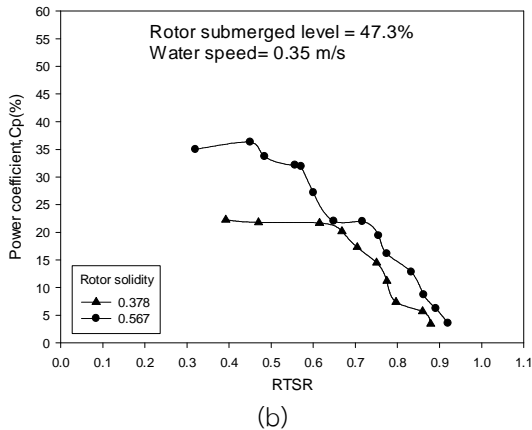
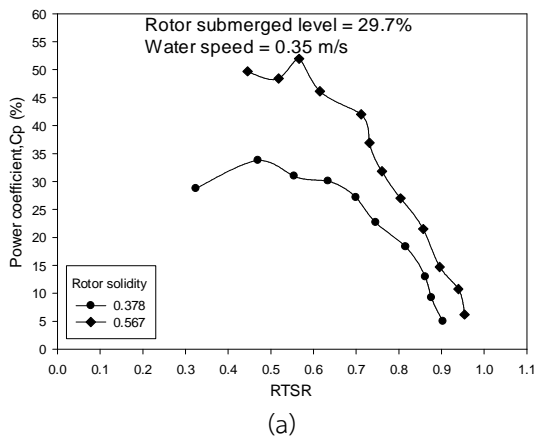
รูปที่ 4 แสดงอิทธิพลของความเร็วกระแสที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลังกังหัน

(a) สำหรับค่าความทึบของโรเตอร์เท่ากับ 0.378

(b) สำหรับค่าความทึบของโรเตอร์เท่ากับ 0.567

4.2 ผลกระทบของค่าความทึบโรเตอร์

รูปที่ 5 (a) และ รูปที่ 5 (b) เป็นการแสดงผลกระทบของค่าความทึบของโรเตอร์ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหัน ซึ่งจะเห็นว่าค่าความทึบของโรเตอร์ที่มากกว่า กังหันน้ำจะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังที่สูงกว่า แม้ว่าระยะจมน้ำจะแตกต่างกัน โดยที่กังหันที่มีค่าความทึบของโรเตอร์เท่ากับ 0.567 จะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังเท่ากับ 53% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ใบกังหันที่มากขึ้นส่งผลให้สามารถรับพลังงานจากการไหลของน้ำได้มากขึ้น



รูปที่ 5 แสดงอิทธิพลของค่าความทึบของโรเตอร์ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลังกังหัน

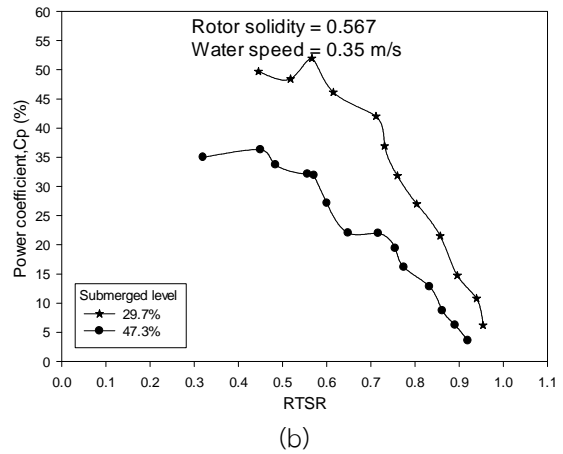
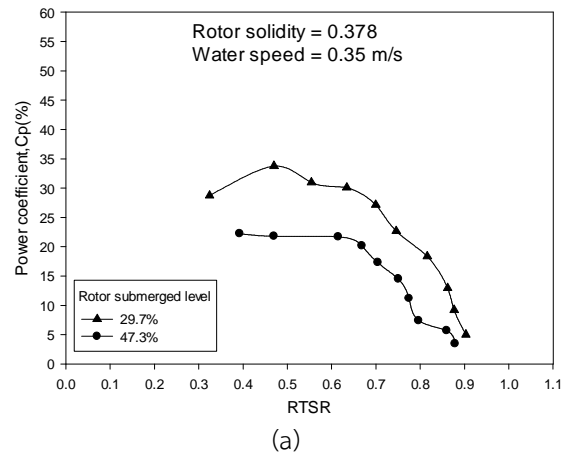
(a) ที่ระยะจมน้ำของโรเตอร์ 29.3%

(b) ที่ระยะจมน้ำของโรเตอร์ 47.3%

4.3 ผลกระทบของระยะจมน้ำของโรเตอร์

ระยะการจมน้ำของโรเตอร์ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันน้ำได้แสดงไว้ในรูปที่ 6 โดย

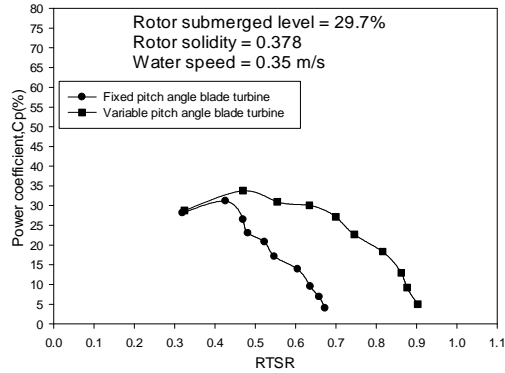
การทดสอบระยะการจมน้ำของโรเตอร์เทียบกับสองค่าคือที่ 29.7% และ 47.3 % พบว่า ระยะการจมน้ำของโรเตอร์ที่มากขึ้นส่งผลให้สัมประสิทธิ์กำลังกังหันลดลง นั่นคือเมื่อระยะการจมน้ำเพิ่มจาก 29.7% เป็น 47.3% กังหันให้ค่าสัมประสิทธิ์ลดลงประมาณ 37% สำหรับกังหันที่มีค่าความทึบของโรเตอร์เท่ากับ 0.378 และกังหันจะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังลดลง 33% สำหรับกังหันที่มีค่าความทึบของโรเตอร์เท่ากับ 0.567 ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากระยะการจมน้ำของโรเตอร์ที่มากขึ้นจะทำให้เพิ่มความปั่นป่วนในการไหล ส่งผลให้ใบกังหันที่อยู่ท้ายน้ำได้รับพลังงานลดลง



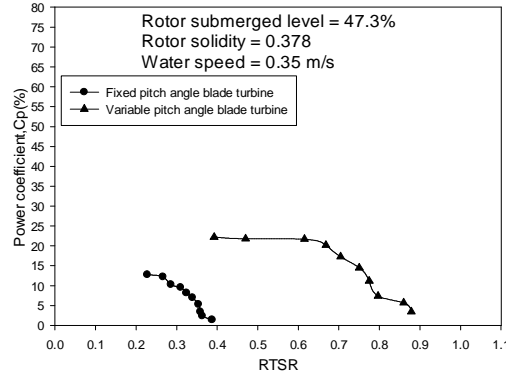
รูปที่ 6 แสดงผลของระยะจมน้ำของโรเตอร์ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลังกังหัน

(a) สำหรับกังหันที่มีค่าความทึบของโรเตอร์ 0.378

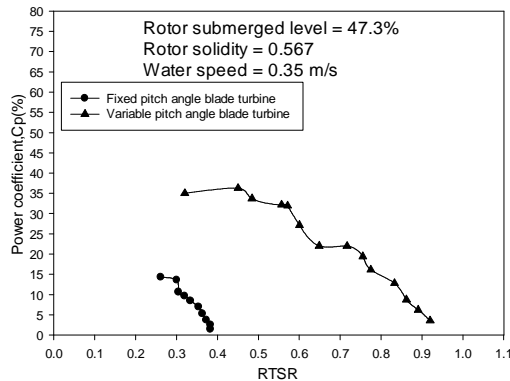
(b) สำหรับกังหันที่มีค่าความทึบของโรเตอร์ 0.567



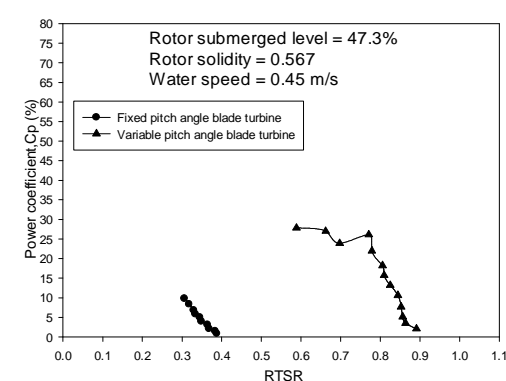
(a)



(b)



(c)



(d)

รูปที่ 7 เปรียบสัมประสิทธิ์กำลังระหว่างกังหันน้ำที่มีใบปรับมุมพิทช์ได้และกังหันน้ำแบบใบปรับมุมพิทช์ไม่ได้

- (a) ที่ระยะจมน้ำของโรเตอร์ 29.7%, ค่าความทึบของโรเตอร์ 0.378 และความเร็วกระแสลม 0.35 m/s
- (b) ที่ระยะจมน้ำของโรเตอร์ 47.3%, ค่าความทึบของโรเตอร์ 0.378 และความเร็วกระแสลม 0.35 m/s
- (c) ที่ระยะจมน้ำของโรเตอร์ 47.3%, ค่าความทึบของโรเตอร์ 0.567 และความเร็วกระแสลม 0.35 m/s
- (d) ที่ระยะจมน้ำของโรเตอร์ 47.3%, ค่าความทึบของโรเตอร์ 0.567 และความเร็วกระแสลม 0.45 m/s

4.4 เปรียบเทียบกังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบใบปรับมุมได้กับกังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบใบปรับมุมไม่ได้

เพื่อเป็นการพิสูจน์ข้อดีของการปรับมุมพิทช์ของใบกังหันได้ รูปที่ 7(a), รูปที่ 7(b), รูปที่ 7(c) และรูปที่ 7(d) จึงเป็นการแสดงเพื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันทั้งสองแบบ และทำการทดสอบที่เงื่อนไขเดียวกัน จากผลการทดลองพบว่ากังหันน้ำที่มีใบปรับมุมพิทช์ใบได้ให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงกว่ากังหันที่มีใบปรับมุมพิทช์ของใบคงที่ กังหันที่มีการปรับมุมพิทช์ของใบได้

สามารถทำงานได้ในช่วงค่า $RTSR$ ที่กว้างมากกว่า สำหรับกังหันที่มีใบปรับมุมพิทช์ไม่ได้จะทำงานได้ในช่วงค่า $RTSR$ ค่อนข้างแคบ และจากการสังเกตในขณะทดลองพบว่ากังหันที่มีใบปรับมุมพิทช์ไม่ได้จะหยุดหมุนทันทีเมื่อปรับระยะการจมน้ำของโรเตอร์มากกว่า 50% ในขณะที่กังหันที่มีใบปรับมุมได้ยังคงสามารถหมุนและผลิตพลังงานออกมาได้อย่างต่อเนื่องถึงแม้ว่าโรเตอร์กังหันจะจมน้ำ 100% ก็ตาม กังหันน้ำที่มีใบปรับมุมพิทช์ได้ สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงกว่ากังหันน้ำที่มีใบ



ปรับมุมพิทช์ไม่ได้ประมาณ 1.4-1.5 เท่า ที่ความเร็วกระแสลม 0.35 m/s ที่ระยะจุมลิกของโรเตอร์ 47.3%

5. สรุป

กังหันน้ำสำหรับใช้กับกระแสน้ำที่มีระดับเฮดต่ำมากเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานขนาดเล็ก แม้ว่าจะมีสัมประสิทธิ์กำลังที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการพัฒนากังหันน้ำแกนนอนแนวขวางแบบปรับมุมพิทช์ได้โดยการติดตั้งชุดควบคุมการปรับมุมพิทช์ของใบกังหันจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันได้ ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ดังนี้

- CFVBWT ให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงถึง 53% ที่ค่า $RTSR = 0.55$ และที่ความเร็วกระแสลมเท่ากับ 0.35 m/s.
- CFVBWT สามารถทำงานได้ในช่วงค่า ระยะการจุมลิกที่มากกว่า และช่วงค่า $RTSR$ ที่มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกังหันน้ำที่มีใบปรับมุมพิทช์ไม่ได้
- CFVBWT ให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงในช่วงค่า $RTSR$ ประมาณ 0.45-0.6 ในทุกเงื่อนไขการทดลอง
- CFVBWT ให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงกว่ากังหันน้ำที่มีใบปรับมุมพิทช์ไม่ได้ประมาณ 1.4-1.5 เท่า

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] VijayaVenkataRaman, S., Iniyan, S. & Goic R., A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renewable and sustainable Energy Rev*, vol. 16, pp. 878-897, 2012.
- [2] Chong, H-Y. & Lam, W-H., Ocean renewable energy in Malaysia: The potential of the Straits of Malacca. *Renewable and sustainable Energy Rev.*, vol. 23, pp. 169-178, 2013.
- [3] Grabbe Urban Lundin, M. & Leijon, M., Ocean energy. Available online: <http://www.eusustel.be>.
- [4] Wikipedia, Renewable energy, Online: http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy,
- [5] McAdam, R.A., Houlsby, G.T. & Oldfield, M.L.G., Experimental measurements of the hydrodynamic performance and structural loading of the Transverse Horizontal Axis Water Turbine: Part 1. *Renewable Energy*. vol. 59, pp. 105-114, 2013.
- [6] Date, A. & Akbarzadeh, A., Design and analysis of a split reaction water turbine. *Renewable Energy*. vol. 35, pp. 1947-1955, 2010.
- [7] Williamson, S.J., Stark, B.H. & Booker J.D., Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis. *Renewable Energy*. vol. 61, pp. 43-50, 2014.
- [8] Yang, B., & Shu, X.W., Hydrofoil optimization and experimental validation in helical vertical axis turbine for power generation from marine current. *Ocean Eng.* Vol. 42, pp. 35-46, 2012.
- [9] Golecha, K., Eldho, T.I. and Prabhu, S.V., Influence of the deflector plate on the performance of modified Savonius water



turbine. *Applied Energy*, vol. 88, pp. 3207-3217, 2011

[10] Kirke, B.K., Tests on ducted and bare helical and straight blade Darrieus hydrokinetic turbines, *Renewable Energy*, vol. 36, pp.3013-3022

[11] SchÖnborn, A. and Chantzidakis, M., Development of a hydraulic control mechanism for cyclic pitch marine current turbines. *Renewable Energy*. vol. 32, pp. 662-679, 2007.

[12] Hwang, I. S., Lee, Y. H. and Kim, S. J., Optimization of cycloidal water turbine and the

performance improvement by individual blade control. *Applied Energy*. vol. 86, pp. 1532-1540, 2009.

[13] Jing, F., Sheng, Q. and Zhang L., Experimental research on tidal current vertical axis turbine with variable pitch blades. *Ocean Engineering*. vol. 88, pp. 228-241, 2014

[14] Bresse, J, Water Wheels or Hydrauluric Motor, reprint 2003, University Press of the pacific, 1876