

การศึกษาเชิงทดลองต้นแบบกังหันน้ำแกนตั้งแบบใบปรับมุมได้อย่างต่อเนื่อง Experimental Study on Prototype of Vertical Axis Water Turbine with Continuous Blade Angle Adjustment

ศรประเสริฐ คุณวิไล¹, ดิณกร ภูวดิน¹ และ ปรีชา ชันติโกมล¹, ไมตรี พลสงคราม^{1*}

¹ ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน (RTER) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถนน สุรนารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000
*ติดต่อ: polysongkramm@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์: 083-297-9197, เบอร์โทรสาร: 044-233-074

บทคัดย่อ

เพื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์กำลังสำหรับกังหันน้ำแกนตั้งอย่างกังหันแบบซาโวนีเยสที่อาศัยแรงดูดในการหมุนโรเตอร์ กังหันน้ำแกนตั้งที่มีใบกังหันสามารถปรับมุมได้แบบต่อเนื่องจึงได้ถูกประดิษฐ์ขึ้น ซึ่งกังหันนี้มีกลไกที่ทำให้ใบของกังหันสามารถหมุนได้รอบแกนของตัวเองในขณะที่โคจรรอบแกนโรเตอร์ การหมุนรอบแกนตัวเองของใบกังหันทำให้กังหันสามารถใช้ทั้งแรงยกและแรงดูดเพื่อการหมุนโรเตอร์ กังหันมีขนาดรัศมีโรเตอร์เท่ากับ 0.375 m ความสูงของโรเตอร์เท่ากับ 0.68 m โดยทำการศึกษาผลกระทบของค่าความทึบของโรเตอร์, ความเร็วกระแส, อัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์ ที่มีต่อสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันน้ำ จากผลการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดของกังหัน เท่ากับ 54% ที่ความเร็วกระแส 0.3 m/s สำหรับค่าความทึบของใบกังหันเท่ากับ 0.42 ค่าอัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์เท่ากับ 0.66 ซึ่งข้อมูลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า กังหันน้ำชนิดนี้ให้สัมประสิทธิ์กำลังค่อนข้างสูงและสามารถเริ่มหมุนได้ด้วยตัวเองที่ความเร็วกระแสต่ำ จึงเป็นกังหันน้ำที่สามารถใช้ได้กับแหล่งน้ำไหลที่มีระดับเขตกว้างขวางซึ่งหาได้ง่ายและมีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย

คำหลัก: กังหันน้ำแกนตั้ง; สัมประสิทธิ์กำลัง; แรงยก; แรงดูด; ค่าความทึบของโรเตอร์

Abstract

In order to enhance power coefficient of vertical axis water turbine drag-driven type as savonius rotor. A vertical axis water turbine with continuous blade angle adjustment was invented. This turbine has mechanism for rotating it's blades about its own vertical pivot while they orbit about main rotor axis. The rotating about its own vertical axis of the turbine blades leads to exploit both of lift and drag force on turbine blades for power generation. The turbine has rotor radius about 0.375 m and rotor height about 0.68 m. The Influence of rotor solidity, water flow speed, and the rotor tip speed ratio on power coefficient were investigated. The maximum power coefficient of the turbine was about 54% with rotor solidity 0.42, water flow speed 0.3 m/s, and rotor tip speed ratio 0.66. Experimental results revealed that the turbine gives off high power coefficient, high static torque and capable self-starting although it was in ultra-low head water source condition which is available in Thailand.

Keywords: Vertical axis water turbine; Power coefficient; Drag-force; Lift-force; Rotor solidity.

1. บทนำ

พลังงานถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ปริมาณการใช้พลังงานยังถือว่าเป็น

ตัวชี้วัดระดับมาตรฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์อีกด้วย เชื้อเพลิงที่ได้จากแหล่งฟอสซิลยังคงเป็นเชื้อเพลิงหลักเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าและกิจกรรมอื่นๆเช่นการ

คมนาคม-ขนส่งรวมทั้งเพื่อให้ความร้อนแก่ที่อยู่อาศัย จากข้อมูลสถิติการใช้พลังงานของโลก ตั้งแต่ปี 1971 - 2013 พบว่ามีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี 2013 ทั้งโลกใช้พลังงานถึง 9301 Mtoe กว่า 80% ของ พลังงานที่ต้องการทั้งหมดได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศมี ปริมาณถึง 32,190 Mt of CO₂ [1] การเพิ่มขึ้นของ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิด ปรากฏการณ์ความผันผวนของฤดูกาลและวิกฤติปัญหา ทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั่วโลกอย่างเช่นในปัจจุบัน โดย ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้บ่งชี้ว่าเป็นผลมาจากกิจกรรม ของมนุษย์ที่เผาเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการผลิตพลังงาน [2] วิธีการหนึ่งในการบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นักวิทยาศาสตร์ เสนอว่าเราต้องแสวงหาแหล่งพลังงานแหล่งใหม่ที่สะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและยังต้องเป็นแหล่ง พลังงานที่ใช้แล้วไม่มีวันหมด [3, 4] แหล่งพลังงานที่ถูก พิจารณาว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดคือ พลังงานจาก แสงอาทิตย์ พลังงานจากชีวมวล (รวมทั้ง Bio-oil) พลังงานจากลม พลังความร้อนใต้พิภพและพลังงานจาก การเคลื่อนที่ของน้ำทั้งแหล่งน้ำที่อยู่บนแผ่นดินและน้ำใน มหาสมุทร [5] อย่างไรก็ตามพลังงานจากการเคลื่อนที่ ของกระแสน้ำถือว่าเป็นแหล่งพลังงานขนาดใหญ่ที่มีความ เสถียรสูงและสามารถคาดการณ์ได้ซึ่งถือว่าเป็นข้อดีเมื่อ เทียบกับแหล่งพลังงานแหล่งอื่นๆ การเก็บเกี่ยวพลังงาน จากการไหลของกระแสน้ำมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องสร้าง เครื่องจักรกลหมุนขึ้นมานั้นคือกังหันน้ำ ซึ่งกังหันน้ำที่จะ สร้างขึ้นจะต้องเป็นกังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพ ไม่ก่อให้เกิด ผลกระทบทางลบต่อระบบนิเวศน์และเหมาะสมกับสภาพ ของแหล่งน้ำ ในปัจจุบันได้มีนักวิจัยและนักประดิษฐ์ หลากกลุ่ม [7 - 8] พยายามที่จะค้นคว้าวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับการสร้างกังหันน้ำสำหรับแหล่งน้ำไหลที่มีระดับเฮดต่ำ มากเพื่อใช้สำหรับสกัดพลังงานจากการไหลของน้ำใน แม่น้ำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งกังหันน้ำเหล่านี้สามารถเรียกได้ ในหลายๆชื่อเช่น Zero-head hydro turbine, Ultra-low-head hydro turbine, Hydro kinetic turbine, Free-flowing stream turbine และ Water current turbine [9 - 10] ด้วยวัตถุประสงค์ในการออกแบบและ สภาพของแหล่งน้ำที่ต้องนำไปใช้งานจึงทำให้กังหันน้ำ ของนักวิจัยทั้งหลายนี้มีหลักการทำงานและลักษณะ โครงสร้างที่แตกต่างกันไป และจะเห็นได้ว่าจากงานวิจัยที่

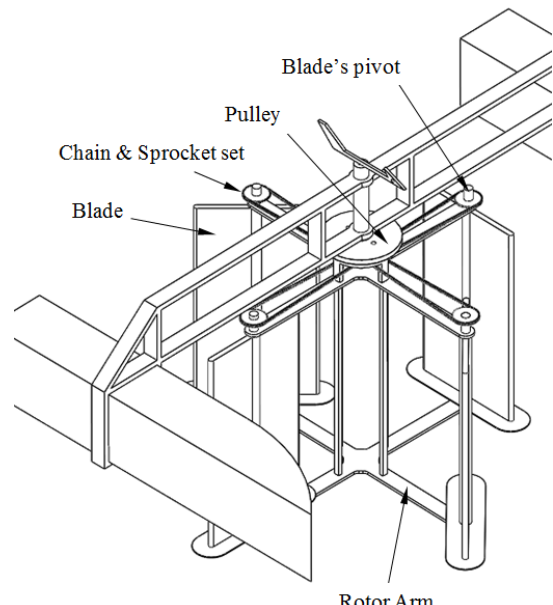
เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวมาข้างต้น ยังไม่มีกังหันน้ำแบบแกนตั้ง ที่มีชุดกลไกเพื่อควบคุมมุมพิทช์ของใบกังหันเพื่อที่จะใช้ ทั้งแรงยกและแรงฉุดในการขับโรเตอร์เลย

ด้วยเหตุนี้ต้นแบบกังหันน้ำที่ออกแบบให้มีกลไกใน การปรับมุมพิทช์ของใบกังหันได้อย่างต่อเนื่องในขณะที่ โคจรรอบแกนโรเตอร์ได้ ทั้งนี้เพื่อให้กังหันสามารถใช้แรง ฉุดและแรงยกในการหมุนโรเตอร์ได้จึงได้ถูกประดิษฐ์ขึ้น และเพื่อใช้ในการทดสอบการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์ กำลัง ในการผลิตพลังงานของกังหันและสามารถผลิต แรงบิด อีกทั้งทดสอบหาสามารถเริ่มหมุนได้ด้วยตัวเองที่ ความเร็วกระแสต่ำๆ ซึ่งจะเป็นกังหันที่สามารถนำไปใช้ เพื่อเป็นต้นกำลังในการผลิตไฟฟ้าหรือการปั้มน้ำขึ้นที่สูง เพื่อใช้ในการเกษตรได้

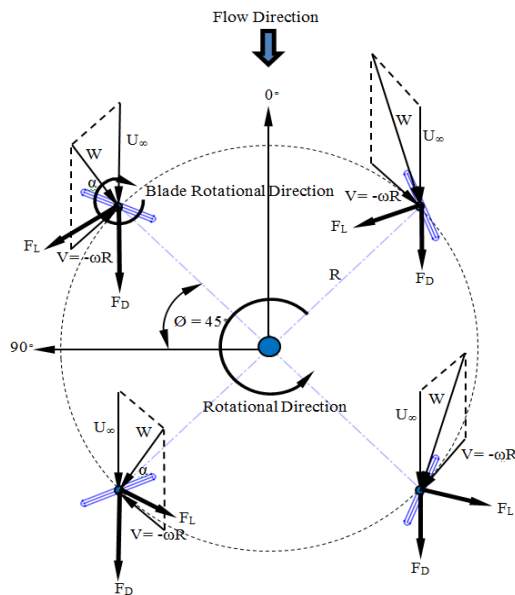
2. แนวคิดในการพัฒนากังหันน้ำแกนตั้งที่ใช้ประโยชน์ จากแรงฉุดและแรงยก

กังหันเป็นเครื่องมือกลที่ใช้เพื่อการสกัดพลังงานจาก การเคลื่อนที่ของของไหล กังหันแบบซาโวเนียส (Savonius rotor) เป็นซึ่งใช้ประโยชน์จากแรงฉุด(Drag-based)เพื่อสร้างแรงบิดให้แก่แกนของโรเตอร์ และกังหัน แบบดาร์เรียส (Darrieus rotor) ซึ่งใช้ประโยชน์จากแรง ยก(Lift-based)ในการสร้างแรงบิดให้แก่โรเตอร์ ซึ่งทั้ง กังหันทั้งสองแบบเป็นกังหันแบบแกนตั้ง กังหันทั้งแบบซา วอเนียสและดาร์เรียส สามารถดัดแปลงใช้ได้ทั้งกับน้ำหรือ ลม ข้อดีของกังหันทั้งสองแบบคือมีโครงสร้างแบบง่ายไม่ ซับซ้อน แต่กังหันแบบซาโวเนียสมีการสูญเสียแรงบิด(มี แรงบิดต่ำ)เกิดขึ้นเนื่องจากมีแรงต้านกระทำต่อใบกังหัน ตัวที่เคลื่อนที่สวนกับทิศทางกระแสหรือลม ด้วยเหตุนี้ จึงส่งผลให้กังหันชนิดนี้มีสัมประสิทธิ์กำลังต่ำ[11] ส่วน กังหันแบบดาร์เรียสให้แรงบิดต่ำทั้งยังต้องการความเร็ว ของกระแสของไหลที่สูงจึงจะสามารถเริ่มหมุนได้[12] ข้อบกพร่องดังกล่าวจึงกลายมาเป็นวัตถุประสงค์ของ การศึกษานี้คือการออกแบบและสร้างกังหันน้ำแกนตั้งที่ สามารถผลิตแรงบิดได้สูงและเริ่มหมุนได้ด้วยตัวมันเองที่ เหมาะสมกับสภาพแหล่งน้ำไหลที่มีความเร็วต่ำ ดังนั้นการ ออกแบบกังหันน้ำแกนตั้งที่มีคุณสมบัติตามวัตถุประสงค์นี้ ต้องเป็นกังหันน้ำที่สามารถใช้ประโยชน์ทั้งแรงยกและแรง ฉุดเพื่อสร้างแรงบิดให้แก่โรเตอร์ได้ตลอดทั้งรอบของการ หมุนของใบกังหันรอบแกนโรเตอร์ การทำให้แต่ละใบ กังหันสามารถสร้างแรงบิดทางบวกแก่โรเตอร์ได้ในทุก ตำแหน่งตลอดการโคจรรอบแกนโรเตอร์นั้น ใบกังหัน จะต้องสามารถหมุนเพื่อปรับมุมพิทช์(α)ได้อย่างต่อเนื่อง

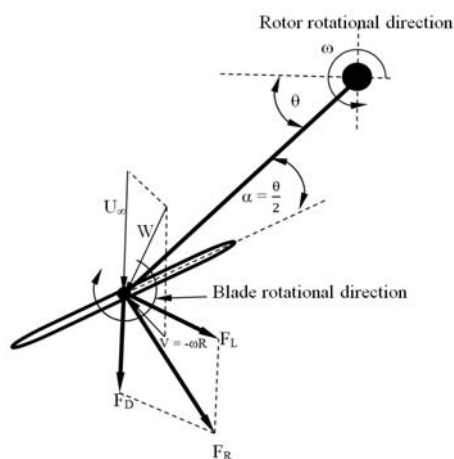
เพื่อให้ได้ประโยชน์จากแรงยกและแรงดูด ดังแสดงการหมุนของใบกังหันในการปรับมุมพิทช์ในรูปที่ 1 การออกแบบเพื่อให้กังหันนี้ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ กังหันจะต้องมีแกนโรเตอร์ในแนวตั้งและแกนใบของกังหันจะต้องขนานกับแกนโรเตอร์ โดยใบกังหันต้องสามารถหมุนได้รอบตัวเองในขณะที่หมุนรอบแกนโรเตอร์ได้ในเวลาเดียวกัน อัตราส่วนของความเร็วรอบในการหมุนของใบกังหันต่อการโคจรรอบแกนโรเตอร์ เป็น 1 ต่อ 2 ดังแสดงไดอะแกรมไว้ในรูปที่ 2 โดยมีกลไกที่ใช้ในการควบคุมการหมุนปรับมุมพิทช์ของใบกังหันคือชุดโซ่และสเตอร์ (Chain & Sprocket) ดังแสดงในรูปที่ 3 เพื่อให้เป็นไปตามหลักการทำงานที่ได้ออกแบบไว้ตามไดอะแกรมที่แสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของกังหันน้ำ



รูปที่ 1 แรงยกและแรงดูดที่กระทำต่อใบกังหันที่ตำแหน่งต่างๆ โดยสัมพันธ์กับการหมุนของโรเตอร์



รูปที่ 2 อัตราส่วนมุมพิทช์ของใบกังหันกับมุมเพลสของโรเตอร์

3. ทฤษฎีพื้นฐานของกังหันน้ำ

กระแสน้ำไหลสามารถเทียบเคียงได้กับกระแสลมที่ซึ่งถูกพิจารณาว่าเป็นแหล่งพลังงานเช่นกัน พลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของของไหลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยใช้กังหันเป็นเครื่องมือเก็บเกี่ยว กังหันน้ำสำหรับกระแสน้ำในแม่น้ำเป็นกังหันน้ำสำหรับแหล่งน้ำที่มีระดับเฮดต่ำมาก(Ultra low-head water) เป็นเครื่องมือที่ผลิตพลังงานกลได้โดยตรงจากการไหลของน้ำ ซึ่งพลังงานกลที่ผลิตได้โดยกังหันน้ำอาจจะมียุทธประสงค์เพื่อนำไปขับเคลื่อนกำเนิดกระแสไฟฟ้าหรือเพื่อขับเคลื่อนปั๊ม น้ำ ปริมาณพลังงานจลน์ของของไหลขึ้นอยู่กับความหนาแน่น, พื้นที่ตั้งฉากที่รับแรงกระทำจากกระแสของไหลและความเร็วของกระแสของไหล โดยมีสมการควบคุมในการแปลงพลังงานดังสมการที่(1)

$$P_{\infty} = 0.5 \rho A U_{\infty}^3 \quad (1)$$

เมื่อ P_{∞} คือพลังงานจากการไหลของน้ำ(Watt), ρ คือความหนาแน่นของน้ำ(1000 kg/m^3), A คือพื้นที่ภาพฉายที่ตั้งฉากกับทิศทางที่ของไหลไหลผ่าน(m^2) ซึ่งในงานวิจัยนี้สามารถหาได้จากสองเท่าของรัศมีโรเตอร์อาร์ม($2R$) บวกกับครึ่งหนึ่งของความกว้างของใบกังหัน($b/2$)คูณด้วยความสูงของใบกังหัน(h) โดยได้แสดงไว้ในรูปที่ 4 และ U_{∞} คือความเร็วของกระแสน้ำ(m/s) พลังงานกลจากกังหันน้ำสำหรับงานวิจัยนี้คำนวณได้จากค่าแรงบิดของเพลหรือแกนโรเตอร์และความเร็วรอบในการหมุนของ

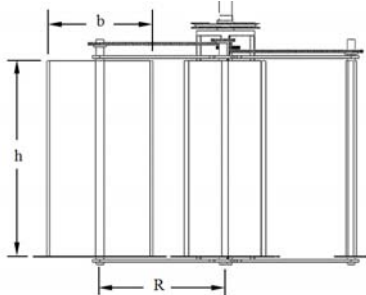
เพลาลังสามารถวัดค่าออกมาได้โดยตรง และสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (2)

$$P_T = \omega T \quad (2)$$

เมื่อ P_T คือ พลังงานกลที่กังหันผลิตได้(Watt), T คือ แรงบิดของเพลหรือแกนของโรเตอร์กังหัน (N.m) และ ω คือ ความเร็วเชิงมุมของแกนโรเตอร์(rad/s) ในความเป็นจริงไม่มีกังหันชนิดใดที่สามารถรับการถ่ายเทพลังงานจากการไหลของไหลมาเป็นพลังงานกลได้ทั้งหมด เนื่องจากการถ่ายเทพลังงานเกิดขึ้นเมื่อใบกังหันขวางการเคลื่อนที่ของกระแสของไหลและเป็นเพียงทำให้ความเร็วของกระแสของไหลลดลงเท่านั้น ของไหลเมื่อไหลผ่านโรเตอร์แล้วมันยังมีความเร็วในการเคลื่อนที่เหลืออยู่เพื่อเคลื่อนย้ายตัวมันเองออกจากอุปกรณ์ แต่ถ้าใบกังหันหยุดการเคลื่อนที่ของกระแสของไหลได้อย่างสมบูรณ์ โรเตอร์กังหันจะต้องเป็นแผ่นทึบไม่มีช่องให้ของไหลเคลื่อนผ่านไปได้เลยซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นโรเตอร์ก็จะไม่มีการหมุนและพลังงานกลก็จะไม่ถูกผลิตออกมาที่เพลารอเตอร์ สัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดของกังหันใดๆในทางทฤษฎีสำหรับการสกัดพลังงานในพื้นที่เปิดโล่งของการไหลแบบอิสระจะไม่เกินค่า Betz limit ที่ 59.3% เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันใดๆยังคงต่ำกว่านี้อีก สัมประสิทธิ์กำลังของกังหันที่หมายถึงสมรรถนะทางไฮดรอลิกส์ของกังหันใดๆสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$C_p = \frac{P_T}{P_\infty} = \frac{P_T}{0.5\rho V_\infty^3} \quad (3)$$

เมื่อ C_p คือสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันน้ำซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของกังหันน้ำนั้นๆที่สามารถสกัดพลังงานจากกระแสของไหลออกมาได้ พลังงานที่กังหันน้ำสามารถสกัดออกมาได้จากกระแสน้ำไหล P_T ในทางปฏิบัติพลังงานกลสามารถทราบได้จากการวัดด้วยเครื่องมือที่วัดโดยตรงจากแกนโรเตอร์กังหันน้ำ



รูปที่ 4 พื้นที่ภาพฉายของโรเตอร์ที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของน้ำ

ความเร็วในการหมุนของโรเตอร์เป็นอีกพารามิเตอร์หนึ่งที่สำคัญและมีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์กำลัง C_p สำหรับกังหันน้ำแบบนี้เรียกว่า Rotor tip speed ratio, RTSR คือ อัตราส่วนความเร็วที่ปลายของโรเตอร์อาร์ม ณ จุดศูนย์กลางของแกนใบกังหันต่อความเร็วของกระแส น้ำอิสระ โดยนิยามไว้ดังสมการที่ (4)

$$RTSR = \frac{R\omega}{U_\infty} \quad (4)$$

เมื่อ RTSR คือ Rotor tip speed ratio, R คือ รัศมีโรเตอร์อาร์มโดยวัดจากจุดศูนย์กลางแกนโรเตอร์ถึงจุดศูนย์กลางแกนใบกังหัน(m), ω ความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์(rad/s) และ U_∞ คือความเร็วของกระแส น้ำ(m/s) ซึ่งพารามิเตอร์ตัวนี้เป็นตัวชี้วัดความเร็วรอบของโรเตอร์ ถ้า RTSR มีค่าสูงจะส่งผลต่อการสั่นสะเทือนและระดับเสียงรบกวนที่ดังมากขึ้น

ค่าความทึบของโรเตอร์ (Rotor Solidity, σ) ได้ นิยามไว้ดังสมการที่ (5) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและขนาดของใบกังหันกับขนาดพื้นที่ทรงกระบอกที่ใบกังหันกวาดผ่าน ค่าความทึบของโรเตอร์มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมรรถนะของกังหัน

$$\sigma = \frac{Nb}{2\pi R} \quad (5)$$

เมื่อ σ คือค่าความทึบของโรเตอร์, N คือ จำนวนใบกังหัน, b คือความกว้างของใบกังหัน(m)และ R คือ รัศมีโรเตอร์อาร์มโดยวัดจากจุดศูนย์กลางแกนโรเตอร์ถึงจุดศูนย์กลางแกนใบกังหัน(m)

4. อุปกรณ์ทดลองและวิธีการทดลอง

ในการทดสอบหาสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันน้ำ ชุดทดสอบกังหันน้ำต้นแบบถูกติดตั้งเข้ากับคลองน้ำไหลเวียนประดิษฐ์ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยร่องน้ำที่ติดตั้งกังหันมีขนาดความกว้าง 1.08 m ยาว 5 m สูง 0.9 m โดยมีระดับน้ำภายในคลองสูง 0.8 m คลองน้ำไหลเวียนประดิษฐ์มีเครื่องย่นตติดตั้งเอาไว้เป็นต้นกำลังในการขับใบจักรเพื่อผลักดันให้น้ำในคลองเกิดการไหลเวียน วัดความเร็วของกระแส น้ำด้วยเครื่องวัดความเร็วกระแส น้ำ Global Water รุ่น FP111 ที่มีย่านในการวัด 0.1 - 6.1 m/s และมีค่าความแม่นยำ ± 0.03 m/s ใบกังหันและโรเตอร์ของกังหันน้ำต้นแบบทำจากอลูมิเนียม แกนโรเตอร์และแกนใบกังหันทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ชุดควบคุมการปรับมุมใบกังหันเป็นระบบโซ่และสเตอร์ ชุดทดสอบสมรรถนะกังหันน้ำประกอบด้วย เครื่องวัด

ความเร็วรอบเพลาลูกเบี้ยวและเครื่องวัดกำลังแบบโพรมีเบรค ดังไดอะแกรมแสดงในรูปที่ 6 ส่วนข้อมูลจำเพาะของกังหันน้ำต้นแบบแสดงไว้ในตารางที่ 1 การวัดค่าความเร็วรอบในการหมุนของแกนโรเตอร์ใช้เครื่องวัดความเร็วรอบแบบแสง/สัมผัส รุ่น DT-2236 ที่มีค่าความแม่นยำ $\pm 0.05\%$ ของย่านค่าที่วัดได้สูงสุด

ตารางที่ 1 แสดงรายการของพารามิเตอร์ของกังหันน้ำ

Parameter	Value
Number of blades	4
Rotor radius	0.375 m
Rotor Height	0.68 m
Type of blade	Aluminum flat plate
Blockage ratio	0.28
Solidity variations	0.34, 0.42, 0.54



(a)

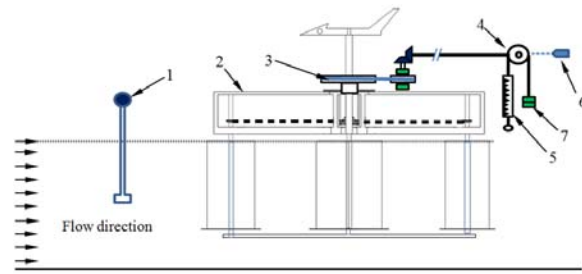


(b)

รูปที่ 5 ชุดทดสอบสมรรถนะกังหันน้ำ

(a) กังหันน้ำแกนตั้งแบบใบปรับมุมได้อย่างต่อเนื่อง

(b) เครื่องวัดกำลังแบบโพรมีเบรค



1. Water flow speed meter 2. Water turbine 3. Pulley&Belt 4. Prony brake set

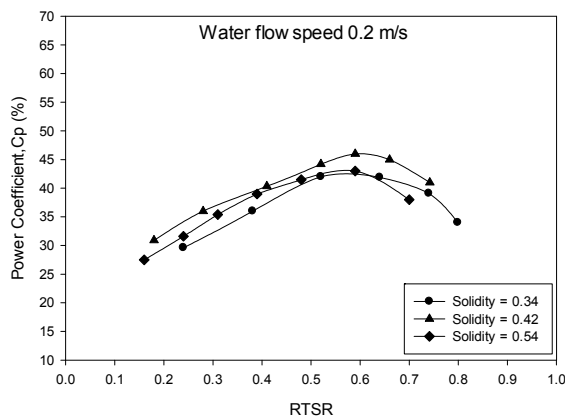
5. Spring balance 6. Revolution sensor 7. Balance weight

รูปที่ 6 ไดอะแกรมชุดทดสอบสมรรถนะกังหันน้ำ

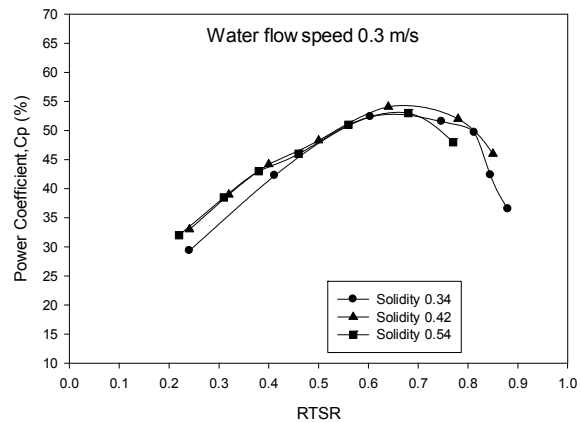
5. ผลการทดลองและการวิจารณ์

จากการค้นหาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องใน open literature สำหรับกังหันน้ำชนิดนี้ปรากฏว่ายังไม่พบข้อมูลผลการทดสอบใดๆ ดังนั้นเพื่อเป็นการศึกษาเบื้องต้น จึงได้กำหนดขนาดพารามิเตอร์ต่างๆดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งมีความเหมาะสมกับอุปกรณ์และเครื่องมือสนับสนุนที่มีอยู่แล้วในห้องวิจัยปัจจุบัน การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆที่มีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์กำลังและแรงบิดสถิตของกังหันน้ำต้นแบบ เช่นการเปลี่ยนแปลงความเร็วของน้ำ ค่าความทึบของโรเตอร์, มุมเพลส(θ) ของโรเตอร์ที่มีผลต่อแรงบิดสถิต โดยผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 7 ถึง รูปที่ 9

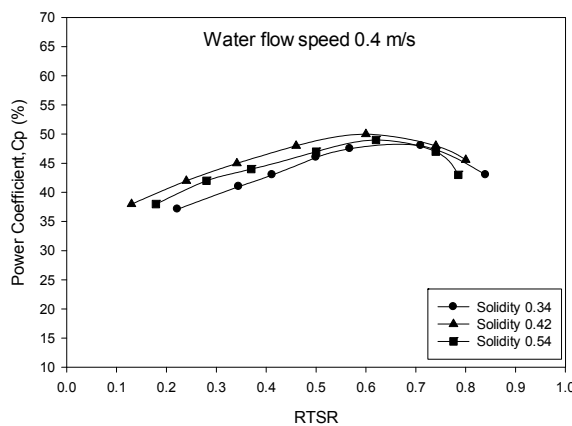
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์กำลังกับค่า RTSR ของกังหันที่ความเร็วกระแสน้ำและค่าความทึบของโรเตอร์ (Rotor solidity, σ) กังหันเปลี่ยนแปลง เมื่อพิจารณาจากทุกๆเงื่อนไขการทดลองจะเห็นว่ากังหันน้ำชนิดนี้มีค่า RTSR ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเป็นกังหันที่อาศัยแรงดูดในการหมุนโรเตอร์เป็นหลัก ค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า RTSR เพิ่มขึ้น ช่วงค่า RTSR ที่กังหันน้ำให้สัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 0.5 - 0.75 ที่ค่าความเร็วของน้ำต่ำกว่า 0.4 m/s กังหันจะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังค่อนข้างสูงที่ความเร็วของกระแสน้ำเท่ากับ 0.3 m/s กังหันจะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดประมาณ 54% และเมื่อความเร็วกระแสน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 0.5 m/s ค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันมีแนวโน้มลดลง



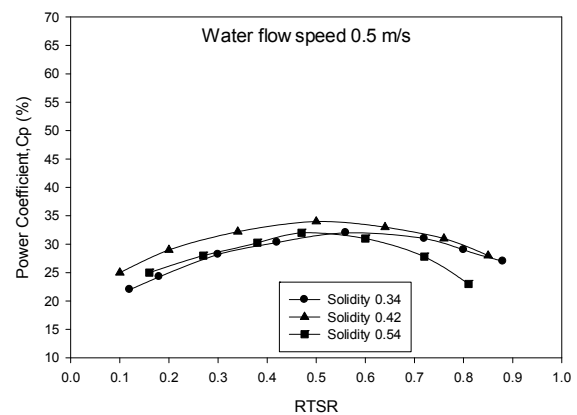
(a)



(b)



(c)



(d)

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์สัมประสิทธิ์กำลังกับอัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์ที่ค่าความเร็วกระแสน้ำต่างๆ

(a) ที่ความเร็วกระแสน้ำ 0.2 m/s (b) ที่ความเร็วกระแสน้ำ 0.3 m/s

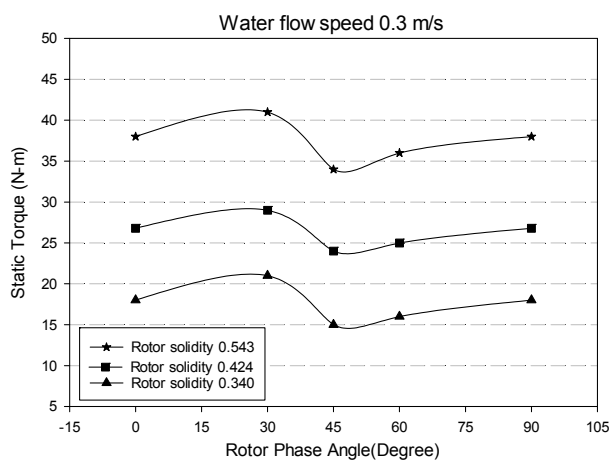
(c) ที่ความเร็วกระแสน้ำ 0.4 m/s (d) ที่ความเร็วกระแสน้ำ 0.5 m/s

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันประมาณ 34% ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากค่าความปั่นป่วนของกระแสน้ำที่สูงขึ้น เมื่อปะทะกับใบกังหันทางต้นน้ำส่งผลให้เกิดการหักเห ทิศทางกระแสน้ำที่จะถ่ายเทพลังงานให้กับใบกังหันที่อยู่ ตำแหน่งท้ายน้ำ อย่างไรก็ตามที่ความเร็วกระแสน้ำที่มากขึ้นกลับทำให้แนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหัน ค่อนข้างคงที่ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 7(c) และ (d) และเมื่อ พิจารณาอิทธิพลของค่าความทึบของโรเตอร์พบว่าพบว่ ที่ค่าความทึบของโรเตอร์เท่ากับ 0.42 เป็นค่าที่สร้าง สัมประสิทธิ์กำลังได้สูงสุดในทุกๆค่าความเร็วกระแสน้ำ กังหันที่มีค่าความทึบของโรเตอร์ที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไป จะให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังลดลง จากผลการทดลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันจะลดลงในอัตราที่เร็วกว่า เมื่อค่า RTSR มากกว่า 0.6 สำหรับกังหันที่มีค่าความทึบ

ของโรเตอร์ 0.54 อาจจะเนื่องจากใบกังหันมีความกว้าง มากส่งผลให้มีค่าโมเมนต์ความเฉื่อยสูง นอกจากนี้ขนาด ความกว้างของใบกังหันที่มากยังส่งผลให้เกิดความ ปั่นป่วนของกระแสน้ำที่สูงขึ้นหักเหทิศทางของกระแสน้ำ ที่จะไหลเข้าปะทะกับใบกังหันทางด้านท้ายน้ำ

ผลการทดลองในเทอมของค่าแรงบิดสถิตต่อมุมเฟส (θ) ของโรเตอร์แสดงไว้ในรูปที่ 8 โดยทำการทดสอบที่ สภาพความเร็วในการไหลของน้ำ 0.3 m/s ผลการ ทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความทึบของโรเตอร์กังหันสูงขึ้น กังหันจะให้ค่าแรงบิดสถิตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อ ความเร็วของกระแสน้ำเพิ่มขึ้นค่าแรงบิดสถิตก็จะเพิ่มขึ้น เช่นกันในทุกๆค่าความทึบของโรเตอร์กังหันดังแสดงไว้ใน รูปที่ 9(a)และรูปที่ 9(b) กังหันน้ำต้นแบบชนิดนี้จะให้ค่า แรงบิดสถิตสูงสุดที่ตำแหน่งมุมเฟสของโรเตอร์อยู่ในช่วง

20 - 30 องศา เนื่องจากที่ตำแหน่งนี้หน้าของใบกังหันที่อยู่ตำแหน่งต้นน้ำและท้ายน้ำจะอยู่ในลักษณะที่ซ้อนเหลื่อมกันทำให้เกิดมีพื้นที่ในการรับแรงดันของกระแสน้ำมากที่สุด กระแสน้ำที่จะวิ่งเข้าปะทะกับใบกังหันที่อยู่ตำแหน่งท้ายน้ำถูกรบกวนน้อย ในขณะที่แรงบิดที่ต่ำที่สุดจะเกิดขึ้นเมื่อตำแหน่งมุมเฟสของโรเตอร์อยู่ในช่วง 45 - 55 องศา เนื่องจากที่ตำแหน่งมุมเฟสนี้หน้าของใบกังหันทางด้านต้นน้ำและท้ายน้ำอยู่ในลักษณะที่ซ้อนทับกันทำให้มีพื้นที่ในการรับแรงดันของกระแสน้ำน้อยที่สุด และกระแสน้ำที่จะวิ่งเข้าปะทะกับใบกังหันที่อยู่ตำแหน่งท้ายน้ำถูกรบกวนและมีความปั่นป่วนมากกว่า

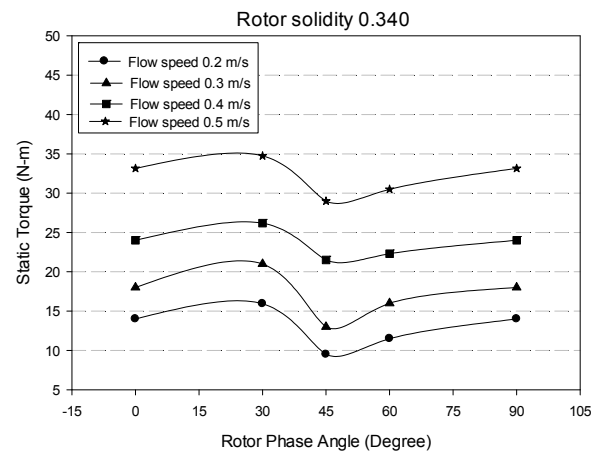


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์แรงบิดสถิตกับมุมเฟส(θ) ของโรเตอร์ ที่ค่าความทึบของโรเตอร์ค่าต่างๆ

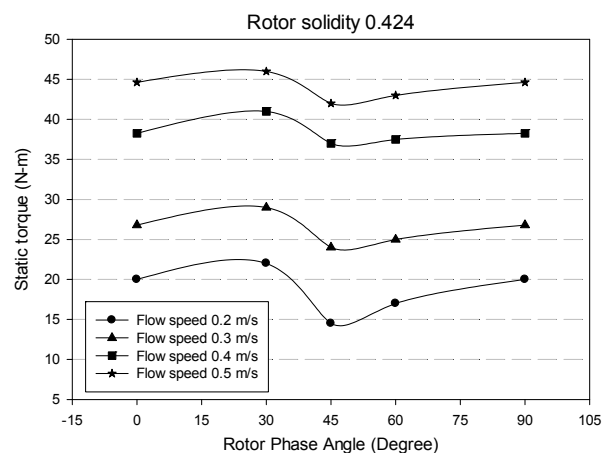
6. สรุป

ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์กำลังของกังหันน้ำแกนตั้งแบบใบปรับมุมพิทช์ได้อย่างต่อเนื่องต้นแบบ โดยทำการศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ต่างๆทำให้ทราบว่ากังหันน้ำชนิดนี้ให้สัมประสิทธิ์กำลังสูงสุดที่ค่า RTSR ค่อนข้างต่ำ แสดงว่ากังหันชนิดนี้มีความเร็วรอบในการหมุนต่ำซึ่งส่งผลให้ระดับเสียงดังรบกวน, การสั่นสะเทือนและการสึกหรอที่ต่ำลง ต้นแบบกังหันน้ำที่ออกแบบใหม่นี้ให้สัมประสิทธิ์กำลังสูงถึง 54% ที่ความเร็วกระแส 0.3 m/s สำหรับค่าความทึบของใบกังหันเท่ากับ 0.42 ค่าอัตราส่วนความเร็วปลายโรเตอร์เท่ากับ 0.66 ที่ความเร็วกระแสสูงและค่าความทึบของโรเตอร์สูงเพิ่มขึ้นกังหันจะให้ค่าแรงบิดสถิตสูงขึ้น ผลการทดลองทำให้ทราบว่าแม้จะใช้กับกระแสน้ำที่ความเร็วค่อนข้างต่ำกังหันก็สามารถเริ่มต้นการหมุนได้โดยไม่ต้องมีแรงจากภายนอกกระตุ้น ซึ่งทำให้สรุปได้ว่ากังหันน้ำที่ออกแบบใหม่นี้

เป็นกังหันน้ำที่มีสมรรถนะสูงสำหรับการผลิตกำลังเมื่อใช้กับแหล่งน้ำไหลที่มีความเร็วต่ำหรือแหล่งน้ำไหลที่มีระดับเฮดต่ำมากและข้อมูลจากการทดสอบต้นแบบนี้จะใช้เป็นข้อมูลขั้นพื้นฐานเพื่อไปใช้ในการพัฒนาในขั้นต่อไปเพื่อให้กังหันมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้กับแม่น้ำหรือคลองน้ำที่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีความใกล้เคียงกับสภาพใช้งานจริง



(a)



(b)

รูปที่ 9 ความสัมพันธ์แรงบิดสถิตกับมุมเฟส(θ) ของโรเตอร์ที่ความเร็วกระแสต่างๆ

(a) ที่ความทึบของโรเตอร์ 0.34

(b) ที่ความทึบของโรเตอร์ 0.42

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] 2015 Key World Energy Statistics, 2015, International energy agency (IEA), URL: https://www.iea.org/publications/freepublication/publication/KeyWorld_Statistics_2015.pdf
- [2] VijayaVenkataRaman, S., Iniyar, S. and Goic R. (2012). A review of climate change, mitigation and adaptation. *Renewable and sustainable Energy Rev*, vol. 16, October 2011, pp. 878-897.
- [3] Chong, H-Y. and Lam, W-H. (2013). Ocean renewable energy in Malaysia: The potential of the Straits of Malacca. *Renewable and sustainable Energy Rev.*, vol. 23, March 2013, pp. 169-178.
- [4] Lundin, M. and Leijon, M. (2010). Ocean energy. URL: <http://www.eusustel.be>, accessed on 22/07/2014.
- [5] Wikipedia, Renewable energy, URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy, accessed on 22/07/2014.
- [6] McAdam, R.A., Houlsby, G.T. and Oldfield, M.L.G. (2013). Experimental measurements of the hydrodynamic performance and structural loading of the Transverse Horizontal Axis Water Turbine: Part 1. *Renewable Energy*. Vol. 59, April 2013, pp. 105-114.
- [7] Date, A. and Akbarzadeh, A.(2010). Design and analysis of a split reaction water turbine. *Renewable Energy*. vol. 35, March 2010, pp. 1947-1955.
- [8] Williamson, S.J., Stark, B.H. and Booker J.D. (2014). Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis. *Renewable Energy*. vol. 61, July 2012, pp. 43-50.
- [9] Yang, B., and Shu, X.W. (2012). Hydrofoil optimization and experimental validation in helical vertical axis turbine for power generation from marine current. *Ocean Eng.* Vol. 42, January 2012, pp. 35-46.
- [10] Khan, M.J., Iqbal, M.T. and Quaicoe, J.E. (2008). River current energy conversion systems: Progress, prospects and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Rev.* Vol. 12, April 2007,
- [11] Golecha, K., Eldho, T.I. and Prabhu, S.V. (2011). Influence of the deflector plate on the performance of modified Savonius water turbine. *Applied Energy.*, Vol. 88, March 2011, 3207-3217
- [12] Hiraki, K., Nishida, K., Wakita, R., Takao, M. and Watanabe, T. (2013), Guide vanes for Darrieus Water turbine in Tidal Current. 20th to 22th International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'13). Bilbao (Spain) 2013.