

การออกแบบกังหันน้ำแบบสกรูอาคีเมดิสสำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก : กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าขนาดเล็กน้ำหมัน

Design of Archimedes Screw Turbines for Small Hydro Power Plant: Case Study of Namman Small Hydro Power Plant

วรณี มังคละศิริ* และสุทิน ปิตดาละโพธิ์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

จิตติ มังคละศิริ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Woranee Mungkalasiri* and Sutin Pidtalapho

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Jitti Mungkalasiri

National Metal and Materials Technology Center (MTEC), National Science and Technology

Development Agency (NSTDA), Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็นกระบวนการผลิตไฟฟ้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานสะอาดและไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ในการดำเนินงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำนั้น หลังจากที่มีผลิตรกระแสไฟฟ้าแล้วจะมีการปล่อยน้ำลงสู่ลำธารธรรมชาติ ซึ่งปริมาณน้ำที่ถูกปล่อยลงสู่ลำธารจะมีปริมาณเท่ากับน้ำที่ใช้ผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า ซึ่งน้ำเหล่านั้นยังคงมีพลังงานศักย์และพลังงานจลน์เหลืออยู่ที่สามารถนำกลับมาใช้เพื่อผลิตรกระแสไฟฟ้าได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาเพื่อออกแบบกังหันน้ำแบบสกรูอาคีเมดิสที่บริเวณทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ เพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำเหล่านั้นมาผลิตรกระแสไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมัน ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตั้งอยู่ที่จังหวัดเลย โดยจะคำนวณออกแบบกังหันน้ำแบบสกรูอาคีเมดิสเพื่อให้สามารถผลิตรกำลังไฟฟ้าได้สูงที่สุด พร้อมทั้งวิเคราะห์การไหลและการผลิตและประสิทธิภาพของกังหันจากการจำลองด้วยเทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (computational fluid dynamics, CFD) โดยใช้โปรแกรม ANSYS CFX ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงให้เห็น

ว่าการออกแบบเครื่องกังหันน้ำแบบสกรูอาร์คิมิดีส ชนิด 3 ใบพัด (b) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบกังหัน (D) 3 เมตร วางทำมุมเอียงกับแนวระนาบ (α) ที่ 25 องศา จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 60.36 กิโลวัตต์ และมีประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ 42.38 % (พิจารณาการดำเนินงานในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560) โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากการคำนวณทางทฤษฎีกับค่ากำลังผลิตไฟฟ้าที่ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) จะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะนำกังหันน้ำแบบสกรูอาร์คิมิดีสมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมัน

คำสำคัญ : การจำลองด้วยเทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ; การผลิตไฟฟ้า; กังหันน้ำแบบสกรูอาร์คิมิดีส; โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมัน

Abstract

Hydropower is harnessed to generate electricity because it is clean, environmentally friendly and non-polluting. After the generation of electricity, water is re-released from hydropower plants to the environment. The re-released water still retains both its potential and kinetic energy which can be used to generate further electricity. An Archimedes screw turbine can be placed at the water terrace to collect energy stored in water and convert it to electricity. This research focused on the design of the Archimedes screw turbine based on the data from the Provincial Electricity Authority's Namman small hydropower plant in Loei province, Thailand. Computational fluid dynamics (CFD) on ANSYS CFX program was used for the designing of the most efficient turbine. It was found that an Archimedes screw turbine with the following characteristics yielded the most promising result: three blades (b), each with a diameter (D) of 3 meter placed at an angle (α) of 25° to the horizontal plane. The water turbine was capable of generating maximum electricity of 60.36 kW and had a 42.38 % efficiency (the time of the study from May 2016 to February 2017). The generated power from the simulation was comparable to that calculated from the theory. Therefore, installation of Archimedes screw turbine is applicable at the Namman small hydro power plant.

Keywords: computational fluid dynamics; electricity production; Archimedes screw turbine; Namman small hydro power plant

1. บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ รวมถึงการประกอบกิจการธุรกิจต่าง ๆ ด้วยซึ่งความต้องการใช้ไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีและส่งผลทำให้

การใช้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปีเช่นกัน โดยการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังน้ำ เป็นกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งแหล่งพลังงานสะอาดที่ใช้พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของน้ำในการผลิตไฟฟ้า ไม่ก่อให้เกิดมลพิษและ

มลภาวะ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจึงควรมีการสนับสนุนเพื่อให้มีการสร้างโรงไฟฟ้าหรือผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำให้มากขึ้น เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบน้ำไหลผ่านตลอด (run of river hydro power plant) จะใช้ความแตกต่างของระดับน้ำบนพื้นที่ที่ต่างกันในการผลิตกระแสไฟฟ้าและปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถและประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า ได้แก่ ความสูงของระดับน้ำ (พลังงานศักย์, potential energy) ปริมาณการไหลของน้ำ (พลังงานจลน์, kinetic energy) รวมถึงชนิดของกังหันพลังน้ำ ปัจจุบันโรงไฟฟ้าพลังน้ำรูปแบบนี้อยู่ในความดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคซึ่งติดตั้งอยู่ในภาคเหนือ 5 แห่ง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2 แห่ง กำลังผลิตอยู่ที่ 90-6,000 กิโลวัตต์ โดยปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเครื่องกังหันสำหรับการผลิตไฟฟ้าไหลลงสู่ลำธารธรรมชาติมีปริมาณที่มาก ซึ่งมีศักยภาพของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ที่จะนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อเพิ่มกำลังผลิตได้อีกครั้ง กังหันน้ำสำหรับผลิตไฟฟ้านั้นมีหลายชนิด ซึ่งการเลือกชนิดของกังหันน้ำนั้นจะพิจารณาจากค่าความสูงของระดับน้ำ (head) ตัวอย่าง เช่น กังหันน้ำสกรูอาคิเมตีสจะเหมาะกับระดับน้ำที่ความสูงไม่เกิน 10 เมตร กังหันน้ำแบบฟรานซิสจะเหมาะกับระดับน้ำที่ความสูงไม่เกิน 350 เมตร และกังหันน้ำแบบเพลตันจะเหมาะกับระดับน้ำที่ความสูงไม่เกิน 1,300 เมตร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาวิธีการที่จะใช้ประโยชน์จากทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก โดยการออกแบบเครื่องกังหันพลังน้ำเพื่อติดตั้งที่ตำแหน่งทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้า และกังหันน้ำที่เหมาะสมกับอัตราการไหลน้ำและความสูงของน้ำในระดับต่ำ คือ กังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมตีส (Archimedes screw turbine) [1-2]

การศึกษางานวิจัยต่าง ๆ พบว่าในต่างประเทศ

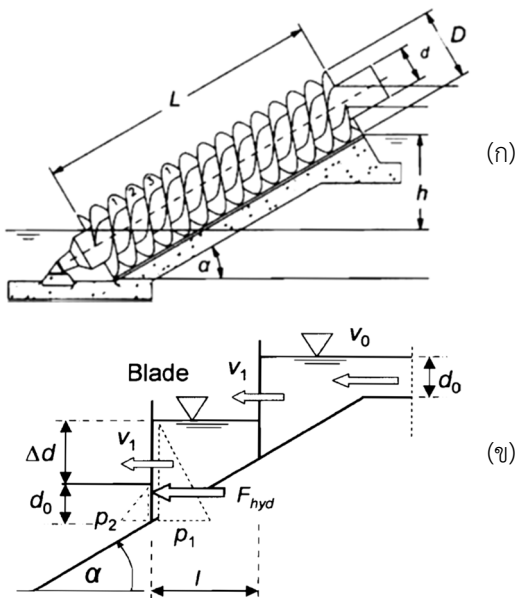
มีการประยุกต์ใช้เครื่องกังหันพลังน้ำแบบสกรูอาคิเมตีส เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับลำธารและทางน้ำไหลที่มีอัตราการไหลและความสูงของระดับน้ำต่ำ ๆ ซึ่งสามารถใช้งานได้ดี มีต้นทุนในการผลิตและติดตั้งต่ำ และยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาลักษณะองค์ประกอบภายในที่มีผลต่อประสิทธิภาพและกำลังผลิตไฟฟ้าของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมตีส โดยใช้ข้อมูลทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมัน จังหวัดเลย ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยที่ 1.81 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ความแตกต่างระดับความสูงทางปล่อยน้ำจนถึงผิวน้ำลำธาร 3.40 เมตร โดยศึกษาความเหมาะสมของการออกแบบการติดตั้งกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมตีสเพื่อผลิตไฟฟ้าจากน้ำที่ปล่อยออกจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กให้มีประสิทธิภาพและกำลังผลิตสูงสุด รวมทั้งเพื่อเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าให้กับโรงไฟฟ้าน้ำหมัน โดยในการออกแบบและติดตั้งเครื่องกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมตีสนั้นมีปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพและกำลังผลิต ได้แก่ องค์ประกอบภายนอก (ขนาดรัศมีภายนอกของกังหัน ความยาวของกังหันและมุมการติดตั้งกังหัน) และองค์ประกอบภายใน (ขนาดรัศมีภายในของกังหัน จำนวนใบของกังหัน และระยะห่างของใบกังหันแต่ละใบ) [3]

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครื่องกังหันพลังน้ำแบบสกรูอาคิเมตีสเป็นกังหันน้ำที่ใช้พลังงานจลน์ของน้ำในการขับเคลื่อนให้หมุนมีลักษณะเป็นสกรูที่อยู่ในรางเปิด เพลาจะต่อโดยตรงเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) สามารถทำงานได้ในสภาวะที่ความดันน้ำและมวลการไหลที่ต่ำ และใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่ากังหันชนิดอื่น [4] ซึ่งรางจะวางทำมุมเอียงกับแนวระดับและระยะห่างระหว่างใบสกรูจะมีผลกับประสิทธิภาพของระบบ [5]



รูปที่ 1 ทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก
น้ำหมัน



รูปที่ 2 (ก) ส่วนประกอบของกังหันแบบสกรูอาคิเมติส
(ข) ทิศทางการไหลของน้ำผ่านสกรู [6]

2.1 การออกแบบสกรูอาคิเมติสด้วยการ คำนวณทางทฤษฎี

การออกแบบเพื่อการติดตั้งเครื่องกังหัน
สกรูอาคิเมติสจะมีแนวคิดและทฤษฎีตามความสัมพันธ์
ของตัวแปรต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อหาค่ากำลัง
ผลิตหรือพลังงานที่ได้ตามสมการ ดังนี้ พลังงานที่ได้
จากการหมุนสกรูสามารถคำนวณตามสมการ

$$P_{\text{screw}} = b P_{\text{blade}} \quad (1)$$

โดย P_{screw} คือ พลังงานที่ได้จากสกรู (วัตต์), b คือ
จำนวนใบของสกรู, P_{blade} คือ พลังงานจากแต่ละ
เกลียวของสกรู (วัตต์) หาได้จากแรงของน้ำที่กระทำต่อ
ใบสกรูสามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$P_{\text{blade}} = F_{\text{hyd}} v_1 \quad (2)$$

โดย v_1 คือ ความเร็วของน้ำที่เข้าไปในสกรู (เมตรต่อ
วินาที), F_{hyd} คือ แรงจากน้ำ (นิวตัน) หาได้จากพื้นที่ที่
น้ำกระทำต่อเกลียวสกรู ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (3)

$$F_{\text{hyd}} = \frac{(d_0 + \Delta d)^2 - d_0^2}{2} \rho g \quad (3)$$

โดย d_0 คือ ความลึกต่ำสุดของระดับน้ำในช่องสกรู
(เมตร), Δd คือ ความต่างของระดับน้ำแต่ละในช่องสกรู
(เมตร), ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1,000
กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, g คือ ค่าความเร่งเนื่องจาก
แรงโน้มถ่วงโลก 9.81 เมตรต่อวินาที² โดยที่ความเร็ว
ของน้ำที่เข้าไปในสกรูสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$v_1 = \frac{d_0}{d_0 + \Delta d} v_0 \quad (4)$$

โดย v_0 คือ ความเร็วของน้ำเริ่มต้นที่ไหลเข้าสกรู (เมตร
ต่อวินาที), ค่าความลึกสูงสุดของระดับน้ำในช่องสกรู
(Δd) สามารถคำนวณได้จากสมการ (5) และ (6)

$$\Delta d = p \tan \alpha = \frac{L}{b} \tan \alpha \quad (5)$$

โดย p คือ ระยะพิทช์ (เมตร), α คือ องศาการวางสกรู
กับแนวระดับ, L คือ ความยาวสกรู (เมตร), b คือ
จำนวนเกลียวของสกรู หรือ

$$\Delta d = \frac{h}{b} \quad (6)$$

โดย h คือ ความสูงของระดับน้ำ (เมตร)

และประสิทธิภาพของกังหันพลังน้ำแบบสกรูเทียบกับพลังงานที่ได้จากน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการ (7)

$$\eta_{th} = \frac{P_{screw}}{P_{hyd}} \quad (7)$$

โดย η_{th} คือ ประสิทธิภาพของสกรู, P_{screw} คือ พลังงานที่ได้จากสกรู (เมตร), P_{hyd} คือ พลังงานที่ได้จากน้ำ (วัตต์) สามารถคำนวณได้จากสมการ (8)

$$P_{hyd} = \rho g Q h = \rho d_0 v_0 b \Delta d \quad (8)$$

โดย P_{hyd} คือ พลังงานที่ได้จากน้ำ (วัตต์), ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก 9.81 เมตรต่อวินาที², Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที), h คือ ความสูงของระดับน้ำ (เมตร), d_0 คือ ความลึกต่ำสุดของระดับน้ำในช่องสกรู (เมตร), v_0 คือ ความเร็วของน้ำเริ่มต้นที่ไหลเข้าสกรู (เมตรต่อวินาที), b คือ จำนวนเกลียวสกรู, Δd คือ ความต่างของระดับน้ำในช่องสกรู (เมตร)

สำหรับการออกแบบกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมตีสค่าที่ดีที่สุดของอัตราส่วนของรัศมีกังหัน (optimize radius ratio) [5] สามารถคำนวณได้จากสมการ (9)

$$\text{Optimize radius ratio} = R_i \div R_o \quad (9)$$

เมื่อ R_i คือ รัศมีของแกนกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมตีส (เมตร) ซึ่งสามารถหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนขับกังหันน้ำที่เหมาะสม (d_i) ได้จาก สมการที่ (10) และ R_o คือ รัศมีใบของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมตีส (เมตร) และจะสามารถหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกังหันที่เหมาะสม (D) ได้ดังสมการที่ (11)

$$d_i = R_i \times 2 \quad (10)$$

$$D = R_o \times 2 \quad (11)$$

ค่าที่ดีที่สุดของอัตราส่วนของระยะห่างของใบกังหัน (optimize pitch ratio) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (12)

$$\text{Optimize pitch ratio} = p \tan \alpha \div 2\pi R_o \quad (12)$$

เมื่อ p คือ ระยะห่างของใบกังหัน (pitch) ของใบกังหัน (เมตร), α คือ มุมในการวางกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมตีส (องศา), π มีค่าเท่ากับ 3.14 เมื่อได้ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของกังหันน้ำแบบสกรูตามต้องการก็สามารถหาโมเมนต์บิดของสกรู ได้จากสมการ (13)

$$\tau = p v g r \quad (13)$$

เมื่อ τ คือ โมเมนต์บิด (นิวตัน-เมตร, N-m), p คือ ความหนาแน่นของน้ำ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อลูกบาศก์เมตร), v คือ ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในหนึ่งรอบสกรู (ลูกบาศก์เมตร), g คือ ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 เมตรต่อวินาที²), r คือ รัศมีจากการหมุน (เมตร) โดยกำหนดรัศมีโดยจุดหมุนอยู่ระหว่างรัศมีแกนขับ (R_i) กับรัศมีของกังหัน (R_o)

ดังนั้นความสัมพันธ์ของกำลังงานที่ได้จากการหมุนของสกรู (P_{screw}) กับความเร็วรอบในการหมุนของสกรู (N) และโมเมนต์บิดของสกรู (τ) มีความสัมพันธ์กันดังสมการที่ (14)

$$P_{screw} = 2\pi N \tau \quad (14)$$

2.2 พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (computational fluid dynamics, CFD)

พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณหรือการออกแบบเชิงตัวเลข เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านพลศาสตร์ของไหล (fluid dynamic) สำหรับในงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ANSYS CFX ซึ่งจากโปรแกรมดังกล่าวสามารถจำลองการทำงานของกังหันน้ำได้เสมือนจริงเพื่อศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรมของน้ำที่กระทบกับกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมตีสและเป็นการวิเคราะห์การทำงานจริงของกังหันน้ำที่สภาพที่มีมวลการไหลของน้ำขณะนั้นเพื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์กับการคำนวณทางทฤษฎีเพื่อเป็นการ

อ้างอิงและการยืนยันการออกแบบกังหันน้ำแบบสกรู อาคิเมดิสสำหรับติดตั้งที่ทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

3. วิธีการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานั้นเป็นข้อมูลทางปล่อยน้ำทิ้งของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมัน ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตั้งอยู่ที่ อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย โดยมีขั้นตอนการศึกษาและวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมดิส ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำ (Q) ซึ่งมีค่าแปรผันตรงกับอัตราการไหลของการเดินเครื่องกังหันน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำน้ำหมัน, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหันน้ำแบบสกรู (D) ซึ่งกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกังหัน 3 ค่า คือ 2, 2.5 และ 3 เมตร ตามความเหมาะสมและขนาดของทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำน้ำหมัน จำนวนใบของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมดิส (b) จำนวน 1, 2 และ 3 ใบ เนื่องจากจะสามารถให้ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าที่ดีและน้ำหนักของกังหันไม่สูงมาก [2] มุมในการวางกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมดิส (α) สำหรับทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำน้ำหมันนั้นได้กำหนดไว้ 3 ค่า คือ 20° , 25° และ 30° ตามลำดับ เพื่อหาค่ากำลังผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพ

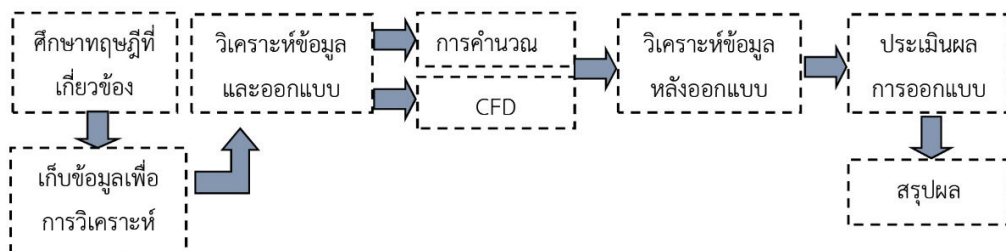
ของกังหันน้ำที่เหมาะสมที่จะสามารถติดตั้งที่ทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมันได้ โดยงานวิจัยนี้จะอ้างอิงการคำนวณค่าที่ดีที่สุดของอัตราส่วนของรัศมีกังหัน (optimize radius ratio) และค่าที่ดีที่สุดของอัตราส่วนของระยะห่างของใบกังหัน (optimize pitch ratio) ของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมดิส จากงานวิจัยของ Chris Rorres [5] ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1

4.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของอัตราการไหลของน้ำ (Q) ที่มีผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้า

เนื่องจากกำลังการผลิตแปรผันตรงกับปริมาณอัตราการไหลของน้ำ ดังนั้นจึงสามารถนำค่าอัตราการไหลของน้ำดังกล่าวมาใช้เพื่อศึกษาได้ ซึ่งค่าของอัตราการไหลของน้ำที่ศึกษาเป็นข้อมูลอ้างอิงมาจากการเดินเครื่องกังหันน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2559-2560 ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยลงสู่ลำธารนั้นมีปริมาณและอัตราการไหลเท่ากับการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า โดยปริมาณน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำน้ำหมันในแต่ละเดือนสามารถแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 2

4.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกังหันน้ำ (D) ที่มีผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพ

ข้อมูลค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกังหันที่คำนวณได้จากค่าที่ดีที่สุดของอัตราส่วนของรัศมี ดังแสดงในตารางที่ 1 สามารถนำมาคำนวณค่าตัวแปร



รูปที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกังหัน (D), รัศมีของกังหัน (R_o), เส้นผ่านศูนย์กลางของแกนขับเคลื่อน (d_i), รัศมีของแกนขับเคลื่อน (R_i), ระยะห่างของใบกังหัน (pitch, p) ที่สัมพันธ์กับจำนวนใบ 1, 2 และ 3 ใบ ตามลำดับ และมุมการวางกังหันที่ 20° , 25° และ 30° เมื่อเทียบกับอัตราส่วนที่ดีที่สุดของรัศมี และอัตราส่วนที่ดีที่สุดของระยะห่างของใบกังหัน

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) และระยะห่างของใบ (p) ที่เหมาะสมสำหรับมุมการวางกังหัน (α) = 20°, 25°, 30°												
จำนวนใบของกังหัน	อัตราส่วนรัศมีที่ดีที่สุด	ขนาดรัศมีของกังหันและแกนขับกังหัน (เมตร)		เส้นผ่านศูนย์กลางของกังหันและแกนขับ (เมตร)		อัตราส่วนระยะห่างของใบที่ดีที่สุด	มุมการวางกังหัน (α)			ระยะห่างของใบกังหัน, pitch (เมตร)		
		R _o	R _i	D	d _i		20°	25°	30°	20°	25°	30°
1	0.5358	1.00	0.5358	2.0	1.07	0.1285	0.36	0.47	0.58	2.24	1.73	1.40
		1.25	0.6697	2.5	1.34					2.80	2.16	1.75
		1.50	0.8037	3.0	1.61					3.36	2.60	2.10
2	0.5369	1.00	0.5369	2.0	1.07	0.1863	0.36	0.47	0.58	3.25	2.51	2.03
		1.25	0.6711	2.5	1.34					4.06	3.14	2.53
		1.50	0.8054	3.0	1.61					4.87	3.77	3.04
3	0.5357	1.00	0.5357	2.0	1.07	0.2217	0.36	0.47	0.58	3.87	2.99	2.41
		1.25	0.6696	2.5	1.34					4.83	3.73	3.02
		1.50	0.8035	3.0	1.61					5.80	4.48	3.62

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของน้ำที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำน้ำหมันในแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2559-2560

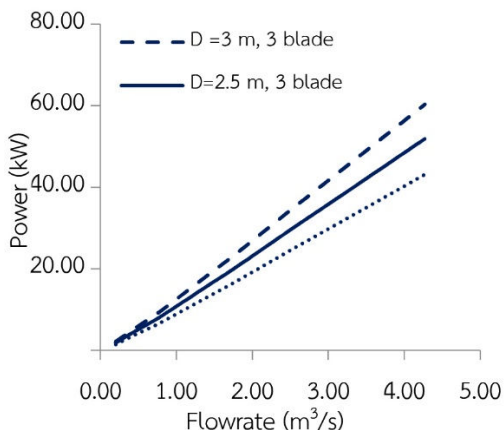
ปี	พ.ศ. 2559								พ.ศ. 2560	
เดือน	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
อัตราการไหล (m^3/s)	0.4	1.43	2.62	4.27	3.91	2.81	0.87	0.77	0.76	0.20

ต่าง ๆ สำหรับกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติสได้ โดยค่าอัตราการไหล (Q) จะอ้างอิงตามปริมาณน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมัน ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งค่าพลังงานที่ได้จากน้ำ (P_{hyd}) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (8) จากนั้นนำค่าพลังงานที่ได้ไปคำนวณหากำลังผลิตไฟฟ้าของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติส (P_{screw}) ตามสมการที่ (1) โดยงานวิจัยนี้จะศึกษาเปรียบเทียบผลของกำลังผลิตไฟฟ้ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ ของกังหันที่ออกแบบ ซึ่งจากข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้สามารถนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพ

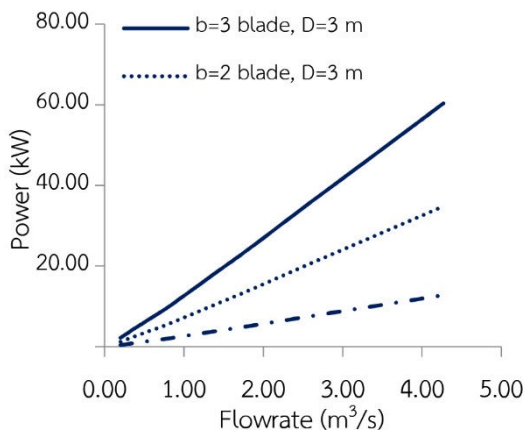
ภาพของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติส (η) ได้จากสมการที่ (7) โดยผลการศึกษาดังกล่าวของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกังหันน้ำที่มีผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าเมื่อกำหนดให้กังหันน้ำมีจำนวน 3 ใบ และวางทำมุม 25° กับแนวระดับ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหันขนาด 3 เมตร ให้กำลังผลิตที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 เมตร และ 2 เมตรเนื่องจากใบกังหันขนาด 3 เมตร สามารถรับปริมาณน้ำทั้งหมดที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าเพื่อมาผลิตไฟฟ้าได้ และ

เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่จะทำให้แรงบิดที่ได้เพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหันไม่ควรเกิน 4 เมตร เนื่องจากจะ

ทำให้กังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติสมีค่าประสิทธิภาพในการผลิตไม่เพิ่มขึ้นมากนักและยังทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษามากเกินไปอีกด้วย [3]



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและกำลังผลิตไฟฟ้าที่เส้นผ่านศูนย์กลางของกังหันขนาดต่าง ๆ



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและกำลังผลิตไฟฟ้าที่ใบของกังหันจำนวน 1, 2 และ 3 ใบ

4.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของจำนวนใบกังหันน้ำ (b) ที่มีผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพ

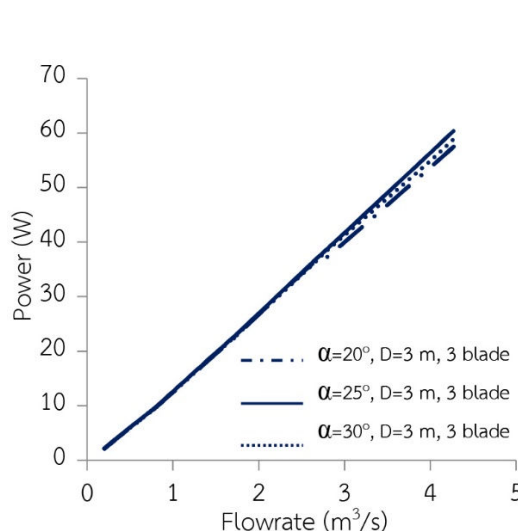
งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของจำนวนใบกังหันน้ำที่เหมาะสมกับทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมั่นเพื่อให้ได้กำลังการผลิตและประสิทธิภาพที่ดีที่สุด โดยกำหนดการศึกษาจำนวนใบกังหันน้ำแบบสกรูจำนวน 1, 2 และ 3 ใบ ตามลำดับ เนื่องจากจำนวนใบกังหันในช่วงนี้สามารถให้ค่ากำลังผลิตไฟฟ้าและค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุด [5] โดยผลการศึกษาอิทธิพลของจำนวนใบของกังหันน้ำแบบสกรูในกรณีที่กังหันน้ำมีขนาด 3 เมตร และวางมุม 25° กับแนวระดับ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 ซึ่งพบว่าจำนวนใบของกังหันจะสัมพันธ์กับกำลังผลิตที่ได้จากกังหันน้ำแบบสกรู ดังสมการที่ (1) และจะเห็นได้ว่าจำนวนใบของกังหัน 3 ใบ จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวน 1 และ 2 ใบ เนื่องจากจำนวน

กังหัน 3 ใบจะมีพื้นที่ของใบที่รับน้ำมากกว่าทำให้มีปริมาณน้ำเข้ามาในกังหันมากเมื่อมีจำนวนใบหรือจำนวนเกลียวของสกรูมากกว่าซึ่งจะทำให้ได้กำลังผลิตที่สูงกว่าจำนวนใบ 1 และ 2 ใบ

4.4 ผลการศึกษาอิทธิพลของมุมในการวางกังหันน้ำ (α) ที่มีผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพ

สำหรับมุมในการวางกังหันแบบสกรูในการออกแบบเครื่องกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติสนั้น จะกำหนดตามความเหมาะสมของพื้นที่ทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมั่น ซึ่งสามารถกำหนดได้ 3 ค่า คือ 20° , 25° และ 30° โดยผลการศึกษาอิทธิพลของมุมการวางกังหันน้ำแบบสกรูที่มีผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6 ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามุมในการวางกังหันทั้ง 3 ระดับ มีค่ากำลังผลิตที่

ใกล้เคียงกันเนื่องจากมุมในการวางกังหันน้ำแบบสกรุนั้นจะมีผลต่อขนาดความยาวของกังหันน้ำ (L) และความยาวนั้นจะมีผลกับระดับค่าความลึกสูงสุดของระดับน้ำในช่องสกรู (Δd) ซึ่งส่งผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าของกังหันน้ำดังแสดงในสมการที่ (5) โดยเมื่อขนาดของมุมการวางกังหันน้ำแบบสกรูลดน้อยลงจะทำให้ความยาวของกังหันน้ำแบบสกรูเพิ่มขึ้นและจะส่งผลให้ระยะห่างของใบ (p) เพิ่มขึ้นจึงทำให้พื้นที่รับน้ำในช่อง

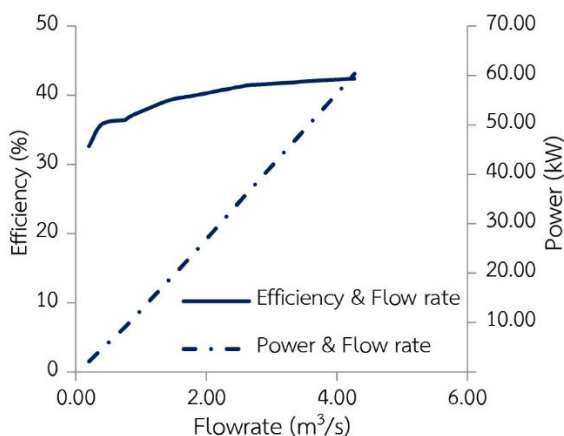


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและกำลังผลิตไฟฟ้าที่มุมวางกังหันค่าต่าง ๆ

4.5 การหาค่าที่ดีที่สุดของตัวแปรต่าง ๆ ในการออกแบบกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติสสำหรับโรงไฟฟ้าน้ำหมุนที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด

การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าเมื่อเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ อัตราการไหลของน้ำซึ่งเมื่ออัตราการไหลมากจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบกังหัน เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบเพิ่มมากขึ้นก็จะเพิ่มพื้นที่ในการรับน้ำได้มากขึ้นในกรณีนี้การเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก็ต้องเหมาะสมกับลักษณะพื้นที่ติดตั้งที่สามารถติดตั้งได้ด้วย

ของสกรูเพิ่มขึ้นและส่งผลให้กำลังผลิตไฟฟ้ามากขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 6 นั้นจะพบว่าที่อัตราการไหลมากกว่า 2.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m^3/s) การวางกังหันด้วยมุม 25° จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าที่มุมอื่นเล็กน้อย เนื่องจากที่มุม 25° นั้นจะมีค่าความลึกสูงสุดของระดับน้ำในช่องสกรู (Δd) สูงกว่ามุมอื่น (จากการคำนวณตามสมการที่ 5)



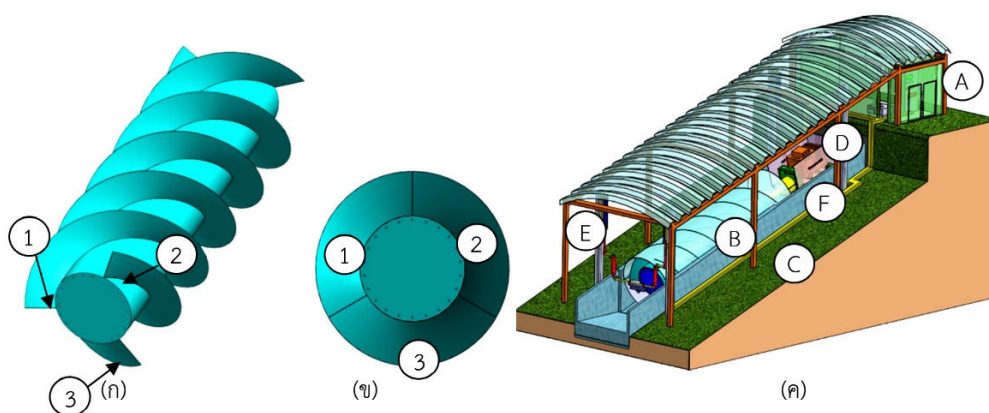
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่มีผลต่อประสิทธิภาพและกำลังผลิตไฟฟ้าของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติสที่ค่าที่ดีที่สุดของตัวแปร $D = 3$, $b = 3$, $\alpha = 25^\circ$

สำหรับทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำน้ำหมันจะเลือกขนาด 3 เมตร ส่วนจำนวนใบกังหันนั้น เมื่อจำนวนใบของกังหันเปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้ระยะห่างของใบกังหัน (p) เปลี่ยนไป โดยถ้าจำนวนใบมากระยะห่างของใบจะน้อยลง จำนวนช่องของการรับน้ำเพิ่มขึ้นแต่ขนาดของแต่ละช่องก็จะเล็กลงซึ่งค่าที่ดีที่สุดคือจำนวน 3 ใบ จะได้กำลังผลิตที่มากที่สุดสำหรับมุมในการวางกังหันน้ำ เมื่อมุมการวางกังหันเปลี่ยนแปลงจะส่งผลโดยตรงต่อความยาวของกังหันโดยที่มุมการวางมีค่ามากกังหันจะมีความยาวน้อย ซึ่งส่งผลต่อความเร็วของน้ำและพื้นที่ในการรับน้ำของกังหัน ในการศึกษาพบว่า

มุมการวางกังหันน้ำที่ทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าน้ำหมันที่ 25° จะให้กำลังผลิตที่มากที่สุด

ดังนั้นค่าการออกแบบตัวแปรที่ดีที่สุดของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติสทางสำหรับปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมัน คือ กังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติสที่มีจำนวนใบ (b) 3 ใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) 3 เมตร ที่วางทำมุม (α) 25° กับแนวระดับ และเมื่อนำค่าเหล่านี้มาคำนวณหาค่าของตัวแปรอื่น ๆ ที่เหมาะสมจะได้ ระยะห่างของใบกังหัน (p) 4.48 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของแกนขับ (d) 1.63 เมตร ความยาวของสกรู (L) 8.05 เมตร โดยผลการ

ศึกษาการออกแบบสกรูอาคิเมติสด้วยตัวแปรต่าง ๆ ข้างต้นจะได้ความสัมพันธ์ของกำลังผลิตไฟฟ้าและมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าได้ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งประสิทธิภาพและกำลังผลิตไฟฟ้าของกังหันน้ำจะมีค่าแปรผันตรงกับอัตราการไหลของน้ำโดยเมื่ออัตราการไหลของน้ำมีปริมาณมากจะทำให้ได้กำลังผลิตที่สูงและได้ค่าประสิทธิภาพของกังหันที่ดีด้วยนอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้เขียนแบบจำลองลักษณะทางกายภาพของกังหันน้ำสกรูอาคิเมติสพร้อมทั้งอุปกรณ์ในการติดตั้งเพื่อเป็นส่วนอ้างอิงในการออกแบบติดตั้งจริงได้ ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 (ก) ลักษณะทางกายภาพ 3 มิติ, (ข) ภาพด้านหน้าของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติส 3 ใบ และ (ค) แบบจำลองการติดตั้งเครื่องกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติสที่ทางปล่อยน้ำโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมัน

โดยรูปที่ 8ก และ 8ข แสดงลักษณะทางกายภาพ 3 มิติ และภาพด้านหน้าของกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติส 3 ใบ ซึ่งหมายเลขที่ 1,2,3 คือ ตำแหน่งของใบแต่ละใบ รูปที่ 8ค แสดงให้เห็นถึงลักษณะการติดตั้งเครื่องกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติสที่ทางปล่อยน้ำโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมันซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ ได้แก่ ตำแหน่ง A คือ ห้องควบคุมการเดินเครื่องกังหันน้ำ, B คือ ชุดกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมติสที่ออกแบบ, C คือ รางสายไฟและท่อน้ำมันไฮดรอลิกส์, D คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator), E

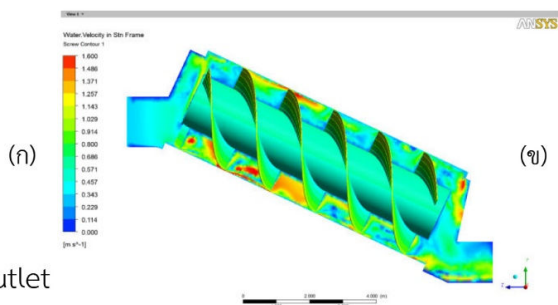
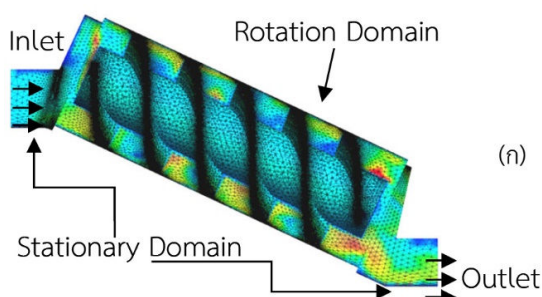
คือ ชุดแกนไฮดรอลิกส์ (hydraulics cylinder) สำหรับปรับระดับและมุมการวางกังหันน้ำ, F คือ ชุดเฟืองทดรอบ (gear box) และชุดเชื่อมต่อเพลา (shaft coupling)

4.6 การออกแบบกังหันพลังน้ำแบบสกรูอาคิเมติสด้วยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ANSYS CFX

การพิจารณาการออกแบบเชิงตัวเลข (computational fluid dynamics, CFD) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ANSYS CFX เพื่อเป็นการ

เปรียบเทียบผลลัพธ์ของกำลังผลิตไฟฟ้าที่ได้จากการออกแบบระหว่างการคำนวณทางทฤษฎีและการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเพื่อให้เห็นผลลัพธ์ของพฤติกรรมของน้ำที่กระทำต่อกังหันที่ออกแบบไว้เพื่อการพัฒนาขั้นต่อไป โดยงานวิจัยนี้จะพิจารณาค่าตัวแปรต่าง ๆ จากกำลังผลิตที่ดีที่สุดที่ออกแบบได้จากการคำนวณทางทฤษฎี คือ จำนวนใบของกังหันที่ออกแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) 3 เมตร จำนวน (b) 3 ใบ มุมการวางกังหันแบบสกรู (α) 25 องศา ระยะห่างของใบกังหัน (p) 4.48 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของแกนขับ (di) 1.63 เมตร และความยาวของสกรู (L) 8.05 เมตร ข้อมูลในการคำนวณ CFD อ้างอิงที่อัตราการไหลสูงสุด (Q) 4.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ความสูงของน้ำทางเข้า (d_o) 1.23 เมตร ความสูงของระดับน้ำ (h) 3.40 เมตร ซึ่งได้จากลักษณะข้อมูลทางกายภาพของทางปล่อยน้ำโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำห่มัน และความเร็วรอบของกังหันที่ (N) 6.5 รอบต่อนาที เมื่อนำค่าองค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้มาเขียนแบบสร้างโมเดล 3 มิติ ด้วยโปรแกรม ANSYS

CFX เพื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมของมวลของน้ำที่กระทำกับกังหันซึ่งส่งผลให้เกิดแรงบิดของกังหันสำหรับนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีการป้อนค่าคำสั่งและกำหนดการพิจารณาการคำนวณในโปรแกรมเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่กับที่ (stationary domain) และส่วนที่หมุน (rotation domain) โดยมีการกำหนดขนาดของเอลิเมนต์ทั้งสองส่วนเป็นแบบอัตโนมัติ ซึ่งประกอบไปด้วยจำนวนโหนดประมาณ 1,924,000 โหนด และกำหนดปริมาณการคำนวณในโปรแกรมเป็นรูปทรงปริมาตรฐานสามเหลี่ยม (tetrahedral element) ประมาณ 10,360,000 เอลิเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งแสดงเขตสีความเร็วของน้ำที่เกิดขึ้นกับใบของกังหันน้ำจะพบว่าความเร็วของน้ำที่มากที่สุดจะเกิดที่บริเวณขอบและด้านล่างของใบกังหัน ซึ่งเขตสีโทนน้ำเงินเข้มถึงเขียวอ่อนหมายถึงบริเวณที่มีความเร็วของน้ำต่ำและเขตสีเขียวเข้มถึงสีแดงเข้มหมายถึงบริเวณที่มีความเร็วของน้ำสูง จากข้อมูลในภาพสามารถนำมาใช้คาดคะเนความเสียหายที่อาจเกิดกับใบกังหันน้ำแบบสกรูอาคิเมตีสได้



รูปที่ 9 การศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำในสกรูอาคิเมตีสที่ทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำห่มัน ด้วยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ANSYS CF

นอกจากนี้การศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีทางทฤษฎี ด้วยสมการในหัวข้อ 2.1 กับวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) ด้วย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ANSYS CFX พบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยผลจากการคำนวณทางทฤษฎีจะได้ค่าแรงบิดของกังหันที่ 70.73 กิโลนิวตัน-เมตร กำลังผลิต 60.36 กิโลวัตต์

ประสิทธิภาพ 42.38 % และจากการวิเคราะห์ CFD ได้แรงบิด 68.44 กิโลนิวตัน-เมตร กำลังผลิต 58.86 กิโลวัตต์ ประสิทธิภาพ 42.33 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการคำนวณออกแบบกังหันน้ำ ด้วยวิธีทางทฤษฎีมีความถูกต้องเชื่อถือได้

5. สรุป

ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่ากังหันน้ำแบบสกรูอาคีมิดีสที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งที่ทางปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมันที่สามารถให้กำลังผลิตไฟฟ้ามากที่สุด คือ กังหันจำนวน (b) 3 ใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) 3 เมตร ที่ค่าของมุมการวางกังหัน (α) 25 องศา ซึ่งสามารถคำนวณหาระยะห่างของใบกังหัน (p) ได้ 4.48 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของแกนขับกังหัน 1.61 เมตร และความยาวของสกรู (L) เท่ากับ 8.05 เมตร โดยผลการศึกษาจากการคำนวณทางทฤษฎีพบว่าอัตราการใช้พลังงานน้ำสูงสุดที่ 4.27 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีที่กังหันน้ำแบบสกรูอาคีมิดีสที่ออกแบบไว้จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุดที่ 60.36 กิโลวัตต์ และมีประสิทธิภาพ 42.38 % (ไม่รวม

การสูญเสียเนื่องจากชุดแรงทดและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) และเมื่อนำผลการออกแบบกังหันน้ำแบบสกรูอาคีมิดีสดังกล่าวมาจำลองด้วยการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (CFD) ผลจากการศึกษาพบว่าผลการคำนวณเชิงตัวเลขและคำนวณทางทฤษฎีจะได้กำลังผลิตไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันโดยผลจากการคำนวณทางทฤษฎีได้แรงบิดของกังหันที่ 70.73 กิโลนิวตัน-เมตร กำลังผลิต 60.36 กิโลวัตต์ ประสิทธิภาพ 42.38 % และจากการวิเคราะห์ CFD จะได้แรงบิด 68.44 กิโลนิวตัน-เมตร กำลังผลิต 58.86 กิโลวัตต์ ประสิทธิภาพ 42.33 % ซึ่งกำลังการผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพที่คำนวณได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงถึงความถูกต้องและแม่นยำในการออกแบบการติดตั้งกังหันน้ำแบบสกรูอาคีมิดีส เนื่องจากการจำลองทาง CFD ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นโปรแกรมการจำลองการทำงานของกังหันน้ำที่เสมือนจริง และค่ากำลังไฟฟ้าจากการออกแบบที่ได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงของกังหันน้ำมากที่สุด ซึ่งหมายความว่าผลการออกแบบกังหันน้ำแบบสกรูอาคีมิดีสนี้สามารถนำไปใช้งานติดตั้งเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าที่สถานที่ดังกล่าวข้างต้นได้จริง

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าของแรงบิด กำลังผลิตไฟฟ้า และประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบสกรูอาคีมิดีส ระหว่างการคำนวณด้วยทฤษฎีกับผลที่ได้จากการคำนวณพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD)

อัตราการไหล ของน้ำ (m^3/s)	ความเร็วรอบของ กังหัน (RPM)	แรงบิดของกังหัน (kN-m)		กำลังการผลิต (kW)		ประสิทธิภาพกังหัน (%)	
		ทฤษฎี	CFD	ทฤษฎี	CFD	ทฤษฎี	CFD
4.27	6.5	70.73	68.44	60.36	58.86	42.38	42.33

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และขอขอบคุณ โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กน้ำหมัน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

7. รายการอ้างอิง

- [1] Fiardi, E., 2014, Preliminary design of Archimedean screw turbine prototype for remote area power supply, J. Ocean Mechan. Aerosp. 5: 30-33.

-
- [2] Rohmer, J., Knittel, D., Sturtzer, G., Flieller, D. and Renaud, J., 2016, Modeling and experimental results of an Archimedes screw turbine, *Renew. Energy* 94: 136-146.
- [3] Raza, A., Mian, M.S. and Saleem, Y., 2013, Modeling of Archimedes turbine for low head hydro power plant in Simulink MATLAB, *Int. J. Eng. Res. Technol.* 2: 2471-2477.
- [4] Dada, O.M., Daniyan, I.A. and Adaramola, O.O., 2014, Optimal design of micro hydro turbine (Archimedes screw turbine) in Arintawater fall in Ekiti State, Nigeria, *Res. J. Eng. Appl. Sci.* 4: 34-38.
- [5] Rorres, C., 2000, The turn of the screw: Optimal design of an Archimedes screw, *J. Hydraul. Eng.* 126: 72-80.
- [6] Muller, G. and Senior, J., 2009, Simplified theory of Archimedean screws, *J. Hydraul. Res.* 47: 666-669.