

การศึกษาวาล์วควบคุมการไหลของน้ำที่เหมาะสมต่อการผลิตไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กด้วยแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ THE STUDY OF SUITABLE WATER FLOW CONTROL VALVE FOR POWER GENERATION OF MICRO POWER PLANTS BY CFD

วันที่รับ: 10 มิถุนายน 2564

วันที่แก้ไข: 22 กรกฎาคม 2564

วันที่ตอบรับ: 11 ตุลาคม 2564

มนต์ชัย ทิรวารชัย^{1*} และ ธเนศ ไชยชนะ¹

Monchai Thiwaworachai^{1*} and Tanate Chaichana¹

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author e-mail: monchaith@hotmail.com



บทคัดย่อ

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่สามารถพัฒนาได้ง่ายในพื้นที่ชุมชนที่มีศักยภาพพลังงานน้ำในปริมาณต่ำและเป็นโรงไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยเพราะเป็นพลังงานสะอาดและปราศจากมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยกังหันน้ำที่เหมาะสมจะเป็นกังหันน้ำแบบแรงกระแทกที่มีการต่อท่อน้ำผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหลและฉีดเข้าไปยังใบพัดของกังหัน งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาชนิดของวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่เหมาะสมต่อการผลิตไฟฟ้าของโรงผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก และศึกษาระยะห่างและเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็ก โดยได้ทำการศึกษาแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ และการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจริงกับกังหันน้ำแบบเพลตันขนาดเล็ก (5 kW) โดยได้กำหนดชนิดของวาล์วควบคุมอัตราการไหล 3 ชนิด คือ วาล์วลิ้นปีกผีเสื้อ (Butterfly valve) บอลวาล์ว (Ball valve) และโกลบวาล์ว (Globe valve) กำหนดเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วจำนวน 5 ค่า คือ 20, 40, 60, 80 และ 100% และระยะห่างระหว่างวาล์วกับใบพัดของกังหันจำนวน 3 ค่า ที่ระยะ 100 มิลลิเมตร, 200 มิลลิเมตร และ 300 มิลลิเมตร ผลการศึกษาพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณพบว่า วาล์วที่เหมาะสมคือวาล์วชนิดบอลวาล์ว ซึ่งให้ลักษณะการไหลของน้ำที่คงที่มีความปั่นป่วนของการไหลน้อยที่สุด และจากการทดลองผลิตไฟฟ้าจริง พบว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ย 4.82 kW คิดเป็นสมรรถนะการทำงานของกังหันน้ำที่ 96.4% ที่การติดตั้งวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดบอลวาล์วในระยะห่างวาล์วกับใบพัดของกังหันน้ำ 200 มิลลิเมตร และอัตราการไหลของน้ำที่ 80% ของอัตราการไหลสูงสุดที่ผ่านวาล์ว จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าไม่จำเป็นต้องเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลเต็ม 100% ในการผลิตไฟฟ้านั้นก็หมายความว่าสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ

ของการใช้น้ำได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในการปล่อยน้ำเข้าสู่กังหันน้ำ
ได้โดยที่สามารถให้กำลังการผลิตไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก, วาล์วควบคุมอัตราการไหล, พลศาสตร์
ของไหลเชิงคำนวณ



Abstract

Micro-power plants are hydropower plants that can be easily developed in communal areas. It can operate with low hydropower potential and is less impactful on the environment because it is clean energy and free of pollution to the environment. The suitable water turbine of micro-power plants is an impact turbine. Water is injected into the turbine blade controlled by water pipes and a flow control valve. This research has studied the types of flow control valves that are suitable for the power generation of micro power plants and studied the distance and percentage of flow control valve opening that affect the power generation efficiency of micro power plants. The study was done by using the computational fluid dynamics studies and power generation by 5 kW Pelton type of water turbine. Three types of flow control valves are defined butterfly valve, ball valve, and globe valve. The percentage of valve opening is set to 5 values 20, 40, 60, 80, and 100 percent, and the distance between the valve and the turbine impeller is values of 100 mm, 200 mm, and 300 mm. The study showed that the ball valve is a suitable type for controlling water flow rate, it can provide stable water flow characteristics with minimal flow turbulence. In the actually power generation experiment, it was found that the average power generation was 4.82 kW, representing 96.4% of the performance of the water turbine. The suitable distance between the valve and the impeller of the turbine is 200 mm. Water flows at 80% of the maximum flow through the valve is optimal. From this study it can be seen that the flow control valve does not need to be fully opened (100%) to generate electricity, meaning it can improve to save water. Therefore, it is a guideline to use in the discharge of water into the turbine with the most efficient power output.

Keywords: Pico Hydro Generator, Flow Control Valve, Computation Fluid Dynamic

บทนำ

การใช้น้ำเป็นพลังงานหมุนเวียนเพื่อการผลิตไฟฟ้า สำหรับประเทศไทยได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ แต่ด้วยปัจจุบันการพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานขนาดใหญ่ในประเทศดำเนินการได้ยาก อันเนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศและแหล่งของศักยภาพพลังงานน้ำมีน้อยลง การผลิตไฟฟ้าในรูปแบบไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากและขนาดเล็ก (กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในระดับชุมชน และพื้นที่ชนบทห่างไกลที่ยังขาดโอกาสเข้าถึงไฟฟ้า อีกทั้งการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กและขนาดเล็กยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยเพราะเป็นพลังงานสะอาดและปราศจากมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ไม่จำเป็นที่จะต้องสร้างอ่างเก็บน้ำหรือสิ่งกีดขวางทางน้ำ จึงทำให้สามารถดำเนินการพัฒนาได้ง่าย เป็นประโยชน์ต่อคุณภาพชีวิตของชาวบ้านในหลายด้าน อาทิ ด้านการศึกษา สาธารณสุข และการสร้างอาชีพ ทั้งนี้ด้วยภูมิประเทศสำหรับพื้นที่ห่างไกลส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นภูเขา หุบเขา ที่มีทรัพยากรธรรมชาติ ป่าไม้ ต้นน้ำ จึงสามารถใช้ทรัพยากรที่มีเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุดและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และในทางเทคนิคอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กนั้นสามารถใช้งานได้เกิน 10 ปี (กระทรวงพลังงาน, สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2563) การออกแบบ ติดตั้ง บำรุงรักษา ไม่ยุ่งยาก สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ต่าง ๆ ให้กับคนในพื้นที่ได้ สามารถเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทันที การพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากหรือขนาดเล็กในพื้นที่ชนบทห่างไกลจึงมีความเหมาะสมเพื่อส่งเสริมความก้าวหน้าของท้องถิ่น

โรงไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทยที่มีอยู่ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตมากกว่า 6,000 กิโลวัตต์ โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตระหว่าง 200–6,000 กิโลวัตต์ และโรงผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กซึ่งมีกำลังการผลิตไม่เกิน 200 กิโลวัตต์ (กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) โดยมีส่วนประกอบของระบบหลัก ได้แก่ แหล่งน้ำป้อน (Water Supply) แหล่งเก็บน้ำ (Reservoir) ท่อส่งน้ำ (Penstock Pipe) วาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำ (Flow Control Valve) กังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Turbine and Generator) ซึ่งกังหันน้ำมีอยู่หลายชนิด ทั้งนี้การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับระดับหัวน้ำและสภาพการไหลของแต่ละพื้นที่ โดยกังหันเพลตันเป็นกังหันแบบแรงกระทบประเภทหนึ่งที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีหัวน้ำสูงและอัตราการไหลของน้ำต่ำ เป็นกังหันที่หมุนโดยอาศัยแรงฉุดของน้ำจากท่อส่งน้ำที่รับน้ำจากที่สูง ซึ่งจากการศึกษาหลาย ๆ งานวิจัย ได้ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำ เพื่อพัฒนาให้ระบบผลิตไฟฟ้ามีประสิทธิภาพ

ที่สูงขึ้น เช่น การใช้ระบบพลูเออร์สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันเพลตัน ซึ่งพบว่ากังหันที่เชื่อมต่อกับระบบพลูเออร์ที่ความเร็วรอบต่ำมีกำลังไฟฟ้าที่ผลิตสูงกว่าเมื่อเทียบกับกังหันที่เชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Yahya, Munim, & Othman, 2014) การใช้ระบบ IoT (Internet of Things) ที่สามารถตรวจสอบปัญหาด้วยการติดตั้งระบบเซนเซอร์วัดระดับน้ำ อัตราการไหล และค่าความเป็นกรดต่างของน้ำที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของกังหัน (Fortaleza, Juan, & Tolentino, 2018) และการนำเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) มาช่วยในการจัดการพลังงานไฟฟ้า (ภาคิน มณีโชติ, วัชรระ วงศ์ปัญญา, และ บุญวัฒน์ วิจารย์พล, 2563) ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าได้ อุปกรณ์หนึ่งที่สำคัญที่นักวิจัยให้ความสนใจ คือ หัวฉีดน้ำแรงดันสูงสำหรับฉีดน้ำเข้าใบกังหัน โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองของ Mansouri เพื่อจำลองการกระจายการกัดเซาะแบบไม่สมมาตรบนพื้นผิวหัวฉีดที่เกิดจากการไหลของกระแสน้ำวนส่งผลให้การกัดเซาะในพื้นที่ไหลเพิ่มขึ้น (Guo, Xiao, Rai, Zhang, & Liang, 2020; Din, & Harmain, 2020) รวมถึงการนำวิธีสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณมาใช้ในการวิจัย (Choi, Jung, & Shin, 2015; Zidonis, Petley, Benzon, Panagiotopoulos, Anagnostopoulos, & Papantonis, 2017; Jeon, Park, Shin, & Choi, 2018) โดยมีการศึกษารูปแบบของสเปียร์วาล์วที่มีลักษณะเป็นหัวหอกใช้เพื่อการเพิ่มแรงดันน้ำ มุมหรือความชันของหัวหอกที่ออกแบบเทียบกับการออกแบบตามมาตรฐานและพบว่าประสิทธิภาพสูงกว่า ระยะหัวหอกกับท่อด้านนอกซึ่งทำให้เกิดช่องว่างระหว่างการไหลของน้ำผ่านหัวฉีด เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของวาล์วและท่อการกระจายความเร็วและความดัน และการสูญเสียพลังงาน เป็นต้น และ (Gupta, Prasad, & Khare, 2014) ศึกษาลักษณะรูปทรงของท่อหัวฉีดแบบต่าง ๆ ได้แก่ ท่อวงกลม สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงรี ซึ่งพบว่าท่อวงกลมที่ฉีดน้ำเข้ากังหันมีประสิทธิภาพสูงสุดเนื่องจากมีการไหลแบบราบเรียบ ต่างจากท่อที่มีขอบแหลม

นอกจากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว รูปแบบวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำยังเป็นตัวแปรสำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกลกรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติในการผลิตเป็นพลังงาน บทความวิจัยนี้จึงได้ศึกษารูปแบบวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำชนิดต่าง ๆ รวมถึงเปอร์เซ็นต์การเปิด-ปิดวาล์ว (อัตราการไหล) และระยะห่างระหว่างวาล์วควบคุมอัตราการไหลกับใบกังหันน้ำ ที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองการไหลของระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics: CFD) และการทดสอบการผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 kW

ทั้งนี้ผลของการวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับการเลือกวาล์วควบคุมอัตราการไหลและการปล่อยน้ำเข้าสู่กังหันน้ำขนาดเล็ก ซึ่งมีการติดตั้งและใช้งานในพื้นที่หมู่บ้านต่าง ๆ ในพื้นที่สูงที่มีแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่ไม่สามารถสร้างสิ่งก่อสร้างเพื่อกักเก็บและเก็บน้ำได้ เช่นในพื้นที่การทำเกษตรโดยอาศัยพลังงานทดแทน อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งปัจจุบันมีการติดตั้งกังหันน้ำขนาดเล็กจำนวน 3 ตัว เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าสำหรับการทำเกษตรในพื้นที่ เป็นต้น



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษานิตของวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่เหมาะสมสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก
2. เพื่อศึกษาระยะห่างและเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก



วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องของอิทธิพลของวาล์วควบคุมอัตราการไหลต่อประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก จะทำการทดสอบประสิทธิภาพโดยแบ่งการดำเนินการวิจัยเป็น 2 ส่วนหลัก และมีการกำหนดตัวแปรในการวิจัยดังนี้

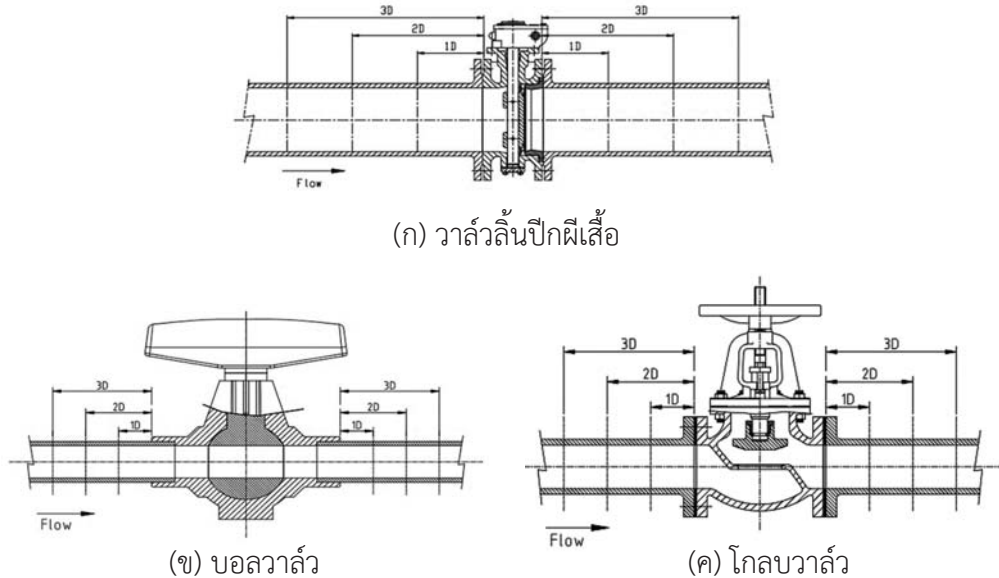
การทดสอบเงื่อนไขที่ 1 ทดสอบชนิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า

- กำหนดชนิดของวาล์วควบคุมอัตราการไหล 3 ชนิด คือ วาล์วลิ้นปีกผีเสื้อ (Butterfly Valve) บอลวาล์ว (Ball Valve) และโกลบวาล์ว (Globe Valve)
- กำหนดเปอร์เซ็นต์ของการเปิดวาล์วคงที่ 100%
- กำหนดระยะห่างระหว่างติดตั้งวาล์วควบคุมอัตราการไหลกับใบกังหันน้ำคงที่ที่ระยะ 100 มิลลิเมตร (1D)
- กำหนดเฮดน้ำคงที่เท่ากับ 10 เมตร

การทดสอบเงื่อนไขที่ 2 ทดสอบเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วและระยะห่างระหว่างวาล์วกับกังหันน้ำ

- กำหนดชนิดของวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงสุดจากเงื่อนไขการทดสอบที่ 1
- กำหนดเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วจำนวน 5 ค่า คือ 20, 40, 60, 80 และ 100%

- กำหนดระยะห่างระหว่างการติดตั้งวาล์วควบคุมอัตราการไหลกับใบกังหันน้ำจำนวน 3 ค่า ที่ระยะ 100 มิลลิเมตร (1D), 200 มิลลิเมตร (2D) และ 300 มิลลิเมตร (3D) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพวาล์วควบคุมอัตราการไหลรูปแบบต่าง ๆ

จากเงื่อนไขของการวิจัยและรูปที่ 1 ขั้นตอนการออกแบบและทดสอบสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ออกแบบการทดลอง กำหนดขนาดพิกัดกำลังการผลิตไฟฟ้าโดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและความต้องการของชุมชน
2. กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองดังเงื่อนไขของการวิจัยข้างต้น และตั้งสมมติฐานการไหลของน้ำเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) ผ่านท่อและวาล์วควบคุมอัตราการไหล
3. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบการไหล โดยจำลองการไหลของน้ำผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหล และท่อสองเส้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเท่ากับขนาดวาล์วควบคุมอัตราการไหล ซึ่งมีความยาวเป็น 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ โดยเชื่อมต่อที่ต้นน้ำและท้ายน้ำของวาล์วควบคุมอัตราการไหล และการจำลองเชิงคณิตศาสตร์ โดยการกำหนดขนาดของโดเมนในการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเพื่อจำลองรูปแบบการไหลด้วยการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) โดยเงื่อนไขขอบเขตที่ใช้สำหรับการจำลองรูปแบบพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการวิจัยนี้ คือ เงื่อนไขขอบเขตทางเข้า (Inlet Boundary

Condition) เลือกใช้เป็นความดันสถิตยศาสตร์ (Static Pressure) และเงื่อนไขขอบเขตทางออก (Outlet Boundary Condition) เลือกใช้เป็นความดันแวดล้อม (Environment Pressure)

4. สร้างแบบจำลองการไหลของระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS Flow Simulation จะทำการวิเคราะห์ชิ้นงานโดยการแก้สมการนาเวียร์-สโตกส์ ร่วมกับการใช้สมการอื่น ๆ ได้แก่ สมการอนุรักษ์พลังงาน สมการความต่อเนื่อง และสมการโมเมนตัม มาร่วมในการแก้ปัญหา โดยในโปรแกรม SOLIDWORKS Flow Simulation จะทำโดยใช้ Wizard กำหนดรูปแบบต่าง ๆ จากนั้นโปรแกรมจะเลือกสมการมาใช้เองอัตโนมัติ และกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ การแก้สมการโดยอาศัยระเบียบวิธีทำซ้ำ (Iteration) โดยกำหนดเป้าหมายเป็นแบบเป้าหมายโดยภาพรวมทั้งชิ้นงาน (Global Goal) โปรแกรมจะทำตามขั้นตอนดังนี้ รับเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น ทำการแก้สมการโมเมนตัม แก้สมการตรวจสอบค่าความดันเพื่อทำการปรับให้สอดคล้องกับสมการความต่อเนื่อง แก้สมการแบบจำลองการไหล และตรวจสอบการลู่เข้าหาผลเฉลย

5. วิเคราะห์ผลกระทบของรูปแบบวาล์วชนิดต่าง ๆ เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว และระยะห่างระหว่างการติดตั้งวาล์วควบคุมอัตราการไหลกับใบกังหันน้ำต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก โดยใช้สมการดังนี้

$$P = \frac{\gamma Q H \eta}{1000}$$

และ

$$Q = A v$$

เมื่อ	P	คือ	กำลังไฟฟ้าศักยภาพ (kW)
	γ	คือ	น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (9,806 N/m ³)
	Q	คือ	อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m ³ /s)
	H	คือ	พลังงานศักย์สุทธิ (m)
	η	คือ	ประสิทธิภาพรวมของกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (-)
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของท่อ (m ²)
	v	คือ	ความเร็วของการไหล (m/s)

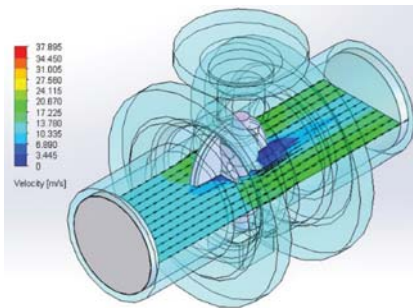


ผลการวิจัย

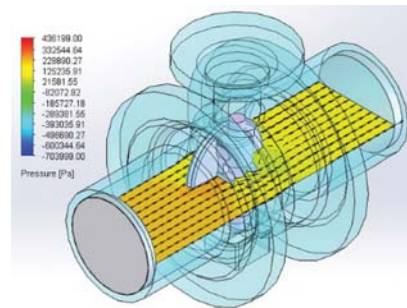
1. ผลการทดสอบชนิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า

ผลการทดสอบชนิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2-4 ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลของการใช้โปรแกรมในการศึกษาลักษณะการไหลของน้ำผ่านวาล์ว 3 ชนิด คือ วาล์วลิ้นปีกผีเสื้อ (Butterfly Valve) บอลวาล์ว (Ball Valve) และ โกลบวาล์ว (Globe Valve) และกำหนดค่าคงที่ในการทดสอบคือ กำหนดเปอร์เซ็นต์ของการเปิดวาล์วคงที่ 100% กำหนดระยะห่างระหว่างการจัดตั้งวาล์วควบคุมอัตราการไหลกับใบกังหันน้ำคงที่ที่ระยะ 100 มิลลิเมตร (1D) และกำหนดเฮดน้ำคงที่เท่ากับ 10 เมตร

เมื่อได้ค่าความเร็วของน้ำและค่าความดันของน้ำที่ได้จากการใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ไหลมาทำประเมินปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยใช้กังหันน้ำแบบเพลดันขนาดจิว (5 kW) ก็พบว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้อยู่ในช่วง 2.14–3.12 kW ดังแสดงผลในตารางที่ 1

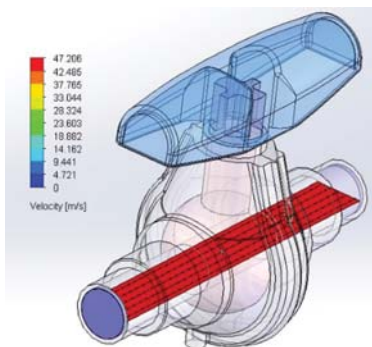


(ก) การกระจายความเร็วของน้ำ

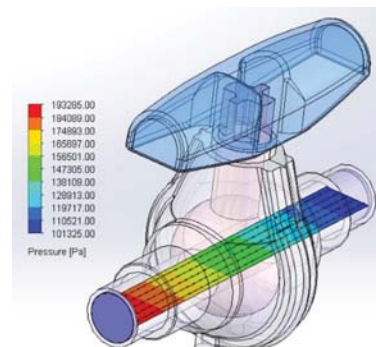


(ข) การกระจายความดันของน้ำ

รูปที่ 2 การกระจายความเร็วและความดันของน้ำผ่านวาล์วแบบวาล์วลิ้นปีกผีเสื้อ

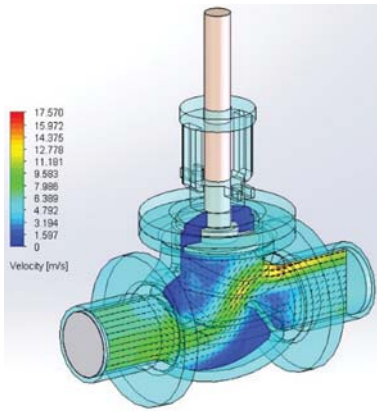


(ก) การกระจายความเร็วของน้ำ

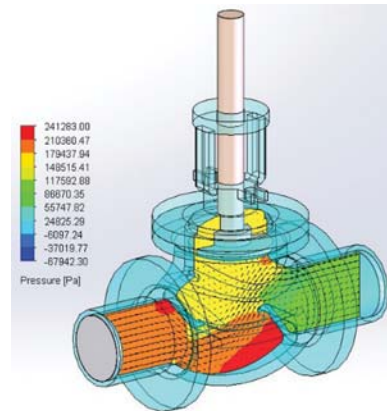


(ข) การกระจายความดันของน้ำ

รูปที่ 3 การกระจายความเร็วและความดันของน้ำผ่านวาล์วแบบบอลวาล์ว



(ก) การกระจายความเร็วของน้ำ



(ข) การกระจายความดันของน้ำ

รูปที่ 4 การกระจายความเร็วและความดันของน้ำผ่านวาล์วแบบโกลบวาล์ว

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าด้วยโปรแกรมทางพลศาสตร์ของวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดต่าง ๆ

ชนิดวาล์ว	ความสูงหัวน้ำ (m)	ความเร็วของน้ำ (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	กำลังไฟฟ้า (kW)
วาล์วลิ้นปีกผีเสื้อ	6.59	11.40	0.090	2.91
บอลวาล์ว	7.15	11.30	0.089	3.12
โกลบวาล์ว	7.82	7.03	0.055	2.11

2. ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วและระยะห่างระหว่างวาล์วกับกังหันน้ำ

จากการทดสอบประเมินกำลังไฟฟ้าในการทดสอบชนิดของวาล์วควบคุมอัตราการไหล พบว่าวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่เหมาะสมคือ วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดบอลวาล์ว ให้ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าที่สูงที่สุด ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วจำนวน 5 ค่า คือ 20, 40, 60, 80 และ 100% โดยทดสอบกับวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดบอลวาล์ว และกำหนดระยะห่างระหว่างการติดตั้งวาล์วควบคุมอัตราการไหลกับใบกังหันน้ำจำนวน 3 ค่า ที่ระยะ 100 มิลลิเมตร (1D), 200 มิลลิเมตร (2D) และ 300 มิลลิเมตร (3D) ดังแสดงในรูปที่ 1 ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าด้วยโปรแกรมทางพลศาสตร์ของวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดบอลวาล์ว

เปอร์เซ็นต์ การเปิดวาล์ว	ระยะห่างระหว่าง วาล์ว (mm)	ความสูง หัวน้ำ (m)	ความเร็ว ของน้ำ (m/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	กำลังไฟฟ้า (kW)
20	100	6.45	1.65	0.013	0.41
	200	8.85	1.96	0.015	0.65
	300	8.51	1.99	0.016	0.67
40	100	7.30	2.48	0.019	0.68
	200	9.89	3.28	0.026	1.26
	300	8.31	3.70	0.029	1.18
60	100	7.95	4.70	0.037	1.44
	200	9.90	6.56	0.051	2.47
	300	9.14	7.70	0.060	2.69
80	100	7.42	11.80	0.092	3.35
	200	9.94	12.70	0.099	4.82
	300	8.63	12.70	0.099	4.06
100	100	7.15	11.30	0.089	3.12
	200	8.27	11.70	0.092	3.73
	300	7.78	12.70	0.099	3.78



อภิปรายผลการวิจัย

1. อิทธิพลของชนิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า

เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะการไหลของน้ำภายในท่อผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดต่าง ๆ ได้แก่ วาล์วล้นปีกผีเสื้อ บอลวาล์ว และโกลบวาล์ว ซึ่งมีผลการกระจายความเร็วของน้ำและการกระจายความดันของน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2-4 ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าด้วยการจำลองเชิงคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาวิธีการแก้สมการรูปแบบการไหลของน้ำผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหล โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ที่กำหนดเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว 100% และระยะห่างระหว่างวาล์วควบคุมอัตราการไหลกับใบกังหันที่ระยะ 100 มิลลิเมตร

รูปที่ 2 แสดงการกระจายความเร็วของน้ำและความดันของน้ำผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดวาล์วลิ้นปีกผีเสื้อ พบว่าความเร็วเฉลี่ยที่ทางเข้าของวาล์วมีค่าระหว่าง 15–18 เมตรต่อวินาที และมีการกระจายความเร็วแบบสม่ำเสมอ แต่เนื่องจากลักษณะของวาล์วดังกล่าวเป็นสิ่งที่กีดขวางการไหลของน้ำในท่อ ทำให้บริเวณทางออกถัดจากลิ้นปีกผีเสื้อมีความเร็วเพิ่มขึ้นจากเดิมเมื่อเทียบกับบริเวณทางเข้าบริเวณผิวท่อ ทั้งนี้ความเร็วสูงสุดที่เกิดขึ้นอยู่ที่ประมาณ 19–26 เมตรต่อวินาที และมีความเร็วลดลงจนเท่ากับศูนย์ตรงกึ่งกลางท่อและปลายลิ้นปีกผีเสื้อ สำหรับการกระจายความดันน้ำนั้นมีค่าลดลงเช่นเดียวกัน และบริเวณที่มี Sign of Values เป็นค่าลบคือบริเวณที่เกิดสุญญากาศ และมีค่าความดันสูงสุดบริเวณที่น้ำไหลเข้าปะทะกับลิ้นปีกผีเสื้อ

รูปที่ 3 แสดงการกระจายความเร็วและความดันของน้ำผ่านบอลวาล์ว ผลการวิเคราะห์พบว่ามีการกระจายความเร็วของน้ำผ่านวาล์วมีค่าความเร็วเฉลี่ย 42 เมตรต่อวินาที โดยมีลักษณะการไหลแบบราบเรียบตลอดทั้งบริเวณก่อนและหลังผ่านวาล์ว ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของบอลวาล์วเป็นรูปทรงเจาะรูตรงกลางและขนานกับเส้นท่อ และมีการกระจายความดันลดลงในระหว่างการหดและขยายตัวจากทางเข้าผ่านวาล์วออกปลายท่อทางออกตามลำดับ

รูปที่ 4 (ก) แสดงการกระจายความเร็วของน้ำผ่านโกลบวาล์ว เห็นได้ชัดเจนว่าความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านโกลบวาล์วเกิดการหดตัวตามการลดลงของพื้นที่การไหล ทำให้น้ำบริเวณพื้นที่สีน้ำเงินมีความเร็วต่ำและความดันสูง โดยบริเวณใต้ลิ้นวาล์วมีความเร็วสูงสุดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12–14 เมตรต่อวินาที และมีลักษณะการไหลไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีความเร็วบริเวณผิวท่อทางออกด้านบนสูงกว่าผิวด้านล่าง สำหรับการกระจายความดันดังแสดงในรูปที่ 4 (ข) นั้นพบว่าของไหลปลายท่อทางเข้ามีการกระจายความดันที่สม่ำเสมอและมีค่าลดลงบริเวณทางออก แต่ทั้งนี้การกระจายความดันของของไหลบริเวณประตูน้ำนั้นมีค่าความดันสูงสุดตรงจุดก้นน้ำ และมีค่าลดลงเมื่อน้ำไหลในทิศทางขึ้นด้านบน เนื่องจากลักษณะของวาล์วที่ออกแบบมาเพื่อให้ของเหลวไหลจากด้านล่างขึ้นบน ลิ้นวาล์วปิดจากบนลงล่าง สำหรับใช้ในการควบคุมอัตราการไหล ส่งผลให้การกระจายความเร็วของน้ำและความดันของน้ำไม่สม่ำเสมอ

จากแบบจำลองการไหลของระบบเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลของรูปแบบวาล์วควบคุมอัตราการไหลทั้ง 3 ชนิด ระหว่างการติดตั้งวาล์วควบคุมอัตราการไหลกับใบกังหันน้ำเพลตันที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก พบว่าวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดบอลวาล์ว มีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 3.12 kW รองลงมาคือวาล์วลิ้นปีกผีเสื้อ และโกลบวาล์ว มีค่าเท่ากับ 2.91 และ 2.11 kW ตามลำดับ โดยวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดบอลวาล์วและวาล์วลิ้นปีกผีเสื้อ มีค่าพลังงานศักย์สุทธิต่างกันแสดงให้เห็นได้ชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 1 ผลการวิจัยดังกล่าวนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ Gupta,

Prasad, & Khare (2014) ที่ได้ศึกษาลักษณะรูปทรงต่าง ๆ ของท่อ และแสดงให้เห็นว่ากังหันมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อการกระจายของน้ำในท่อบริเวณที่ปั่นป่วนต่ำ ผลจากการศึกษาเงื่อนไขดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นแล้วว่าวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดบอลวาล์วมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการฉีดน้ำเข้าสู่กังหัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ใช้กับพื้นที่ชนบท เป็นการช่วยส่งเสริมกิจกรรมในชุมชน หมู่บ้าน ถิ่นทุรกันดาร ที่มีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบนภูเขาหรือที่ราบสูง ถึงแม้ว่าการผลิตไฟฟ้าที่น้อยกว่า 0.1 MW นั้นมีอัตราส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุนจะไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (กระทรวงพลังงาน, สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2563)

2. อิทธิพลของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วและระยะห่างระหว่างวาล์วกับกังหันน้ำ

จากการศึกษาชนิดของวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่เหมาะสมสำหรับใช้กับกังหันน้ำเพลตันในการผลิตไฟฟ้าสำหรับใช้ในพื้นที่ชนบท และได้ทำการศึกษาดูแปรที่สำคัญเพิ่มเติมคือ เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วและระยะห่างระหว่างวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดบอลวาล์วกับกังหันน้ำเพลตัน ผลการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าด้วยโปรแกรมทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของวาล์วควบคุมอัตราการไหล แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดบอลวาล์วที่มีเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว 80% และระยะห่างระหว่างวาล์วกับกังหันน้ำ 200 มิลลิเมตร มีค่าพลังงานศักย์สุทธิและความเร็วของน้ำเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 9.94 เมตร และ 12.70 เมตร ต่อวินาที ตามลำดับ ส่งผลให้มีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 4.82 kW โดยค่ากำลังไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วมากขึ้นถึง 80% และมีกำลังไฟฟ้าลดลงที่เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วเท่ากับ 100%



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การผลิตพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่ชนบทของกังหันเพลตันด้วยระบบฉีดน้ำผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดต่าง ๆ เพื่อศึกษาการกระจายความเร็วของน้ำและความดันของน้ำที่ไหลผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหล และประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก รวมทั้งศึกษาอิทธิพลของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลและระยะห่างระหว่างวาล์วควบคุมอัตราการไหลกับกังหันน้ำเพลตัน ผลการวิจัยเงื่อนไขดังกล่าวได้จากการจำลองการไหลของระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS Flow Simulation ซึ่งพบว่าวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดบอลวาล์วมีประสิทธิภาพในการผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุด ด้วยระดับการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่ 80% และมีระยะห่างระหว่างวาล์วควบคุมอัตราการไหลกับกังหันน้ำ 200 มิลลิเมตร โดยการกระจายความเร็วของน้ำและความดันของน้ำผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหลมีความสม่ำเสมอมากกว่าวาล์วลิ้นปีกผีเสื้อและโกลบวาล์ว ที่มีวัสดุขวางการไหลของน้ำหรือทำให้

การไหลของน้ำมีการเปลี่ยนทิศทาง ด้วยสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้การกระจายของน้ำไม่สม่ำเสมอ ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าต่ำเมื่อเทียบกับบอလာลว

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การทดสอบนี้ยังไม่มีมีการปรับระดับของเสตน้ำ ขนาดของท่อส่งน้ำ รวมถึงขนาดรูของหัวฉีดน้ำก่อนเข้าปะทะกับใบของกังหัน อีกทั้งการทดสอบนี้ในการวิเคราะห์ผลได้ใช้สมมติฐานว่าการไหลของน้ำเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) ซึ่งในสถานการณ์ไหลจริงของน้ำนั้นมีโอกาสที่จะเกิดรูปแบบการไหล ทั้งการไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไปได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าไม่จำเป็นต้องเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลเต็ม 100% ในการผลิตไฟฟ้านั้น ก็หมายความว่าสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้น้ำได้อีกทางหนึ่ง ดังนั้นจึงเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในการปล่อยน้ำเข้าสู่กังหันน้ำได้โดยที่สามารถให้กำลังการไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่ทั้งนี้ก็ต้องอยู่ภายใต้การที่จะต้องสามารถนำไปใช้งานได้จริงกับกังหันน้ำขนาดเล็กที่มีใช้ในปัจจุบัน ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีการติดตั้งและการใช้งานอย่างง่าย ไม่สลับซับซ้อน และชุมชนสามารถดำเนินการได้ด้วยตัวเอง



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับการสนับสนุนงานวิจัยและบริษัท เอส ซี ไอ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ได้สนับสนุนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการจำลองผลการวิจัย



เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). *คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 3 ไฟฟ้าพลังงานน้ำ*. กรุงเทพฯ: เอเบิลคอนซัลแตนท์.

กระทรวงพลังงาน, สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2563). *พลังงานน้ำขนาดเล็ก*. สืบค้น 24 ตุลาคม 2563, จาก <http://www.eppo.go.th/images/Power/renewable-energy/18.pdf>

ภาคิน มณีโชติ, วุฒิชัย วงศ์ปัญญา, และ บุญวัฒน์ วิจารย์พล. (2563). การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์สำหรับการใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในศูนย์พลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 15(1), 51–66.

- Choi, M., Jung, Y. J., & Shin, Y. (2015). Unsteady Flow Simulations of Pelton Turbine at Different Rotational Speeds. *Advances in Mechanical Engineering*, 7(11), 1–9.
- Din, M. Z. U., & Harmain, G. A. (2020). Assessment of Erosive Wear of Pelton Turbine Injector: Nozzle and Spear Combination – A Study of Chenani Hydro-Power Plant. *Engineering Failure Analysis*, 116(2020), 104695.
- Fortaleza, B. N., Juan, R. O. S., & Tolentino, L. K. S. (2018). IoT-based Pico-Hydro Power Generation System using Pelton Turbine. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 10, 189–192.
- Guo, B., Xiao, Y., Rai, A. K., Zhang, J., & Liang, Q. (2020). Sediment-Laden Flow and Erosion Modeling in a Pelton Turbine Injector. *Renewable Energy*, 162(2020), 30–42.
- Gupta, V., Prasad, V., & Khare, R. (2014). Effect of Jet Shape on Flow and Torque Characteristics of Pelton Turbine Runner. *Journal of Engineering Research and Applications*, 4(1), 318–323.
- Jeon, H., Park, J. H., Shin, Y., & Choi, M. (2018). Friction Loss and Energy Recovery of a Pelton Turbine for Different Spear Positions. *Renewable Energy*, 123(2018), 273–280.
- Yahya, A. K., Munim, W. N. W. A., & Othman, Z. (2014). Pico-Hydro Power Generation using Dual Pelton Turbines and Single Generator. In *2014 IEEE 8th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2014)*, (pp. 579–584). Langkawi.
- Zidonis, A., Petley, S., Benzon, D. S., Panagiotopoulos, A., Anagnostopoulos, J. S., & Papantonis, D. E. (2017). Experimental Investigation and Analysis of the Spear Valve Design on the Performance of Pelton Turbines: Three Case Studies. In *Conference: HYDRO 2017*. Seville: Spain.