

การวิเคราะห์การสูญเสียกำลังในโรงไฟฟ้าพลังน้ำ กังหันแบบเพลตัน เชื้อน ห้วยลำพันใหญ่ จังหวัดเขกอง สารณรรฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

คด นันทะวง^{1*}, นิกร เห็นงาม¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

E-mail: khot.ng61@ubru.ac.th

Received: October 11, 2021

Revised: December 3, 2021

Accepted: December 20, 2021

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาการสูญเสียของโรงไฟฟ้าเชื้อนห้วยลำพันใหญ่ เป็นเชื้อนขนาดกลาง ตัวเชื้อนเป็นแบบยกกระตบน้ำ มีความสูงหัวน้ำ 611.86 เมตร ใช้กังหันแบบเพลตัน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามี ขนาดกำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุด 88 เมกะวัตต์ เชื้อนดังกล่าวมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด 2 ชุด การทดลอง เตินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ละชุดพบว่าที่อัตราการไหลของน้ำ 9.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ทำให้เกิดกำลังการ สูญเสียในส่วนต่าง ๆ สูงสุด โดยกำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำมีค่าเท่ากับร้อยละ 16.34 กำลังสูญเสียที่หัวฉัด มีค่าเท่ากับร้อยละ 2.69 กำลังสูญเสียที่ใบกังหันมีค่าเท่ากับร้อยละ 16.91 กำลังสูญเสียอื่น ๆ ได้แก่ การสูญเสีย การกระจายในถังกังหันน้ำ การสูญเสียที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการสูญเสียที่เพลาละหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กับกังหันน้ำ มีค่าเท่ากับร้อยละ 64.11 โดยผลการทดลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มีค่า เท่ากัน และการเตินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 ชุดพร้อมกัน พบว่าที่อัตราการไหลของน้ำ 18.00 ลูกบาศก์เมตร ต่อวินาที ทำให้เกิดกำลังการสูญเสียในส่วนต่าง ๆ สูงสุดในทั้ง 2 ชุดพร้อมกัน กำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำมี ค่าเท่ากับร้อยละ 19.69 กำลังสูญเสียที่หัวฉัดมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.60 กำลังสูญเสียที่ใบกังหันมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 16.34 และการสูญเสียอื่น ๆ ได้แก่การสูญเสียการกระจายในถังกังหันน้ำ การสูญเสียที่เครื่องกำเนิด ไฟฟ้าและการสูญเสียที่เพลาละหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับกังหันน้ำ มีค่าเท่ากับร้อยละ 61.40

คำสำคัญ : เชื้อนห้วยลำพันใหญ่, กังหันเพลตัน, โรงไฟฟ้าขนาดกลาง, กำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำ, กำลัง สูญเสียที่หัวฉัด, กำลังสูญเสียที่ใบกังหัน

Analysis of the loss in the hydroelectric power plant of the Pelton Turbine Hydro-Power plant: A Case Study of Huay Lamphan Yai Dam, Sekong Province, Lao PDR

Khot Nonthavong^{1*}, Nikorn Henngam¹

¹Faculty of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University

E-mail: khot.ng61@ubru.ac.th

Received: October 11, 2021

Revised: December 3, 2021

Accepted: December 20, 2021

Abstract

This article was to study the power loss in the power plant system at Huay Lamphan Yai Dam. The dam was a medium-sized hydroelectric dam with the height level of 611.86 meters using the Pelton turbine and the electric generator with the maximum capacity of 88 megawatts. The dam has a total of two generators sets. For the experiment, the electric generator was started running one by one, there was found that the water flow rate at 9.00 cubic meters per second affected the maximum power loss in various parts. In addition, the experiments for the first and the second electric generator were the same results. There were shown that the power loss at the water pipe system was equal to 16.34%, the power loss at the nozzles was equal to 2.69%, the power loss at the turbine blades was equal to 16.91%, and the power other losses namely include dispersion losses in turbine tanks, Generator loss and shaft loss between generator and turbine were equal to 64.11% , Moreover, for the experiment, both electric generators were started running together. There was found that the water flow rate at 18.00 cubic meters per second affected the maximum power loss in various parts of both generators. There were shown that the power loss at the water pipe system was 19.69% , the power loss at the nozzles was 2.60%, the power loss at the turbine blades was 16.34%, and the power other losses namely include dispersion losses in turbine tanks. Generator loss and shaft loss between generator and turbine were equal to 61.40%.

Keywords : Huay Lamphan Yai Dam, Pelton Turbine, Medium-sized Hydro-power Plant, Power is losing at the water pipe system, Power is losing at the nozzle, Power is losing at the turbine blade

บทนำ

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) มีประชากรร้อยละ 80.00 ของประเทศอาศัยอยู่ในพื้นที่ชนบท จากพื้นที่รวมของประเทศเป็นพื้นที่ป่าร้อยละ 75.00 ที่ตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตร ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมทำให้เกิดฝน และแม่น้ำไหลลงมาจากสันเขา ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้พลังงานน้ำที่มีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำประมาณ 26,500 เมกะวัตต์ของประเทศ [1] ในปัจจุบันลาวมีเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำประกอบด้วย 1) เขื่อนที่ดำเนินการผลิตแล้ว 43 แห่ง 2) เขื่อนที่อยู่ระหว่างดำเนินการก่อสร้าง 54 แห่ง 3) เขื่อนที่อยู่ระหว่างดำเนินการก่อสร้างกำหนดแล้วเสร็จภายในปี ค.ศ. 2025 จำนวน 45 แห่ง 4) เขื่อนที่อยู่ระหว่างดำเนินการก่อสร้างกำหนดแล้วเสร็จภายในปี ค.ศ. 2030 จำนวน 66 แห่ง 5) เขื่อนที่อยู่ระหว่างการศึกษาคือความเป็นไปได้จำนวน 212 แห่ง โดยรวมลาวมีเขื่อนไฟฟ้าทั่วประเทศประมาณ 200 แห่ง ในจำนวนดังกล่าวเกือบครึ่งหนึ่งของเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำทั่วประเทศตั้งอยู่ในแขวงภาคใต้ของลาว ปัจจุบันไฟฟ้าเป็นสินค้าส่งออกและเป็นธุรกิจหลักที่สร้างรายได้สำคัญต่อประเทศจนได้ชื่อว่า “เป็นแหล่งพลังงานแห่ง อาเซียน” (Battery of ASEAN) [2]

การไฟฟ้าพลังน้ำของ สปป.ลาว เป็นหนึ่งในแหล่งรายได้ที่สำคัญที่นำเงินตราเข้าประเทศเนื่องจากภูมิประเทศเหมาะกับการทำเขื่อนไฟฟ้าพลังน้ำ เพื่อเป็นสินค้าส่งขายให้ต่างประเทศ และทั้งเก็บไว้เพื่อสนองความต้องการภายในบางส่วน [3] โรงไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ ไฟฟ้าพลังน้ำเป็นที่สนใจของหลายประเทศเนื่องจากการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมเพื่อการพึ่งพาตนเองทางไฟฟ้า สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวเป็นประเทศที่มีฝนตกชุกมาก อุดมสมบูรณ์ไปด้วยแหล่งน้ำตามธรรมชาติ สามารถพัฒนาโรงไฟฟ้าขนาดเล็กและโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ได้จำนวนมาก [1] ยกตัวอย่างเช่นเขื่อนห้วยลำพันใหญ่เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดกลางที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับหลายแขวงใน สปป.ลาว และกระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งยังถูกส่งขายให้กับประเทศไทย เขื่อนห้วยลำพันใหญ่เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่อาศัยน้ำจากแหล่งธรรมชาติที่ถูกเก็บกักให้มีระดับน้ำที่สันเขื่อนทำให้มีแรงดันเพื่อใช้หมุนกังหันเพลตัน (Pelton) แล้วไปขับเคลื่อนแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่อยู่บริเวณท้ายเขื่อนซึ่งต่ำกว่าบริเวณสันเขื่อน ทำให้เขื่อนห้วยลำพันใหญ่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ เขื่อนห้วยลำพันใหญ่ [4]



รูปที่ 1 เขื่อนห้วยลำพันใหญ่ [4]

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการหาค่าสูญเสียในส่วนต่าง ๆ ในระบบของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำของเขื่อนห้วยลำนันใหญ่ ดังรูปที่ 1 โดยตัวเขื่อนห้วยลำนันใหญ่เป็นแบบยกระดับน้ำ มีขนาดของความสูงหัวน้ำ 611.86 เมตร กังหันเพลตันมีความเร็วรอบเท่ากับ 428.60 รอบต่อนาที และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีขนาดแรงดันเท่ากับ 11.00 กิโลโวลต์ และมีเครื่องกำเนิด 2 ชุด แต่ละชุดใช้อัตราการไหลของน้ำสูงสุด 9.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังถ้าเดินเครื่องทั้ง 2 ชุดพร้อมใช้อัตราการไหลของน้ำสูงสุด 18.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งแรงดันน้ำดังกล่าวแรงดันสูงสุดของหัวฉีดน้ำในเขื่อน [4] และในช่วงปีที่ผ่านมาทีมงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์หาค่าสูญเสียเช่น S. Vankham [1] ได้ทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ และกำลังสูญเสียของโรงไฟฟ้าเขื่อนน้ำดง เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กในจังหวัดหลวงพระบางขนาดกำลังติดตั้ง 1000 กิโลวัตต์ โดยตัวเขื่อนเป็นแบบยกระดับน้ำ และใช้กังหันน้ำแบบเพลตันเป็นสำหรับการผลิตไฟฟ้า พบว่าเขื่อนน้ำดงมีประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเมื่อหัวฉีดถูกเปิดเท่ากับร้อยละ 60.00 ในส่วนของ W. Bing, N. Ioan, M. Tad, M. Yi [5] ได้ทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำในแคนาดา โดยพิจารณาความสามารถในการผลิตไฟฟ้าความสามารถในการทำกำไร ตลอดจนผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และรวมถึงความรับผิดชอบต่อสังคมโดย และได้นำเสนอปัจจัย (ท่อส่งน้ำ หัวฉีด กังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำให้ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าสูญเสียในระบบ เช่น

1. กำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำ
2. กำลังสูญเสียที่หัวฉีด

3. กำลังสูญเสียที่ใบกังหันน้ำ

4. กำลังสูญเสียอื่น ๆ ได้แก่ การสูญเสียการกระจายในถังกังหันน้ำ การสูญเสียที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการสูญเสียที่เพลาระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับกังหันน้ำ

ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับการศึกษา

ได้ทราบกำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำ กำลังสูญเสียที่หัวฉีด กำลังสูญเสียที่กังหันน้ำโดยเฉพาะกังหันแบบแรงกระแทกหรือแรงพลัก และกำลังสูญเสียอื่น ๆ ของโรงไฟฟ้าที่ทำการศึกษ

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. กำลังสูญเสียทั้งหมดในระบบโรงไฟฟ้า

กำลังสูญเสียทั้งหมดในระบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ P_T (เมกะวัตต์) ของเขื่อนห้วยลำนันใหญ่แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่

1) P_{pipe} คือกำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำ (เมกะวัตต์)

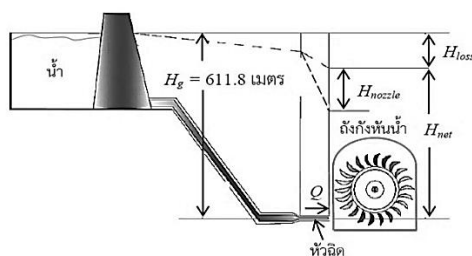
2) P_{nozzle} คือกำลังสูญเสียที่หัวฉีด (เมกะวัตต์)

3) P_{runner} คือกำลังสูญเสียที่ใบกังหันน้ำ (เมกะวัตต์)

4) P_{other} คือกำลังสูญเสียอื่น ๆ (เมกะวัตต์)

ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้ [1]

$$P_T = P_{pipe} + P_{nozzle} + P_{runner} + P_{other} \quad (1)$$



รูปที่ 2 เส้นความสูงของเขื่อนห้วยลำนันใหญ่

จากรูปที่ 2 พบว่าความสูงหัวน้ำ H_g หาได้จากความแตกต่างของระดับน้ำสูงที่สุดในอ่างเก็บน้ำ

เทียบกับระดับความสูงของหัวฉีดน้ำ โดยค่า H_g ของเขื่อนห้วยลำนพินใหญ่มีค่าเท่ากับ 611.86 เมตร H_{loss} คือการสูญเสียเฮดอันเนื่องมาจากระบบท่อส่งน้ำซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลง โดยการลดลงของระดับน้ำในอ่างเกิดจากการปล่อยน้ำไหลผ่านหัวฉีดโดยอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านหัวฉีด Q (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) H_{net} คือความสูงของระดับน้ำสุทธิที่เหลือเมื่อเทียบกับระดับหัวฉีด

กำลังไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า P_{out} (เมกะวัตต์) เป็นค่าที่ได้จากการวัดกำลังการผลิตไฟฟ้า ส่วนกำลังของน้ำที่ให้แก่กังหัน P_{in} (เมกะวัตต์) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) [6] ดังนี้

$$P_{in} = \rho g Q H_g \quad (2)$$

เมื่อ ρ คือความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่า 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตรต่อวินาทีกำลังสอง) ดังนั้นกำลังสูญเสียทั้งหมดในระบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำ P_T หาได้จากผลต่างระหว่าง P_{in} และ P_{out} ดังแสดงในสมการที่ (3) [4]

$$P_T = P_{in} - P_{out} \quad (3)$$

1.1 กำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำ

การหาค่ากำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำ P_{pipe} สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4) [1] ดังนี้

$$P_{pipe} = \rho g Q H_{loss} \quad (4)$$

โดยที่ H_{loss} มีค่าดังสมการที่ (5)

$$H_{loss} = H_g - H_{net} \quad (5)$$

แทนสมการที่ (5) ลงในสมการที่ (4) จะได้ว่า

$$P_{pipe} = \rho g Q (H_g - H_{net}) \quad (6)$$

เมื่อ H_{net} มีค่าดังสมการที่ (7)

$$H_{net} = \frac{P}{\rho g} + \frac{V_{pipe}^2}{2g} \quad (7)$$

โดยที่ p คือความดันของท่อส่งน้ำที่ตำแหน่งทางเข้าของหัวฉีด (บาร์) และ V_{pipe} คือความเร็วของน้ำที่ผ่านท่อที่ตำแหน่งที่ทำการวัดความดัน ดังแสดงในรูปที่ 2 (เมตรต่อวินาที) [1]

1.2 กำลังสูญเสียที่หัวฉีด

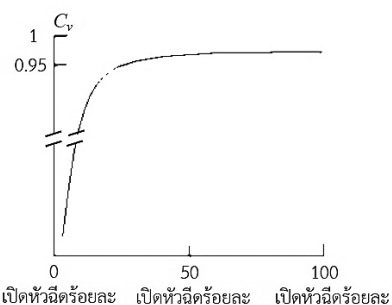
การหาค่ากำลังสูญเสียที่หัวฉีด P_{nozzle} สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (9) ดังนี้[1]

$$P_{nozzle} = \rho g Q H_{nozzle} \quad (8)$$

H_{nozzle} ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็วน้ำที่ออกจากหัวฉีด C_v สามารถหาค่าได้ดังแสดงในสมการที่ (9)

$$H_{nozzle} = \left(\frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \left(\frac{V_{nozzle}^2}{2g} \right) \quad (9)$$

ค่าของ C_v เปลี่ยนแปลงตามความกว้างของหัวฉีดที่ถูกเปิด โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 0.97 ถึง 0.98 เมื่อเปิดหัวฉีดเต็มที่ [1] ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่า C_v ตามขนาดความกว้างของหัวฉีด [1]

แทนสมการที่ (9) ลงในสมการที่ (8) จะได้ว่า

$$V_{nozzle} = \sqrt{2gH_{net}} \quad (11)$$

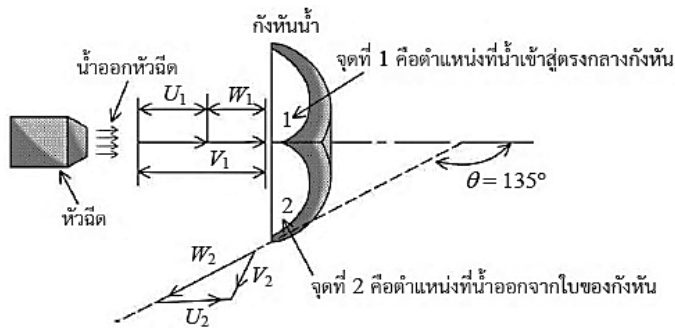
$$P_{nozzle} = \rho g Q \left(\frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \left(\frac{V_{nozzle}^2}{2g} \right) \quad (10)$$

แทนสมการที่ (11) ลงในสมการที่ (10) จะได้ว่า

$$P_{nozzle} = \rho g Q \left(\frac{1}{C_v^2} - 1 \right) H_{net} \quad (12)$$

เมื่อ V_{nozzle} คือความเร็วของน้ำที่ออกจากหัวฉีด และสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (11)

1.3 กำลังสูญเสียของกังหันน้ำ



รูปที่ 4 ทิศทางและความเร็วของน้ำขณะเข้าและออกกังหันน้ำ ของเขื่อนห้วยลำพันใหญ่ [7]

รูปที่ 4 แสดงทิศทางและความเร็วของน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆ โดยที่ V_1 คือ ความเร็วน้ำที่ออกจากหัวฉีด U_1 คือ ความเร็วสัมผัสใบของกังหัน W_1 คือ ความเร็วสัมผัสของน้ำเทียบกับใบของกังหัน เมื่อความเร็วน้ำที่ออกจากหัวฉีด V_1 มีทิศทางเข้าสู่ตรงกลางกังหันในจุดที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางของน้ำออกสู่ปลายของกังหันน้ำในจุดที่ 2 โดย θ คือ มุมที่ไหลออกจากใบของกังหัน มีการวัดค่ามุม θ ได้จากวัดตรงกลางของกังหันคือจุดที่ 1 และปลายของกังหันน้ำคือจุดที่ 2 กำลังสูญเสียจากกังหันน้ำ P_{runner} สามารถคำนวณค่าได้จากสมการที่ (13) [1]

$$P_{runner} = \rho Q (V_1 - U_1) (1 - k \cos \theta) U_1 \quad (13)$$

k คือค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของกังหันน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งค่า $k \leq 1$ ในทางทฤษฎีแล้ว

เมื่อกังหันหมุนด้วยความเร็ว U_1 ซึ่งมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วน้ำที่ออกจากหัวฉีด V_1

$$U_1 = \frac{V_1}{2} \quad (14)$$

โดยที่ V_1 คือ ความเร็วของน้ำที่ออกจากหัวฉีดไหลเข้าใกล้กังหันน้ำ ดังสมการที่ (15)

$$V_1 = C_v \sqrt{2gH_{net}} \quad (15)$$

เมื่อแทนสมการที่ (14) และสมการที่ (15) ลงในสมการที่ (13) ผลลัพธ์ จะได้ว่า

$$P_{runner} = \frac{\rho Q g C_v^2 H_{net} (1 - k \cos \theta)}{2} \quad (16)$$

แทนค่า $\theta = 180^\circ$ ค่า $k = 1$ ลงในสมการที่ 16 จะทำให้กำลังที่ได้จากกังหันน้ำที่มีค่ามากที่สุด

$$P_{180^\circ} = \rho Q g C_v^2 H_{net} \quad (17)$$

ส่วนมุมของใบกังหันที่ถูกใช้ในเขื่อนห้วยลำนันใหญ่ มีค่าเท่ากับ 135° และการใช้งานจริงค่า $k = 1$ แทนค่าดังกล่าวลงในสมการที่ (16) จะได้ว่า

$$P_{135^\circ} = 0.853 \rho Q g C_v^2 H_{net} \quad (18)$$

กำลังสูญเสียของกังหันน้ำ P_{runner} หาได้จากผลต่างของ P_{180° และ P_{135° ดังสมการที่ (19)

$$P_{runner} = P_{180^\circ} - P_{135^\circ} \quad (19)$$

เมื่อแทนสมการที่ (17) ลงในสมการที่ (18) ผลลัพธ์จะได้ว่า

$$P_{runner} = 0.14 \rho Q g C_v^2 H_{net} \quad (20)$$

1.4 กำลังสูญเสียอื่น ๆ

ทำการจัดรูปจากสมการที่ (1) ใหม่ ทำให้ทราบว่าการสูญเสียอื่น ๆ P_{other} มีค่าดังสมการที่ (21)

$$P_{other} = P_T - (P_{pipe} + P_{nozzle} + P_{runner}) \quad (21)$$

เมื่อแทนสมการที่ (6) สมการที่ (12) และสมการที่ (20) ลงในสมการที่ (21) แล้วจัดรูปผลลัพธ์จะได้ว่า

$$P_{other} = \rho g Q H_{net} \left(2 - \left(\frac{1}{C_v^2} \right) + 0.14 C_v^2 \right) + P_T - \rho g Q H_g \quad (22)$$

แทนสมการที่ (2) ลงในสมการด้านบนจะได้ว่า

$$P_{other} = \rho g Q H_{net} \left(2 - \left(\frac{1}{C_v^2} \right) + 0.14 C_v^2 \right) + P_T - P_{in} \quad (23)$$

พิจารณาสมการที่ (3) รวมกับสมการที่ (24) จะได้ว่า

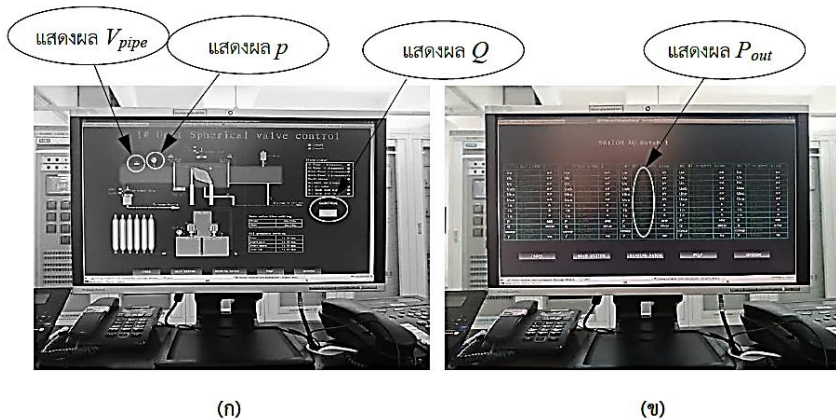
$$P_{other} = \rho g Q H_{net} \left(2 - \left(\frac{1}{C_v^2} \right) + 0.14 C_v^2 \right) - P_{out} \quad (24)$$

ซึ่งจะทำให้สามารถคำนวณหาค่าการสูญเสียอื่น ๆ ได้

2. การดำเนินการทดลอง

ระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำของเขื่อนห้วยลำนันใหญ่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด 2 ชุด จึงได้ออกแบบการทดลองดังนี้ ในการทดลองครั้งที่ 1 ทำการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 1 ได้ทำการปรับอัตราการไหลของน้ำ Q เริ่มจาก 1.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีจนถึง 9.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในการทดลองครั้งที่ 2 ทำการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 2 ได้ทำการปรับอัตราการไหลของน้ำ Q เริ่มจาก 1.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีจนถึง 9.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ส่วนการทดลองครั้งที่ 3 ทำการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 ชุดพร้อม ทำการปรับอัตราการไหลของน้ำ Q เริ่มจากขนาด 2.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีจนถึง 18.00 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

การทดลองทั้ง 3 การทดลองสามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำ Q ด้วยเครื่องควบคุม และยังสามารถวัดค่าได้คือความดันของท่อส่งน้ำที่ตำแหน่งทางเข้าของหัวฉีด p ความเร็วของน้ำที่ผ่านท่อที่ตำแหน่งที่ทำการวัดความดัน V_{pipe} ดังรูปที่ 5(ก) และค่ากำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า P_{out} ดังรูปที่ 5(ข)



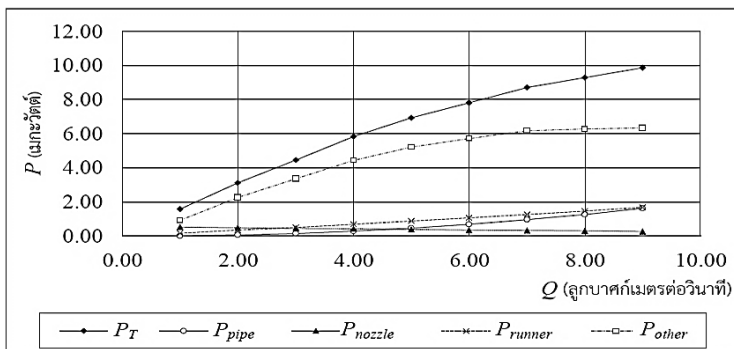
รูปที่ 5 เครื่องวัดแบบดิจิตอล (ก) เครื่องควบคุมอัตราการไหลของน้ำ (ข) เครื่องควบคุมกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [4]

รูปที่ 5 คือเครื่องควบคุมและเครื่องวัดแบบดิจิตอลที่มีอยู่ในโรงไฟฟ้า สามารถวัดค่าต่าง ๆ ในระบบ เช่น กำลังไฟฟ้าที่ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความดันของท่อส่งน้ำ อัตราการไหลน้ำในท่อส่ง ความเร็วของน้ำที่ผ่านท่อ และอื่น ๆ

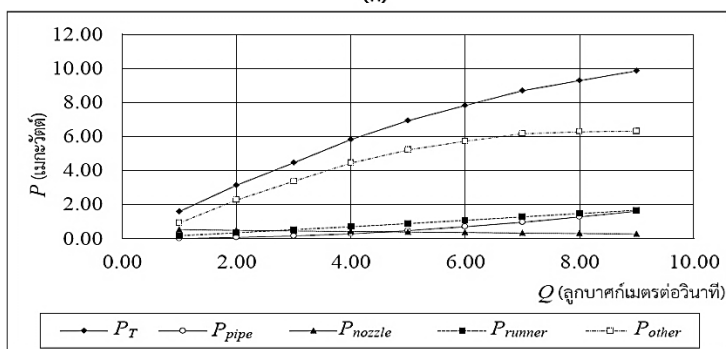
ผลการวิจัย

ในการทดลองในแต่ละการทดลองเริ่มจากการปรับอัตราการไหลของน้ำ Q และวัดค่าต่าง ๆ ดังนี้ ความดันของท่อส่งน้ำที่ตำแหน่งทางเข้าของหัวฉีด p ความเร็วของน้ำที่ผ่านท่อที่ตำแหน่งที่ทำการวัดความดัน V_{pipe} และค่ากำลังไฟฟ้าจากเครื่อง

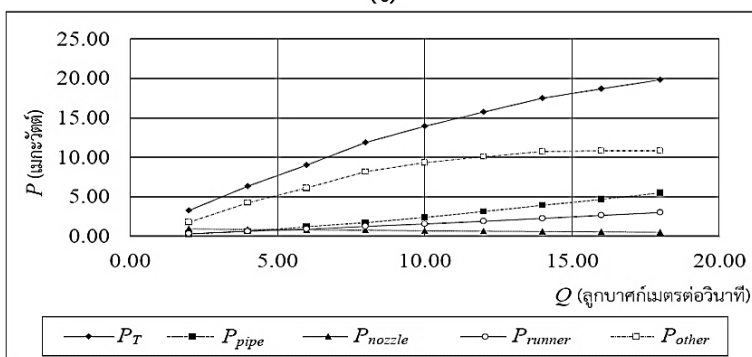
กำเนิดไฟฟ้า P_{out} แล้วนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหา กำลังของน้ำที่กักกัน P_{in} ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (2) กำลังสูญเสียในระบบ P_T ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (3) กำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำ P_{pipe} ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (6) กำลังสูญเสียที่หัวฉีด P_{nozzle} ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (12) กำลังสูญเสียที่กักกัน P_{runner} ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (20) กำลังสูญเสียอื่น ๆ P_{other} ได้จากการคำนวณตามสมการที่ (24) ต่อจากนั้นนำค่าได้จากการคำนวณดังกล่าวไปเขียนกราฟ จะได้ดังรูปที่ 6



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 6 กำลังการสูญเสียในส่วนต่าง ๆ ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนห้วยลำพันใหญ่ เมื่อ (ก) เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 1 (ข) เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 2 และ (ค) เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 ชุดพร้อมกัน

จากรูปที่ 6 (ก) รูปที่ 6 (ข) และ รูปที่ 6 (ค) แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังสูญเสียส่วนต่าง ๆ ตามอัตราการไหลของน้ำ Q ของการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 1 การเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 2 และการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 ชุดพร้อมกัน

ตามลำดับ ซึ่งพบว่ากำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำ P_{pipe} มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำ Q เนื่องจากเมื่อเปิดหัวฉีดมากขึ้น ทำให้ความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำมีการไหลเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความต้านทานการไหลมีค่าสูงขึ้น กำลังสูญเสียที่หัวฉีด

P_{nozzle} จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอัตราการไหลของน้ำ Q เมื่อเปิดหัวฉีดเพิ่มขึ้น ส่งผลหาความต้านทานการไหลของน้ำลดลงและส่งผลต่อการสูญเสียในส่วนนี้ลดลงเช่นเดียวกัน กำลังสูญเสียที่กังหัน P_{runner} จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นอัตราการไหลของน้ำ Q เนื่องจากทิศทางและความเร็วของน้ำที่เข้าไปกังหันไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามอัตราการไหลของน้ำ Q กำลังสูญเสียอื่น ๆ P_{other} เป็นการสูญเสียการกระจายในถังกังหันน้ำ การสูญเสียที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำ Q เพราะกระจายคือน้ำอยู่ในถังกังหันน้ำเพิ่มขึ้น การกระทบกันระหว่าง กังหันกับน้ำกระจายอยู่เพิ่มขึ้นและภาระการทำงานเพิ่มขึ้นทำให้การสูญเสียที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษากำลังสูญเสียในระบบของโรงไฟฟ้าเขื่อนห้วยลำนันใหญ่ จังหวัดเขกอง พบว่า กำลังสูญเสียอื่น ๆ P_{other} กำลังสูญเสียที่ระบบท่อส่งน้ำ P_{pipe} กำลังสูญเสียที่ใบกังหัน P_{runner} มีค่ามากกว่ากำลังสูญเสียที่หัวฉีด P_{nozzle} ซึ่งกำลังสูญเสียที่หัวฉีด P_{nozzle} จะมีค่าลดลง ตามการเปิดหัวฉีดที่มากขึ้นและการสูญเสียภายนอกจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเปิดหัวฉีดที่มากขึ้นและคิดเป็นสัดส่วนกำลังสูญเสีย ทั้งหมดจะได้ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การทดลองเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 1 และชุดที่ 2 มีค่าเท่ากัน

กำลังสูญเสียต่าง ๆ	คิดเป็นร้อยละ
P_{other}	64.11
P_{pipe}	16.34
P_{runner}	16.91
P_{nozzle}	2.69

ตารางที่ 2 การทดลองเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 ชุดพร้อม

กำลังสูญเสียต่าง ๆ	คิดเป็นร้อยละ
P_{other}	64.40
P_{pipe}	16.69
P_{runner}	16.34
P_{nozzle}	2.60

ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากำลังสูญเสียในระบบของโรงไฟฟ้าเขื่อนห้วยลำนันใหญ่เพียง เมื่อพิจารณาจากสามกรณีที่ (19) พบว่ากำลังสูญเสียที่ใบกังหัน P_{runner} จะมีค่าลดลงเมื่อ θ มีค่ามากขึ้นจนถึง θ มีค่าเท่ากับ 180° ที่ตำแหน่งนี้จะทำให้ค่ากำลังสูญเสียที่ใบกังหัน P_{runner} มีเท่ากับศูนย์ และเมื่อเพิ่มค่า θ ให้มากขึ้นไปอีก ก็จะทำให้ค่าของกำลังสูญเสียที่ใบกังหัน P_{runner} มีสูงขึ้นไปด้วย

References

- [1] S. Vankham, "Study Of Efficiencies And Losses In The Operation Of Nam Dong Hydro Power Plant And Nam Ko Hydro Power Plant," Of Engineering In Mechanical Engineering GRADUATE School Khon Kaen University, pp. 1-94, 2008.
- [2] S. Khamfaeng, P. Jittakorn and S. Sopapol, " Potential Development of Hydropower Dams in the Southern Region of Laos that Affects the Quality of Life of People in the Area Sustainably," *Burapha Journal of Political Economy*, Vol. 7 No. 1, pp.5, 2019.

- [3] A. Khemphone, “*Laos And International AID: The Role Of The World Bank On Namtheun 2 Hydro Electric Dam Project,*” of Arts Program in International Relations Department of International Relations Faculty of Political Science Chulalongkorn University Academic, pp. 2, 2007.
- [4] N. Khot & H. Nikorn, “An Assessment of Electricity Generation Efficiency of the Pelton Turbine Hydro-Powerplant: A Case Study of Huay Lamphan Yai Dam, Sekong Province, Lao PDR,” in *12th Symposium of Graduate Studies, Graduate School Ubon Ratchathani Rajabhat University, Thai*, 15 March 2020, pp. 834-835.
- [5] W. Bing, N. Ioan, M. Tad, M. Yi., “Efficiency assessment of hydroelectric power plants in Canada: A multi criteria decision making approach” *Energy Economics*, vol.46, pp. 102-121, September. 2014.
- [6] Arne Kjølle, “*HYDROPOWER IN NORWAY,*” Norwegian University of Science and Technology Trondheim, CHAPTER 2, pp. 2.1, 2001.
- [7] Mishaal A Abdulkareem, “*Hydro□Water Power Plant,*” CHAPTER (7), pp. 685, 2017.