

ST-001

การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำจากท่อน้ำทิ้งจากอาคารโดยใช้ไดชาร์จที่ดัดแปลงเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า Hydroelectric Power Generation from Building Drain Using Modified Alternator as Generator

จักรพงษ์ จารุมิศรี¹, ยงยุทธ์ พัฒนพงศ์², ธวัชชัย จิตต์สนธิ³, ชนัญญ์ชัย วุฒินันยาวัฒน์⁴, อธิเทพ นิธิเจริญ⁵

และ นาวดี ศรีศิริวัฒน์^{6,*}

Chakrapong Charumit¹, Yongyut Pattanapong², Tawatchai Jitson³, Chananchai Wutthithanyawat⁴,

Theerathape Nithichareon⁵ and Nawadee Srisiriwat^{6,*}

^{1,2,3,4,5}สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

^{1,2,3,4,5}Program in Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology

⁶สาขาวิชาวิศวกรรมกระบวนการเคมีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

⁶Program in Chemical Process and Environmental Engineering, Faculty of Engineering,

Pathumwan Institute of Technology

*Corresponding author's e-mail: nawadee@pit.ac.th

บทคัดย่อ

น้ำทิ้งและน้ำฝนเป็นทรัพยากรที่มักถูกปล่อยทิ้งโดยไม่มีการนำกลับมาใช้ การเปลี่ยนพลังงานศักย์จากน้ำเหล่านี้ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรเพื่อส่งเสริมความยั่งยืน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ดัดแปลงจากไดชาร์จในรถยนต์ซึ่งถูกติดตั้งเข้ากับกังหันน้ำ โดยในการทดลองได้จำลองการไหลของน้ำจากท่อระบายน้ำของอาคารโดยการสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำผ่านท่อ อัตราการไหลของน้ำที่ใช้ทดสอบอยู่ในช่วง 110 – 120 ลิตรต่อวินาที จากระดับความสูงระหว่างกังหันน้ำกับปลายท่อน้ำเท่ากับ 0.3 เมตร เพื่อนำไปหมุนกังหันน้ำที่เชื่อมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบนี้ถูกพัฒนาให้สามารถวัดและแสดงผลของอัตราการไหลของน้ำ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้บนหน้าจอโดยใช้โปรแกรม LabVIEW ระบบการผลิตไฟฟ้าถูกทดสอบโดยสามารถปรับโหลดความต้านทานในช่วง 0 ถึง 300 โอห์ม เพื่อวัดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ผลการทดสอบระบบพบว่าที่ความต้านทานไฟฟ้าเข้าใกล้ 0 โอห์ม ได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 14.28 โวลต์ และเมื่อปรับค่าความต้านทานไฟฟ้าเท่ากับ 47 โอห์ม ได้แรงดันไฟฟ้า 8.17 โวลต์ และกระแสไฟฟ้า 92 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 0.75 วัตต์ คิดเป็นประสิทธิภาพได้ประมาณร้อยละ 13.47 การใช้ค่าประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาเพื่อประมาณการกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สำหรับอาคารสูง 5 – 10 เมตร จะได้กำลังไฟฟ้า 12.57 – 25.14 วัตต์ และที่ความสูงที่ความสูง 40 เมตร จะได้กำลังไฟฟ้าประมาณ 100.54 วัตต์

คำสำคัญ: กังหันน้ำ, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, ไดชาร์จ, พลังน้ำ

ABSTRACT

Wastewater and rainwater are resources that are often discarded without being reused. Converting their potential energy into electricity enhances resource efficiency, promotes sustainability, and reduces environmental impact. This research investigates the electricity generation from hydropower using a generator modified from an automotive alternator integrated with a water turbine. The experiment simulates water flow from a building's sewage pipe by pumping water from reservoir through pipes. The water flow rate used in the experiment ranges from 110 to 120 L/min, with a height difference of 0.3 m between the water turbine and the pipe outlet, driving the turbine connected to the generator. The system is designed to measure and display water flow rate, electric current, voltage, and generated power using LabVIEW software. The power generation system was tested with adjustable electrical resistances ranging from 0 to 300 ohms to evaluate the generated power output. The test results show that at a near-zero resistance load, the system produced a voltage of 14.28 V. When the resistance was adjusted to 47 ohms, the voltage measured 8.17 V with a current of 92 mA, resulting in a maximum power output of approximately 0.75 W, corresponding to an efficiency of about 13.47%. Based on this system efficiency, the estimated electrical power generation for heights of 5 – 10 m would range between 12.57 and 25.14 W. At a height of 40 m, the system is expected to generate approximately 100.54 W of electrical power.

Keywords: Water turbine, Generator, Alternator, Hydropower

บทนำ

พลังงานจากน้ำทิ้งและน้ำฝนเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างยั่งยืน ถือเป็นพลังงานสะอาดเพราะไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตราย ทั้งยังช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิลทำให้ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจากน้ำฝนหรือน้ำทิ้งจากอาคาร (Boroomandnia, et al., 2022) สามารถเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาอาคารสีเขียวที่เน้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และยั่งยืน (Chen, et al., 2024) งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการใช้การไหลของน้ำจากระบบน้ำทิ้งในอาคาร ซึ่งมาจากน้ำประปาที่ถูกใช้งานหรือน้ำฝนที่ถูกรวบรวมจากแหล่งเก็บน้ำบนหลังคาและท่อระบายน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กได้ ระบบผลิตไฟฟ้า

จากน้ำทิ้งนี้จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานจากน้ำที่ถูกปล่อยทิ้งโดยไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ และสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานสะอาดในอาคารหรือพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำทิ้งเพียงพอ

งานวิจัยที่ผ่านมาในการประยุกต์ใช้น้ำทิ้งเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยยังมีจำกัด ได้แก่ มุอำมหัดกาแม มะแซ (2555) พัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายเมื่อปล่อยน้ำเต็มท่อที่ระดับหัวน้ำ 1.5 เมตร ได้แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย 110.9 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ 0.00489 แอมแปร์ และกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5.43 วัตต์ อีสิหะย สนิโซ และ ชูเช็ง ชายดানা (2557) ผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบคอยาวซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 114.3 – 217.0 โวลต์ และมีกระแสไฟฟ้า 0.193 – 0.384 แอมแปร์ที่ความต่างระดับของน้ำ 85 เซนติเมตร สมรรถนะในรูปของประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าร้อยละ 51.95 – 98.62 สามารถใช้กับหลอดไฟ เครื่องใช้ภายในบ้านและอุปกรณ์การก่อสร้างบางชนิด พรชัย พรหุทัย และคณะ (2560) ศึกษาการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำเมื่อปล่อยน้ำจากความสูง 1 เมตร โดยใช้กังหันน้ำ 2 แบบคือกังหันน้ำ 9 ใบ และ 20 ใบ ซึ่งได้กำลังไฟฟ้า 1.14 วัตต์ และ 2.77 วัตต์ ตามลำดับ พงษ์พันธ์ พรหมพิพัต และคณะ (2567) ศึกษาการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำจากปลายท่อส่งน้ำของระบบประปา ก่อนไหลลงถังเก็บน้ำใต้ดิน โดยมุ่งเน้นการใช้พลังงานที่เหลือทิ้งจากการไหลของน้ำที่ปลายท่อ โดยติดตั้งกังหันน้ำแบบเพลตัน (Pelton Turbine) ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้าเชิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวรขนาด 340 วัตต์ จากการวัดค่าพลังงานของน้ำ พบว่าความดันน้ำ ณ จุดปลายท่อเฉลี่ยเท่ากับ 13.5 เมตรน้ำ อัตราการไหลของน้ำเฉลี่ยผ่านหัวฉีดเท่ากับ 7.57×10^{-4} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และกำลังงานเฉลี่ยที่ได้จากพลังงานน้ำเท่ากับ 99.2 วัตต์ ในส่วนของพลังงานไฟฟ้าวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยได้เท่ากับ 14.20 โวลต์ กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 11.6 วัตต์ และมีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 11.55

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันน้ำเป็นส่วนสำคัญในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ น้ำทิ้งหรือระบบที่มีอัตราการไหลของน้ำต่ำเหมาะกับการใช้กังหันน้ำขนาดเล็ก (Pico-hydro turbine) ลักษณะของกังหันน้ำที่เลือกใช้ในงานวิจัยมีหลากหลายแบบ เช่น การใช้กังหันน้ำแบบเพลตันที่มีถ้วย 6 ใบ ผลิตจาก PVC สำหรับน้ำอุบิโศบรีโศบที่ส่งไปยังบ้านเรือน (Zainuddin, et al., 2009) การใช้กังหันน้ำพีโคไฮดรอลิกแบบกลวง (Hollowed pico-hydraulic turbine) สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากน้ำเสียที่มีอัตราการไหลต่ำที่ไหลผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (Uchiyama, et al, 2016) การใช้กังหันน้ำแบบคาปแลน (Fixed-blade Kaplan turbine) มาใช้ในโรงบำบัดน้ำเสียที่มีอัตราการไหลของน้ำเสีย 190 ล้านแกลลอนต่อวัน และระดับความสูงต่างกัน 3 เมตร ระหว่างขั้นตอนสุดท้ายของการบำบัดและจุดระบายน้ำ (Abbas, et al., 2018) นอกจากนี้มีการใช้ปั๊มหอยโข่งเป็นกังหันน้ำที่อัตราการไหลของน้ำ 104 ลิตรต่อวินาที (Bachtiar, et al., 2023) งานวิจัยนี้ใช้กังหันน้ำแบบเพลตันที่ดัดแปลงจากโครงล้อจักรยานต่อเข้ากับถ้วยรับน้ำจำนวน 10 ใบ และประยุกต์ใช้ไดชาร์จสำหรับรถยนต์ที่ดัดแปลงเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำด้วยระบบจำลองน้ำจากท่อน้ำทิ้งของอาคารโดยใช้กังหันน้ำแบบเพลตันที่ดัดแปลงจากโครงล้อจักรยานติดตั้งกับถ้วยรับน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้ไดชาร์จที่ดัดแปลงเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- 2) เพื่อทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ โดยทดสอบแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ และหาประสิทธิภาพของระบบ

สมมติฐานการวิจัย

ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำที่ใช้ไดชาร์จดัดแปลงเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าร่วมกับกังหันน้ำแบบเพลตันที่พัฒนาโดยใช้โครงล้อจักรยานที่ต่อเข้ากับถ้วยรับน้ำจำนวน 10 ใบ ซึ่งจะสามารถทำให้กังหันน้ำเพลตันหมุนได้อย่างมีประสิทธิภาพและสร้างแรงบิดเพียงพอที่จะขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ที่ระดับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่สามารถนำไปใช้ในงานขนาดเล็กหรือเก็บสะสมพลังงานได้ ระบบผลิตไฟฟ้าจะสามารถแปลงพลังงานจากน้ำที่มีอัตราการไหล 110 – 120 ลิตรต่อนาที และความสูง 0.3 เมตร เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ที่มีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 – 15 เมื่อเทียบกับพลังงานศักย์ของน้ำที่ไหลเข้ากังหัน

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการนำพลังงานศักย์ของน้ำที่ไหลลงจากอาคารผ่านระบบท่อน้ำทิ้งมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นการเปลี่ยนพลังงานเหลือทิ้งให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ โดยใช้ กังหันน้ำแบบเพลตันที่ดัดแปลงจากโครงล้อจักรยานร่วมกับไดชาร์จของรถยนต์ที่ปรับแต่งให้ทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- 1) ปัจจัยนำเข้า (Input Factors) ที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำในระบบนี้ ได้แก่
 - 1.1) พลังน้ำจากท่อน้ำทิ้งของอาคารถูกจำลองระบบโดยใช้ปั๊มสูบน้ำจากบ่อรองรับน้ำได้อัตราการไหลของน้ำ 110 – 120 ลิตรต่อนาที ที่ความสูงของน้ำ 0.3 เมตร
 - 1.2) ไดชาร์จของรถยนต์ที่ถูกดัดแปลงสามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อขับเคลื่อนด้วยกังหันน้ำที่ดัดแปลงจากโครงล้อจักรยานติดตั้งเข้ากับถ้วยรับน้ำ 10 ใบที่ออกแบบให้สามารถแปลงแรงดันน้ำให้เกิดการหมุนได้
 - 1.3) โหลดไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบคือตัวต้านทานไฟฟ้าตั้งแต่ $\sim 0 - 300$ โอห์ม
- 2) ตัวแปรตามเป็นค่าที่ใช้วัดผลของการผลิตไฟฟ้าจากระบบที่พัฒนา ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพของระบบ

วิธีดำเนินการวิจัย

ระบบต้นแบบสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำทิ้งจากอาคารดังภาพที่ 1 (ก) ประกอบด้วย 1) ระบบจำลองน้ำทิ้งโดยใช้ปั้มน้ำเพื่อจำลองการไหลของน้ำที่ลงมาผ่านท่อ 2) กังหันน้ำแบบเพลดัดแปลงจากโครงล้อจักรยายต่อเข้ากับถัวยรับน้ำ 10 ถัวย โดยกังหันน้ำต่อเข้ากับเพลาและสายพานเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ดัดแปลงจากไดซาร์จรถยนต์ และ 4) ระบบควบคุมการทำงานที่สามารถเปิดปิดระบบและปรับค่าความต้านทานของโหลดเพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้างแสดงในภาพที่ 1 (ข)



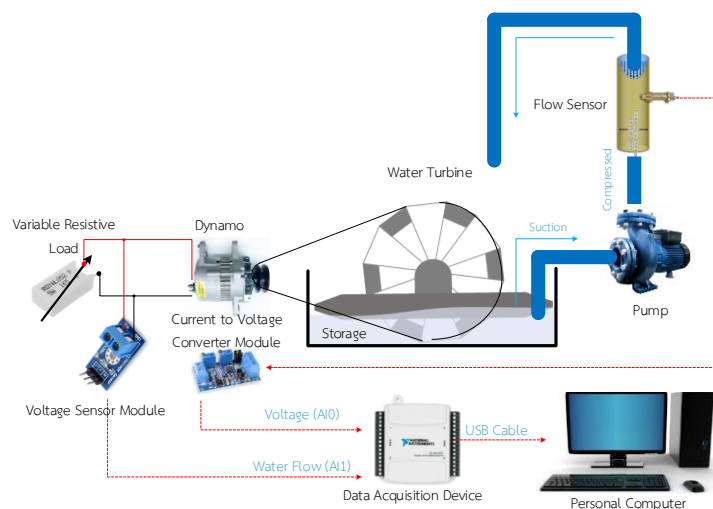
(ก)



(ข)

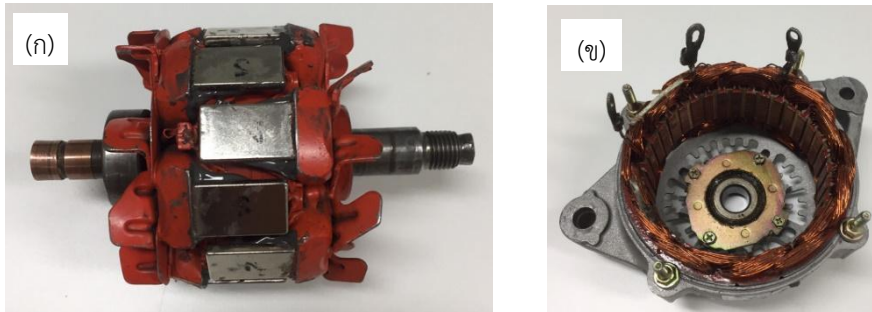
ภาพที่ 1 (ก) ระบบต้นแบบสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำทิ้งจากอาคาร (ข) ระบบควบคุมการทำงาน

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาให้สามารถวัดและแสดงผลของพารามิเตอร์ที่วัดได้บนหน้าจอโดยใช้ Data acquisition device และโปรแกรม LabVIEW ดังแสดงไดอะแกรมการทำงานในภาพที่ 2



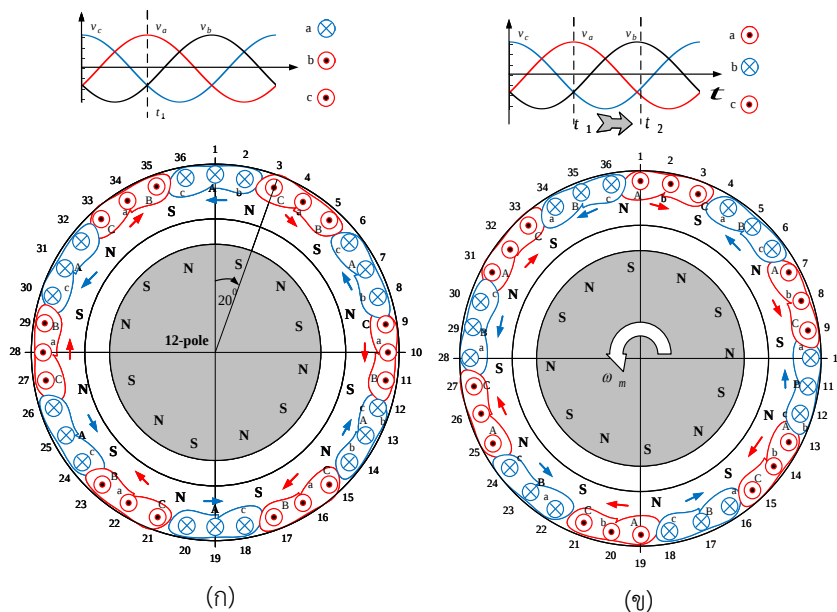
ภาพที่ 2 ไดอะแกรมของระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ

งานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternator) ที่ใช้ในรถยนต์ หรือไดชาร์จในรถยนต์ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงทำการดัดแปลงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยการแก้ไขชุดโรเตอร์ด้วยการติดตั้งชุดแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กสูงจำนวน 12 ขั้ว ดังแสดงตามภาพที่ 3 (ก) และการดัดแปลงขดลวดที่สเตเตอร์ด้วยการเพิ่มจำนวนขดลวดต่อขั้วแม่เหล็กให้มากขึ้นจากเดิมสเตเตอร์ที่ผลิตจากโรงงาน 12 รอบ เพิ่มเป็น 45 รอบ เพื่อให้มีแรงดันต่อรอบเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 4 เท่า ดังภาพที่ 3 (ข)



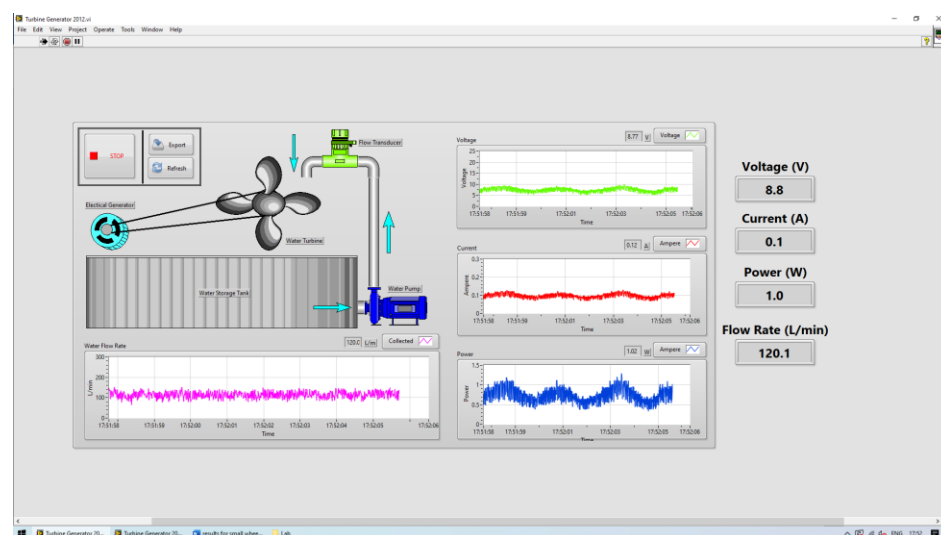
ภาพที่ 3 (ก) การดัดแปลงด้วยการติดตั้งแม่เหล็กถาวรโรเตอร์ 12 ขั้วแม่เหล็ก
(ข) การดัดแปลงจำนวนขดลวดที่สเตเตอร์

สนามแม่เหล็กที่ขดลวดสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อกำหนดให้แรงดัน V_a , V_b และ V_c เป็นแรงดันเอาต์พุตของสเตเตอร์ที่ตำแหน่งเวลาที่ t_1 และ t_2 แสดงในภาพที่ 4 (ก) และ 4 (ข) ตามลำดับ กำหนดให้ขดลวด a มีกระแสไหลเข้า ขดลวด b และขดลวด c มีกระแสไหลออก การตัดผ่านสนามแม่เหล็กที่ได้จากแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็ก 12 ขั้ว โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ



ภาพที่ 4 สนามแม่เหล็กที่ขดลวดสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่เวลา t_1 (ก) และ t_2 (ข)
ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

- 1) เปิดน้ำใส่บ่อรองรับน้ำจนถึงระดับที่ต้องการ
- 2) เปิดระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำจากระบบน้ำทิ้งจำลอง
- 3) ปรับอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านเซนเซอร์วัดอัตราการไหลซึ่งจะถูกแสดงบนหน้าจอและบันทึกตามเวลาการวัด ดังภาพที่ 5 โดยอัตราการไหลที่วัดได้อยู่ในช่วงประมาณ 110 – 120 ลิตรต่อนาที
- 4) เริ่มทดสอบระบบต้นแบบการผลิตไฟฟ้าโดยปรับค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ ~0, 33, 39, 47, 50, 68, 75, 100, 150 และ 300 โอห์ม โดยแต่ละค่าความต้านทานได้ทำการทดสอบซ้ำกัน 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย หน้าจอแสดงการทำงานจะแสดงผลของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ดังภาพที่ 5
- 5) เมื่อทำการทดลองเสร็จให้ปิดระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงผลการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ

พลังงานน้ำจากการเปลี่ยนพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์จากการปล่อยน้ำจากที่สูง มาเป็นพลังงานกลขับเคลื่อนกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การแปลงรูปพลังงานของไฟฟ้าพลังน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ คือ ความสูงของหัวน้ำ (head) และความเร็วของน้ำ นอกจากนี้ระหว่างการเปลี่ยนจากพลังน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าสามารถเกิดการสูญเสียได้จากหลายสาเหตุ เช่น ความฝืดของผิววัสดุที่น้ำไหลผ่าน การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของกังหันและเพลลา และการสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สมการ (1) แสดงการหาลำกำลังไฟฟ้าพลังน้ำ เมื่อแทนค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากการทดสอบจะสามารถหาค่าประสิทธิภาพรวมของระบบได้ดังสมการ (2) (Itani, et al. 2020)

$$P = \eta \rho g Q H \quad (1)$$

$$\text{ดังนั้น } \eta = P / \rho g Q H \quad (2)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (วัตต์) จากการทดลอง

η = ประสิทธิภาพรวมของระบบ

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

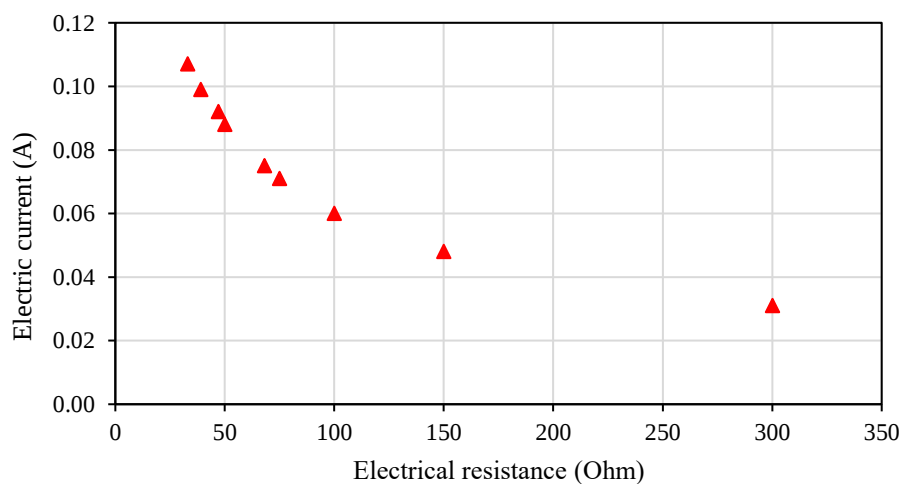
g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (9.8 เมตรต่อวินาทีต่อวินาที)

Q = อัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

H = ความสูงของหัวน้ำถึงกังหันน้ำ (เมตร) ซึ่งระบบที่ทดสอบมีค่าความสูงของหัวน้ำถึงกังหันน้ำเท่ากับ 0.3 เมตร โดยไม่คิดค่าการสูญเสียภายในท่อ

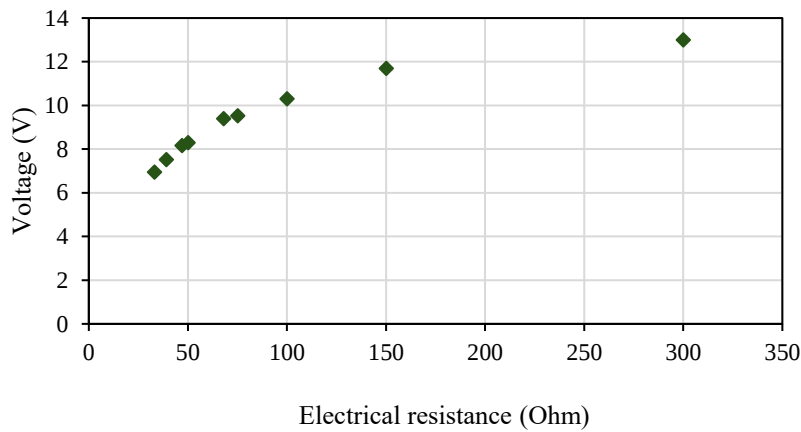
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ภาพที่ 6 แสดงผลการทดสอบกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ เมื่อปรับค่าความต้านทานไฟฟ้า พบว่ากระแสไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงเมื่อความต้านทานเพิ่มขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ได้คือ 0.11 แอมแปร์ ที่ความต้านทาน 33 โอห์ม ค่ากระแสไฟฟ้าต่ำสุดที่ได้คือ 0.03 แอมแปร์ ที่ความต้านทาน 300 โอห์ม



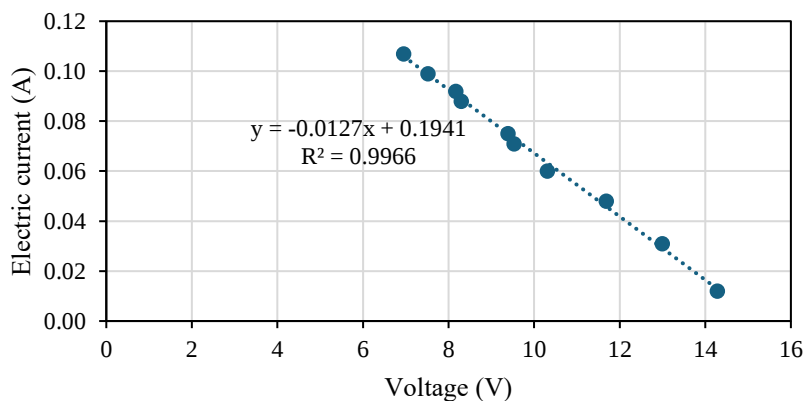
ภาพที่ 6 กระแสไฟฟ้าที่การเปลี่ยนแปลงความต้านทาน

เมื่อปรับความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 33 โอห์ม ถึง 300 โอห์ม ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 6.95 ถึง 13.00 โวลต์ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แรงดันไฟฟ้าที่การเปลี่ยนแปลงความต้านทาน

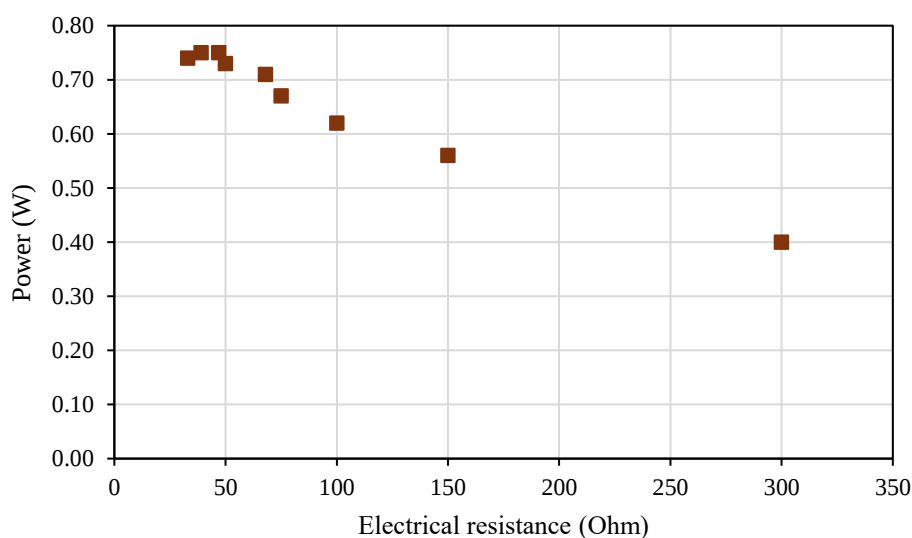
จากผลข้างต้นเมื่อค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นการผลิตกระแสไฟฟ้าน้อยลงในขณะที่แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์กระแส-แรงดัน ซึ่งเป็นไปตามกฎของโอห์ม (Ohm's Law) โดยค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์แบบผกผัน จากความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ประมาณได้ในช่วงความต้านทานที่ทดสอบทำให้สามารถประมาณหาค่าแรงดันวงจรเปิดได้เท่ากับ 15.28 โวลต์



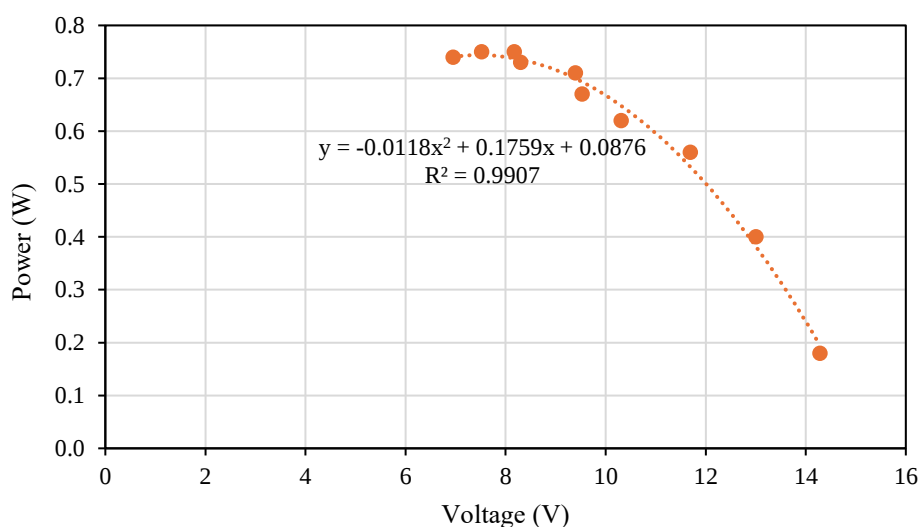
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์กระแส-แรงดัน (I-V curve)

ภาพที่ 9 แสดงผลของกำลังไฟฟ้าเมื่อปรับค่าความต้านทาน พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้สูงสุดประมาณ 0.75 วัตต์ ที่ความต้านทานไฟฟ้า 47 โอห์ม และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ที่ความต้านทานไฟฟ้า 300 โอห์มจะได้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.40 วัตต์

สำหรับความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้างแสดงในภาพที่ 10 กำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามแรงดันไฟฟ้าในช่วงต้น กำลังไฟฟ้าสูงสุดซึ่งเรียกว่า Maximum Power Point (MPP) เท่ากับ 0.75 วัตต์ หลังจากจุดสูงสุดกำลังไฟฟ้าจะลดลงแม้ว่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น จากความสัมพันธ์ที่แสดงในภาพที่ 10 สามารถนำมาประมาณค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด ณ จุดตัดแกน x ได้ค่าเท่ากับ 15.39 โวลต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการประมาณจากความสัมพันธ์กระแส-แรงดันในภาพที่ 8 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบที่ความต้านทาน ~ 0 โอห์ม จะได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 14.28 โวลต์

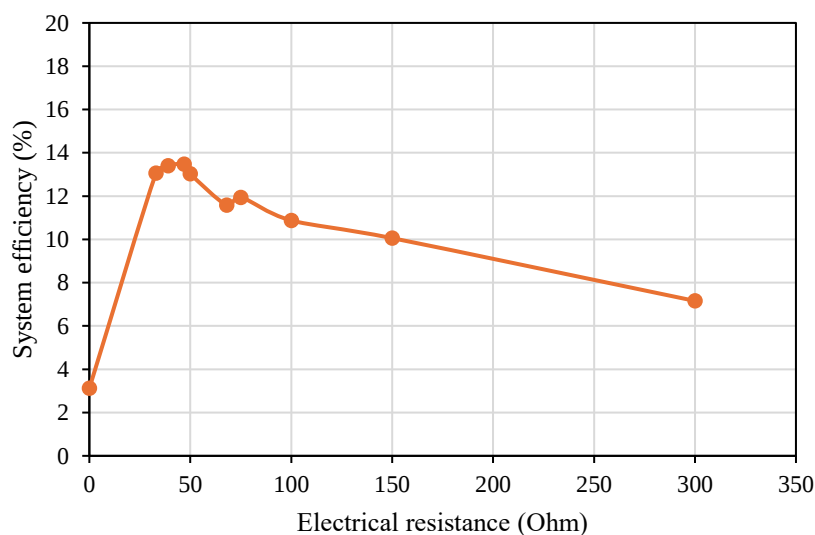


ภาพที่ 9 กำลังไฟฟ้าที่ความต้านทานต่างๆ



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้า (P-V curve)

ค่าประสิทธิภาพรวมของระบบที่คำนวณได้แสดงในภาพที่ 11 ค่าประสิทธิภาพรวมของระบบสูงสุดประมาณร้อยละ 13.47 ที่กระแสไฟฟ้า 0.092 แอมแปร์ หรือ 92 มิลลิแอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 8.17 โวลต์ และกำลังไฟฟ้า 0.75 วัตต์ เมื่อปรับความต้านทานเท่ากับ 47 โอห์ม ซึ่งค่าประสิทธิภาพที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของพรชัย พรฤทธิ์ และคณะ (2560) ผู้วิจัยชุดทดสอบกังหันสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำที่ความสูงของหัวน้ำ 1 เมตร อัตราการไหล 0.8 ลิตรต่อวินาที (48 ลิตรต่อนาที) โดยใช้กังหันน้ำแบบใบพัดจำนวน 9 ใบ จะได้กระแสไฟฟ้า 0.07 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 16.02 โวลต์ ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 14.60 และเมื่อทดสอบโดยใช้กังหันน้ำที่มีใบพัดจำนวน 20 ใบ จะได้กระแสไฟฟ้า 0.146 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 18.94 โวลต์ ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 35.30

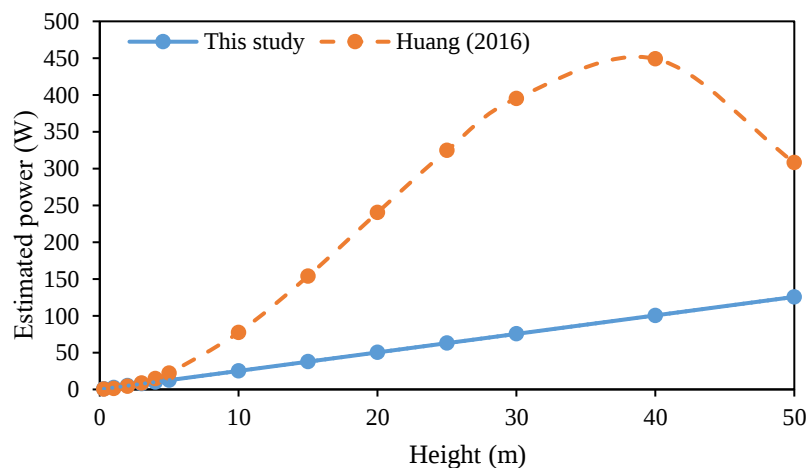


ภาพที่ 11 ประสิทธิภาพรวมที่ความต้านทานต่างๆ

งานวิจัยของ มูฮำหมัดกาแม มะแซ (2555) ผู้พัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่ายพบว่าเมื่อปล่อยน้ำเต็มท่อที่ระดับหัวน้ำ 1.5 เมตร เป็นระยะเวลา 33 นาที จะได้แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 110.90 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 0.049 แอมแปร์ กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่ากับ 5.43 วัตต์ ซึ่งถ้าระบบที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ปรับค่าความสูงเท่ากับ 1.5 เมตร เช่นเดียวกับงานวิจัยของ มูฮำหมัดกาแม มะแซ (2555) ก็สามารถใช้ประสิทธิภาพของระบบประมาณค่ากำลังไฟฟ้าได้เท่ากับ 3.77 วัตต์ ดังภาพที่ 12 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ประมาณค่ากับความสูงจากระดับอ้างอิงโดยใช้ประสิทธิภาพระบบร้อยละ 13.47 ที่ได้สำหรับระบบที่พัฒนาในงานวิจัยนี้

อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Huang (2016) ได้ประมาณความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับการเปลี่ยนแปลงความสูงสำหรับโมเดลการผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นโดยใช้อุปกรณ์กักเก็บน้ำฝน (rainwater collecting device) ที่ภายในมีท่อบรรจุกังหันน้ำอยู่ พบว่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามความสูง และ

ค่าประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 72 ที่ความสูง 30 เมตร และประสิทธิภาพเริ่มลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้พบว่าที่ความสูงเท่ากับ 0.3 เมตร ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากงานวิจัยของ Huang (2016) เท่ากับร้อยละ 3.34 ซึ่งน้อยกว่าระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากท่อน้ำทิ้งของอาคารที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 13.47 อย่างไรก็ตามหากประมาณการค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มีความสูงไม่เกิน 5 เมตร ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากงานวิจัยนี้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Huang (2016)



ภาพที่ 12 กำลังไฟฟ้าที่ประมาณค่าตามการเปลี่ยนแปลงความสูงด้วยประสิทธิภาพร้อยละ 13.47 (เส้นทึบ) และประมาณจากการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพตามความสูงของ Huang (2016) (เส้นประ)

จากผลการประมาณการค่ากำลังไฟฟ้าที่คาดว่าจะได้จากการเปลี่ยนแปลงความสูงที่เมื่อใช้ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำฝนที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ตามภาพที่ 12 ทำให้เห็นว่าที่ความสูง 5 – 10 เมตร จะได้กำลังไฟฟ้าประมาณ 12.57 – 25.14 วัตต์ เป็นอย่างน้อย ซึ่งสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ให้แสงสว่าง เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบประหยัดพลังงาน 15 – 25 วัตต์ หรือหลอด LED ขนาดไม่เกิน 10 – 25 วัตต์ พัดลม USB หรือพัดลมตั้งโต๊ะขนาดเล็ก 12 – 20 วัตต์ เครื่องฟอกอากาศขนาดเล็ก 15 – 25 วัตต์ เราเตอร์ Wi-Fi 15 – 20 วัตต์ โคมไฟตั้งโต๊ะ 12 – 25 วัตต์ แผ่นทำความร้อนขนาดเล็ก 20 – 25 วัตต์ ดังนั้นชุดต้นแบบการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำจากระบบน้ำทิ้งที่พัฒนาสามารถผลิตไฟฟ้าที่สามารถใช้ในชีวิตประจำวันได้ในช่วงความสูงของเสدنน้ำ 5 – 10 เมตร อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Huang (2016) ซึ่งประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นตามความสูง พบว่าที่ความสูง 5 – 10 เมตร ประสิทธิภาพที่ประมาณร้อยละ 23.84 – 41.59 คิดเป็นกำลังไฟฟ้าที่ได้ประมาณ 22.19 – 77.43 วัตต์

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำจากท่อน้ำทิ้งด้วยระบบน้ำทิ้งจำลองโดยใช้ปั๊มสูบน้ำในบ่อรองรับน้ำที่อัตราการไหลของน้ำในช่วงประมาณ 110 – 120 ลิตรต่อวินาที เพื่อหมุนกังหันน้ำแบบเพลตันที่ดัดแปลงจากโครงล้อจักรยานติดด้วยถั่ว 10 ใบ ซึ่งต่อกับเพลและสายพานขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ดัดแปลงจากไดชาร์จรถยนต์ โดยการแก้ไขชุดโรเตอร์ด้วยการติดตั้งชุดแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กสูงจำนวน 12 ขั้ว และการดัดแปลงขดลวดที่สเตเตอร์ด้วยการเพิ่มจำนวนขดลวดต่อขั้วแม่เหล็กเพิ่มขึ้นจากสเตเตอร์เดิมที่ผลิตจากโรงงาน 12 รอบ เป็น 45 รอบ เพื่อให้มีแรงดันต่อรอบเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 4 เท่า ตัวต้านทานแบบเซรามิกทนกำลังสูงถูกต่อโดยตรงกับมอเตอร์ไดนาโมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สามารถปรับค่าเป็น $\sim 0, 33, 39, 47, 50, 68, 75, 100, 150$ และ 300 โอห์ม ผลการทดสอบของค่ากระแสไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ พบว่าที่ความต้านทาน ~ 0 โอห์ม ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าประมาณ 14.28 โวลต์ และเมื่อค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น การผลิตกระแสไฟฟ้าน้อยลง ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น กำลังไฟฟ้าที่ได้สูงสุดประมาณ 0.75 วัตต์ ที่ความต้านไฟฟ้า 47 โอห์ม ซึ่งให้ค่ากระแสไฟฟ้า 92 มิลลิแอมแปร์ และแรงดันไฟฟ้า 8.17 โวลต์ ประสิทธิภาพสูงสุดของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำจากท่อน้ำทิ้งเท่ากับร้อยละ 13.47 เมื่อใช้ค่าประสิทธิภาพนี้ในการประมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่มีความสูงของเขื่อนน้ำประมาณ 5 – 10 เมตร จะได้กำลังไฟฟ้าประมาณ 12.57 – 25.14 วัตต์

ข้อเสนอแนะ

แนวโน้มการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำจากท่อน้ำทิ้งมีดังนี้

- 1) การพัฒนาประเภทและวัสดุของกังหันน้ำเพื่อศึกษาผลต่อการผลิตไฟฟ้า
- 2) การศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำควบคู่กับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์
- 3) การศึกษาผลของระดับความสูงของท่อน้ำที่ปล่อยลงมากะทบกังหันน้ำ เพื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพที่ประมาณจากค่าประสิทธิภาพร้อยละ 13.47 ที่ความสูงเขื่อนน้ำ 0.3 เมตร
- 4) การวัดและศึกษาผลของความเร็วรอบของการหมุนกังหันเพื่อให้ผลการทดลองสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในกรณีที่มีการปรับระดับความสูงที่แตกต่างกัน หรือมีการปรับอัตราการไหลของน้ำ

เอกสารอ้างอิง

- พงษ์พันธ์ พรหมพิพัต, วรวิทย์ สุวรรณเรือง และ พิเชฐ มีสัจจ. (2567). การศึกษาการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำจากปลายท่อส่งน้ำของการประปา ก่อนไหลลงถึงเก็บน้ำใต้ดิน. *แนวหน้าวิจัยนวัตกรรมทางวิศวกรรม*, 22(1), 9–16.
- พรชัย พรฤทธิ์ และคณะ. (2560). ชุดทดสอบกังหันสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ. *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์*, 17(2), 30 – 41.

- มูฮำหมัดกาแม มะแซ. (2555). การพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กอย่างง่าย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- อิลีหย๊ะ สนิโซ และ สุเช็ง ซายดาน. (2557). การพัฒนาไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กที่ระดับน้ำต่ำอย่างง่าย. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 9(1), 31 – 42.
- Abbas, A., Al-Gailani, S., Al-Fatlawi, A., & Al-Taai, A. (2018, June 24–28). Utilization of hydro-turbines in wastewater treatment plants (WWTPs). *Proceedings of the ASME 2018 12th International Conference on Energy Sustainability*, Lake Buena Vista, FL, United States.
- Bachtiar, A. N., et al. (2023). Feasibility Study on the Development of a Pico-hydro Power Plant for Village Electricity Using a Centrifugal Pump as Turbine (PAT) Prime Mover. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 13 (5), 1871–1879.
- Boroomandnia, A., Rismanchi, B., & Wu, Wenyan. (2022). A review of micro hydro systems in urban areas: Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 169, 112866. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112866>
- Chen, L., Hu, Y., Wang, R., et al. (2024). Green building practices to integrate renewable energy in the construction sector: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 22, 751 – 784. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01675-2>
- Firma, P. & Siregar, M. (2020). Feasibility Study of Micro Hydropower Plants in High-Rise Buildings in Indonesia by Utilizing A Working Scheme for AC Condenser Water Pumps (Ventilation & Air Conditioning System). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 807, 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/807/1/012016>.
- Itani, Y. & Fujita, K. & Kahil, M. (2020). Recovering Energy by Hydro-Turbines Application in Water Transmission Pipelines: A Case Study West of Saudi Arabia. *Energy*, 211. 118613. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118613>
- Uchiyama, T., Honda, S., Okayama, T. & Degawa, T., (2016). A Feasibility Study of Power Generation from Sewage Using a Hollowed Pico-Hydraulic Turbine. *Engineering*, 2 (4), 510–517. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.04.007>

Zainuddin, H., Yahaya, M. S., Lazi, J. M., et al. (2009). Design and Development of Pico-hydro Generation System for Energy Storage Using Consuming Water Distributed to Houses. *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, 3 (11), 1928–1933.