

ชุดสาธิตเครื่องแรงดันน้ำแบบไม่ใช้พลังงานไฟฟ้า

An Electricity-Free Water Pressure Demonstration Set

อมสิน สืบแสง¹ อรรถพล อินทพัฒน์¹ มัสยาก็ หวังดำ¹ อริสา สืบแสง¹ วีรชัย มัญญารักษ์² และ ศรีวรรณ ขำตรี³

Atthaphol Inthapat¹ Masyakee Wangdum¹ Aomsin Suebsang¹ Arisa Suebsang¹

Weerachai Madtharuk² and Sriwan Khamtree³

นักศึกษาปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา¹

Undergraduate Students, Major of Industrial Management Technology; Faculty of Industry Technology; Songkhla Rajabhat University¹

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา²

Assistant Professor Dr., Major of Industrial Management Technology; Faculty of Industry Technology; Songkhla Rajabhat University²

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา³

Assistant Professor Dr., Major of Industrial Technology; Faculty of Industry Technology; Songkhla Rajabhat University³

*Corresponding author, sriwan.kh@skru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการสอนชุดสาธิตเครื่องแรงดันน้ำโดยไม่ใช้ไฟฟ้า โดยประยุกต์หลักการแรงกระแทกของน้ำ และเพื่อประเมินสมรรถนะของชุดสาธิตภายใต้เงื่อนไขความสูงต้นน้ำ (H_s) เท่ากับ 1–3 เมตร และความสูงส่ง (H_d) เท่ากับ 3–5 เมตร ตัวแปรตามประกอบด้วยอัตราการไหลน้ำส่ง (Q_d) อัตราการไหลน้ำทิ้ง (Q_w) สัดส่วนน้ำทิ้ง (R_w) และกำลังไฮดรอลิกของน้ำส่ง (P_d) ผลการวิจัย พบว่า Q_d อยู่ในช่วง 1.53–11.40 ลิตรต่อวินาที โดยเพิ่มขึ้นเมื่อ H_s เพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อ H_d เพิ่มขึ้น ขณะที่ R_w อยู่ในช่วง 95.02–98.85% สะท้อนลักษณะน้ำทิ้งสูงของระบบตะบันน้ำ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อ H_d เพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อย เมื่อ H_s เพิ่มขึ้น ส่วน P_d ซึ่งเป็นตัวชี้วัดเชิงพลังงานของน้ำส่ง อยู่ในช่วง 1.251–6.401 วัตต์ และเพิ่มขึ้นเด่นชัดเมื่อ H_s เพิ่มขึ้น โดยภาพรวมสื่อการสอนชุดสาธิตที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหัวน้ำต่างระดับ อัตราการไหล และตัวชี้วัดเชิงพลังงานของน้ำส่ง (กำลังไฮดรอลิก, P_d) ได้อย่างเป็นระบบ เหมาะสำหรับการเรียนการสอนและการสาธิตระบบส่งน้ำแบบไม่ใช้ไฟฟ้าในบริบทพื้นที่ที่เข้าถึงพลังงานจำกัด

คำสำคัญ: ชุดสาธิต เครื่องแรงดันน้ำโดยไม่ใช้ไฟฟ้า แรงกระแทก ความสูงต้นน้ำ ความสูงส่ง

Abstract

This study aimed to develop an instructional demonstration set for an electricity-free water pressure pump based on the water-hammer principle and to evaluate its performance under controlled head conditions. The independent variables were supply head (H_s) of 1–3 m and delivery head (H_d) of 3–5 m. The dependent variables included delivered flow rate (Q_d), waste flow rate (Q_w), waste ratio (R_w), and delivered hydraulic power (P_d). The results showed that Q_d ranged from 1.53 to 11.40 L/min, increasing with higher H_s and decreasing as H_d increased. The system exhibited a high waste ratio ($R_w = 95.02–98.85\%$), which tended to increase with H_d but slightly decreased with higher H_s . P_d , used as a hydraulic energy indicator of delivered water, ranged from 1.251 to 6.401 W and increased markedly with H_s . Overall, the developed instructional demonstration set effectively illustrates the relationships among different head levels, flow behavior, and hydraulic energy indicators of delivered water (hydraulic power, P_d), supporting its use for teaching and hands-on demonstrations of electricity-free water delivery systems in areas with limited energy access.

Keywords: Demonstration Set, Electricity-Free Water Pressure Pump, Water Hammer, Supply Head, Delivery Head

บทนำ

ภาคการเกษตรของประเทศไทยยังมีความจำเป็นต้องพัฒนาระบบจัดการน้ำให้มีความเหมาะสมกับบริบทพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่ทางไกลหรือพื้นที่ราบสูงที่มีข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐานและการเข้าถึงพลังงาน ส่งผลให้การสูบน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการผลิตทางการเกษตรอาจมีต้นทุนและความเสี่ยงต่อความต่อเนื่องของการใช้งาน ในช่วงที่ผ่านมา มีงานวิจัยที่มุ่งพัฒนาระบบสูบน้ำและกักเก็บน้ำโดยใช้พลังงานสะอาดเพื่อสนับสนุนการเกษตรบนพื้นที่ราบสูง รวมถึงการศึกษาแนวทางลดการใช้พลังงานในระบบสูบน้ำ ซึ่งสะท้อนความสำคัญของประสิทธิภาพพลังงาน และความเหมาะสมเชิงระบบในงานด้านน้ำ (ดำรงศักดิ์ ชักชะโร และคณะ, 2568; วิวัฒน์ อ่อนนาครกล้า, 2568) ขณะเดียวกันแนวทางพลังงานทางเลือกและเทคโนโลยีสนับสนุนการจัดการน้ำได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตลอดจนระบบควบคุมการจ่ายน้ำที่สามารถสื่อสารระยะไกลและการจัดการกำลังผลสำหรับงานติดตั้งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในหลายพื้นที่ อย่างไรก็ตาม แนวทางดังกล่าวมักต้องอาศัยอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และอาจมีข้อจำกัดด้านการลงทุนเริ่มต้นและการบำรุงรักษาในระยะยาวเมื่อใช้งานภาคสนาม (ปรัชญา มุขดา และ คณะ, 2565; นิมิตร ศรียาภัย, อารังศักดิ์ หมินกำหริ่ม และ ยุวดี มณีจารุบวร, 2567; ชัชฎาพร อินทรสุวรรณ และ กวิน ต้นดีเสวี, 2565)

อีกแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมกับบริบทการไม่มีไฟฟ้า คือ เทคโนโลยีการส่งน้ำโดยอาศัยพลังงานจากการไหลของน้ำเอง และปรากฏการณ์แรงกระแทกของน้ำ (Water Hammer) เพื่อสร้างแรงดันชั่วขณะและส่งน้ำขึ้นสู่ระดับที่สูงกว่าเดิม ซึ่งมักเรียกในเชิงเทคนิคว่า เครื่องตะบันน้ำ (Hydraulic Ram Pump) โดยสมรรถนะของระบบขึ้นกับเงื่อนไขหัวต่างระดับ (Head) การสูญเสียผ่านวาล์วน้ำทิ้ง และรายละเอียดการออกแบบของอุปกรณ์ งานวิจัยที่ศึกษาเครื่องตะบันน้ำชี้ให้เห็นว่า จำนวนลิ้นตັ่งน้ำมีผลต่ออัตราการสูบน้ำและสมรรถนะการทำงานของระบบ (ภูวดล พรหมชา, บุชริน เบ็ญใจ, สิทธิพันธ์ คล้ายแท้ และ ธิตวิวัฒน์ จินจรรยา, 2565) นอกจากนี้ งานศึกษาระบบสูบน้ำในบริบทอื่นยังสะท้อนว่า ความดันและการควบคุมความดันเป็นตัวแปรสำคัญที่สัมพันธ์กับสมรรถนะการสูบน้ำ (พยัพ สลับศรี, จิรวัดน์ สิตรานนท์, กิตติศักดิ์ วิธินันท์กิตต์, กรณ์ภูฏ นาคภิบาล และ ภาณุศักดิ์ มูลศรี, 2566) แม้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสะท้อนแนวโน้มปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบสูบน้ำและเทคโนโลยีทางเลือก แต่ในมิติการพัฒนาชุดสาธิตเพื่อการเรียนการสอนและการทดลอง ยังควรมีความเป็นมาตรฐานด้านตัวแปรทดลอง วิธีวัดที่ทำซ้ำได้และโครงสร้างที่ปลอดภัยและเรียบง่าย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างความสูงต้นน้ำ ความสูงส่งและอัตราการไหลได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งควรคำนึงถึงต้นทุนและการจัดหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้จริง (จิตพงษ์ ชินสันติ, 2554) ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมุ่งพัฒนาสื่อการสอนชุดสาธิตแรงดันน้ำโดยไม่ใช้ไฟฟ้า โดยประยุกต์หลักการแรงกระแทกของน้ำเพื่อสร้างแรงดันและส่งน้ำขึ้นสู่ระดับที่สูงกว่า ภายใต้กรอบการทดลองที่กำหนดระดับความสูงต้นน้ำและความสูงส่งที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อการสอนชุดสาธิตแรงดันน้ำโดยไม่ใช้ไฟฟ้า
2. เพื่อประเมินสมรรถนะของชุดสาธิตภายใต้ความสูงต้นน้ำและความสูงส่งต่างระดับ

วิธีการวิจัย

1. ออกแบบและหลักการทำงานของชุดสาธิตแรงดันน้ำ

เครื่องสาธิตแรงดันน้ำที่พัฒนาขึ้นเป็นอุปกรณ์ส่งน้ำแบบไม่ใช้ไฟฟ้า โดยอาศัยพลังงานจากการไหลของน้ำและความต่างระดับเพื่อสร้างแรงดันชั่วขณะจากปรากฏการณ์แรงกระแทกของน้ำ หลักการทำงานเริ่มจากน้ำไหลจากถังปล่อยน้ำซึ่งอยู่ระดับสูงผ่านท่อส่งน้ำเข้าด้วยความเร็วสูง เมื่อวาล์วกระแทกปิดอย่างฉับพลัน จะทำให้เกิดแรงดันสูงชั่วขณะในระบบแรงดันดังกล่าวจะผลักดันน้ำส่วนหนึ่งผ่านวาล์วกันกลับเข้าสู่ถังแรงดัน และสะสมพลังงานไว้ก่อนถูกส่งผ่านท่อส่งน้ำออกไปยังระดับสูงกว่าแหล่งน้ำต้นทาง จากนั้นเมื่อแรงดันลดลงวาล์วกระแทกจะกลับมาเปิดและเกิดวัฏจักรการตะบันซ้ำอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ระบบสามารถส่งน้ำได้แบบต่อเนื่องภายใต้เงื่อนไขที่มีน้ำไหลเข้าและมีความต่างระดับเพียงพอ

การกำหนดรูปแบบและขนาดองค์ประกอบของชุดสาธิตอ้างอิงจากแบบแปลนระบบตาม รูปที่ 1 โดยกำหนดความสูงต้นน้ำประมาณ 2.0 เมตร (ถังปล่อยน้ำ) ความยาวท่อส่งน้ำเข้า 4.0 เมตร และกำหนด ความสูงส่งประมาณ 5.0 เมตร จุดปลายทาง ทั้งนี้เพื่อให้สามารถสาธิตความสัมพันธ์ระหว่างความสูงต้นน้ำ ความสูงส่งกับอัตราการไหลน้ำส่งได้อย่างเป็นระบบ และเอื้อให้เกิดปรากฏการณ์แรงกระแทกน้ำได้ชัดเจนภายใต้การติดตั้งที่ควบคุมได้

ส่วนประกอบหลักและเกณฑ์การออกแบบ

1. แหล่งน้ำและความต่างระดับ

ระบบต้องมีความต่างระดับขั้นต่ำระหว่างแหล่งน้ำกับตำแหน่งติดตั้งเครื่องเพื่อให้เกิดพลังงานศักย์เพียงพอ โดยทั่วไปควรมีความต่างระดับไม่น้อยกว่า 0.5–1.0 เมตร และเมื่อความต่างระดับเพิ่มขึ้น พลังงานขับเคลื่อนสำหรับการส่งน้ำจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

2. ท่อส่งน้ำเข้า

เลือกใช้ท่อที่มีความแข็งแรงและคงรูปเพื่อให้เกิดแรงกระแทกได้ดี ความยาวท่อส่งน้ำเข้ามีผลต่อการเกิดคลื่นความดัน โดยแนวทางการออกแบบมักกำหนดให้ความยาวท่ออยู่ในช่วงประมาณ 3–7 เท่าของความสูงตกของน้ำ และต้องเลือกเส้นผ่านศูนย์กลางให้เหมาะสมเพื่อให้อัตราการไหลและความเร็วอยู่ในช่วงที่ก่อให้เกิดแรงดันกระชากได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. วาล์วกระแทก

เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดการปิดแบบฉับพลันซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแรงดันกระชาก วาล์วต้องเปิด-ปิดได้รวดเร็ว ทนแรงกระแทก และสามารถปรับตั้งน้ำหนัก สปริง ระยะเวลาให้สอดคล้องกับอัตราการไหล เพื่อให้เกิดจังหวะการตะบันสม่ำเสมอ

4. วาล์วกักเก็บ

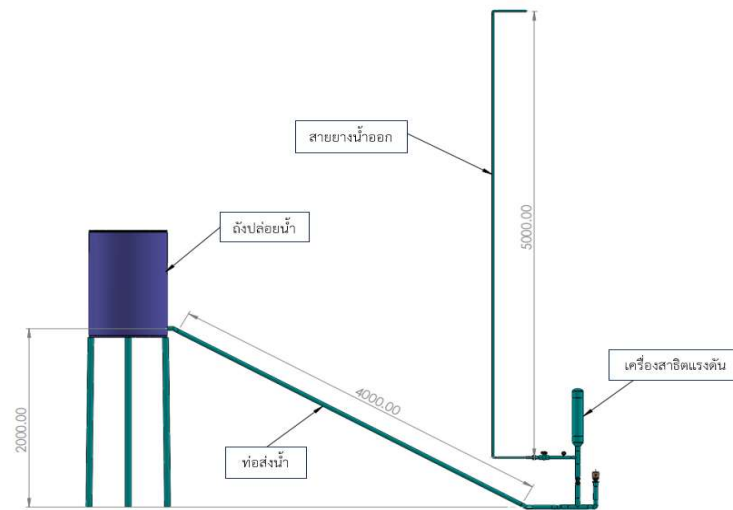
ทำหน้าที่ให้น้ำไหลเข้าสู่ถึงแรงดันทางเดียวและต้องปิดสนิทเพื่อรักษาแรงดันที่เกิดขึ้น ลดการไหลย้อนกลับ ซึ่งมีผลต่อความต่อเนื่องของการส่งน้ำ

5. ถังแรงดัน

ทำหน้าที่สะสมแรงดันและทำให้การส่งน้ำมีความราบเรียบขึ้น โดยอากาศภายในถังช่วยลดซับแรงกระแทกและลดความผันผวนของแรงดัน ขนาดถังและปริมาตรอากาศมีผลต่อเสถียรภาพของการทำงานและสมรรถนะของการส่งน้ำ

6. ท่อส่งน้ำออก

ต้องออกแบบให้ทนแรงดันที่เกิดขึ้นจากการตะบันน้ำ ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่งออกมีผลต่อการสูญเสียพลังงานในระบบและส่งผลต่ออัตราการไหลน้ำส่งและความสูงส่งที่ทำได้จริง



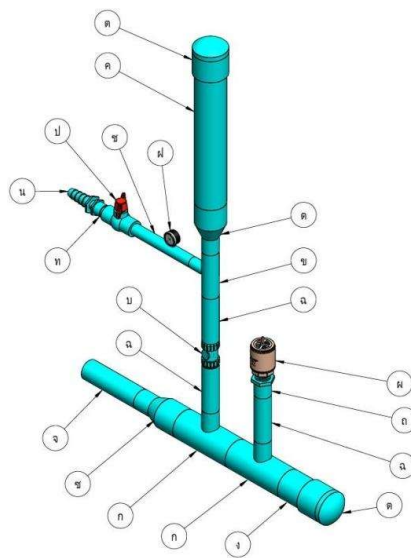
รูปที่ 1 Drawing เครื่องสาธิตแรงดันน้ำ

2. วัสดุและอุปกรณ์

การประกอบชุดสาธิตแรงดันน้ำ มีวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างต้นแบบแสดงดังรูปที่ 2 และมีการกำหนดรหัสชิ้นส่วน (ก-ผ) โดยสรุปรายการ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายการวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชุดสาธิตแรงดันน้ำ

รหัส	รายการ	ขนาด	จำนวน
ก	ข้อต่อสามทาง	1½ นิ้ว	2 ชิ้น
ข	ข้อต่อสามทางลด	1½ × ¾ นิ้ว	1 ชิ้น
ค	ท่อ PVC (ถังแรงดัน/ท่อขนาดใหญ่)	4 นิ้ว ยาว 500 มม.	1 ชิ้น
ง	ท่อ PVC	1½ นิ้ว ยาว 150 มม.	1 ชิ้น
จ	ท่อ PVC	1½ นิ้ว ยาว 200 มม.	1 ชิ้น
ฉ	ท่อ PVC	1½ นิ้ว ยาว 100 มม.	1 ชิ้น
ช	ข้อต่อลด (Reducer)	1½ × 1¼ นิ้ว	1 ชิ้น
ด	ข้อต่อลด (Reducer)	4 × 1½ นิ้ว	1 ชิ้น
ต	ฝาครอบ/ฝาปิด (Cap)	4 นิ้ว	1 ชิ้น
ถ	ข้อต่อเกลียวนอก	1½ นิ้ว	2 ชิ้น
ท	ข้อต่อเกลียวนอก	¾ นิ้ว	1 ตัว
น	ข้อต่อท่อน้ำ	½ นิ้ว	1 ตัว
บ	วาล์วกันกลับแบบสปริง	1½ นิ้ว	1 ตัว
ป	บอลวาล์ว (Ball valve)	¾ นิ้ว	1 ตัว
ผ	วาล์วหัวดูดน้ำ/วาล์วกระแทก	1½ นิ้ว	1 ตัว
ฝ	เกจวัดแรงดัน	0-7 bar	1 ตัว



รูปที่ 2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

3. การประกอบและการติดตั้งชุดทดลอง

การประกอบและการติดตั้งชุดทดลอง แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนด้วยกัน ดังต่อไปนี้

3.1 ชุดถังแรงดันอากาศ

1. เตรียมท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว ความยาว 50 ซม.
2. ทำความสะอาดผิวท่อและข้อต่อ จากนั้นทากาวทาท่อและประกอบฝาครอบขนาด 4 นิ้ว เพื่อปิดด้านบนให้สนิท



3. ที่ด้านล่างของถังแรงดัน ประกอบด้วย ข้อต่อลด 4 นิ้ว เป็น 1½ นิ้ว เพื่อใช้เชื่อมต่อกับส่วนของระบบด้านล่าง
- 3.2 ชุดกระบอกแวนอนรับแรงดันน้ำ
 1. นำท่อ PVC ขนาด 1½ นิ้ว ต่อเข้ากับข้อต่อสามทางขนาด 1½ นิ้ว ลด 1¼ นิ้ว โดยประกอบให้แน่นและชิดตามแนวท่อ
 2. ที่ปลายทางออก ขนาด 1½ นิ้ว ให้ต่อกับข้อต่อตรงขนาด 1½ นิ้ว แล้วติดตั้งซีควาล์วบานสวิงทองเหลือง ขนาด 1½ นิ้ว
 3. ดำเนินการติดตั้งวาล์วกระแทก ขนาด 1½ นิ้ว ในลักษณะเดียวกันทั้ง 2 ตำแหน่ง ตามการออกแบบ
 4. ตรวจสอบ ทิศทางลูกศรบนตัวซีควาล์ว ให้ถูกต้อง ดังนี้
 - ซีควาล์วที่ต่อเข้ากับชุดถังแรงดันอากาศโดยให้ลูกศรชี้ไปทางชุดถังแรงดันอากาศ
 - ซีควาล์วอีกตำแหน่งโดยให้ลูกศรชี้ลงด้านล่าง
 5. แนะนำให้หันแนวท่อบางไปทางด้านหลัง เพื่อช่วยลดการกระเด็นของน้ำขณะระบาย
- 3.3 ชุดจ่ายน้ำ
 1. ติดตั้ง ข้อต่อสามทาง 1½ นิ้ว ลด ¾ นิ้ว ในตำแหน่งเชื่อมต่อระหว่างชุดกระบอกแวนอนรับแรงดันน้ำ และชุดถังแรงดันอากาศ
 2. ที่ปลายทางออกของชุดจ่ายน้ำ ติดตั้งวาล์วขนาด ¾ นิ้ว เพื่อใช้ควบคุมการไหล/การจ่ายน้ำ



รูปที่ 3 ชุดสาธิต (ภาพจริง)

4. การกำหนดตัวแปรและเงื่อนไขการทดลอง

4.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)

- ความสูงต้นน้ำ (Supply Head), $H_s = 1, 2, 3$ เมตร
- ความสูงส่ง (Delivery Head), $H_d = 3, 4, 5$ เมตร

4.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

- อัตราการไหลน้ำส่ง (Q_d)
- อัตราการไหลน้ำทิ้ง (Q_w)
- สัดส่วนน้ำทิ้ง (R_w)
- กำลังไฮดรอลิกของน้ำส่ง (P_d)

4.3 ตัวแปรควบคุม (Controlled Variables)

- ชนิดน้ำ อุณหภูมิใกล้เคียงกัน สเปกท่อวาล์วคงที่ และวิธีการวัดเดียวกัน
- การติดตั้งและระดับอุปกรณ์คงที่ ระยะเวลารอให้ระบบคงตัวก่อนเก็บข้อมูลเท่ากันทุกเงื่อนไข

5. วิธีการวัดและการเก็บข้อมูล

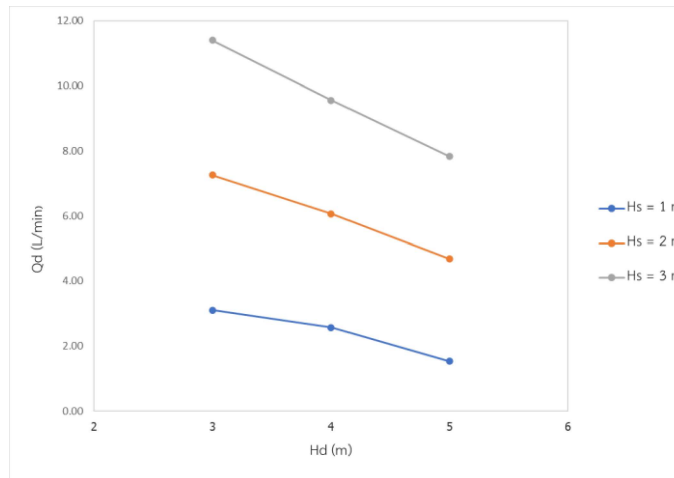
- 5.1 ประกอบชุดสาธิตตามแผนผังระบบ (รูปที่ 1) และตรวจสอบการรั่วซึมของข้อต่อทุกจุด
- 5.2 กำหนดความสูงต้นน้ำ โดยปรับระดับถังให้ได้ 1, 2 และ 3 เมตร โดยวัดจากระดับผิวน้ำถึงแกนท่อทางเข้า
- 5.3 กำหนดความสูงส่ง โดยปรับระดับปลายทางส่งให้ได้ 3, 4 และ 5 เมตร โดยวัดจากแกนบีมชุดวาล์วถึงระดับปลายทาง
- 5.4 เริ่มเดินระบบและรอให้การทำงานคงตัว เป็นเวลา 2-5 นาที ก่อนเริ่มเก็บข้อมูล

2566; วิวัฒน์ อ่อนนาคกล้า, 2568) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาในมุมการใช้งานเชิงบริบท ระบบสูบน้ำสำหรับการเกษตรในพื้นที่ห่างไกล หรือพื้นที่ราบสูงมีความจำเป็นต้องอาศัยแนวทางที่ลดการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าและเพิ่มความเหมาะสมของระบบกับสภาพพื้นที่ งานด้านระบบสูบน้ำและกักเก็บน้ำจากพลังงานสะอาด รวมถึงเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และการควบคุมระบบจ่ายน้ำ แสดงให้เห็นทิศทางการพัฒนาระบบน้ำเพื่อการเกษตรที่เน้นความเหมาะสมและประสิทธิภาพของระบบ (ดำรงศักดิ์ ชักชะโร และ คณะ, 2568; ปรัชญา มุขตา และ คณะ, 2565; นิมิตร ศรียาภย และ คณะ, 2567) ซึ่งสนับสนุนความสำคัญของการพัฒนาชุดสาธิตในงานนี้ให้สามารถใช้เรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างระดับของน้ำต้นทาง (หัวน้ำ) – อัตราการไหล – พลังงานได้อย่างเป็นระบบ

ตารางที่ 2 ผลการทดลองของชุดสาธิตแรงดันน้ำภายใต้ระดับความสูงต้นน้ำและความสูงส่ง

H_s (m)	H_d (m)	Q_d (L/min)	Q_w (L/min)	R_w (%)	P_d (W)
1	3	3.10	129.90	97.67	1.521
1	4	2.57	130.43	98.07	1.681
1	5	1.53	131.47	98.85	1.251
2	3	7.25	179.75	96.12	3.556
2	4	6.06	180.94	96.76	3.963
2	5	4.68	182.32	97.50	3.826
3	3	11.40	217.60	95.02	5.592
3	4	9.55	219.45	95.83	6.246
3	5	7.83	221.17	96.58	6.401

2. ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงส่ง (H_d) และอัตราการไหลน้ำส่ง (Q_d) ภายใต้ความสูงต้นน้ำ (H_s) ต่างระดับ



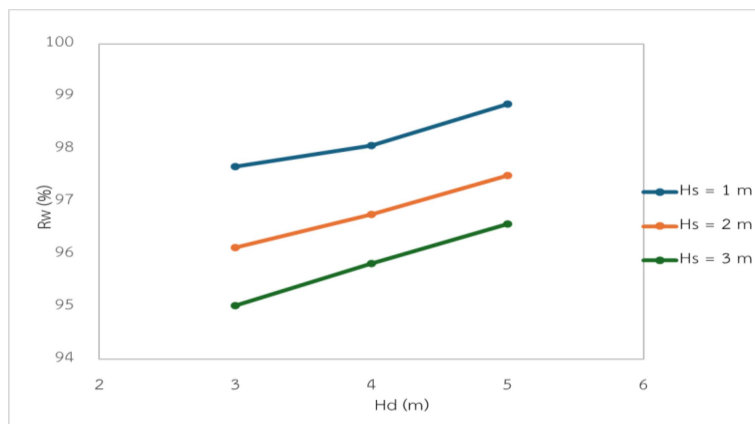
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงส่งและอัตราการไหลน้ำส่ง ภายใต้ความสูงต้นน้ำต่างระดับ

จากรูปที่ 4 พบว่าเมื่อความสูงส่ง (H_d) เพิ่มขึ้น อัตราการไหลน้ำส่ง (Q_d) มีแนวโน้มลดลงอย่างสม่ำเสมอในทุกๆระดับความสูงต้นน้ำ (H_s) กล่าวคือ ที่ H_s เท่ากับ 1 เมตร ค่า Q_d ลดจาก 3.10 เป็น 2.57 และ 1.53 ลิตรต่อวินาที เมื่อ H_d เพิ่มจาก 3 เป็น 4 และ 5 เมตร ตามลำดับ ขณะที่ H_s เท่ากับ 2 เมตร ค่า Q_d ลดจาก 7.25 เป็น 6.06 และ 4.68 ลิตรต่อวินาที และ H_s เท่ากับ 3 เมตร ค่า Q_d ลดจาก 11.40 เป็น 9.55 และ 7.83 ลิตรต่อวินาที ตามลำดับ แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนว่าการเพิ่ม H_d ทำให้การระคายกรณน้ำสูงขึ้น และทำให้การสูญเสียพลังงานในระบบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ถูกส่งขึ้นปลายทางลดลง แม้ระบบยังสามารถสร้างแรงดันชั่วคราวจากปรากฏการณ์แรงกระแทกของน้ำเพื่อผลักดันน้ำผ่านวาล์วกันกลับได้ก็ตาม ผลที่ได้มีความสอดคล้องกับรายงานการพัฒนาชุดสาธิตระดับต้นน้ำและงานศึกษาสมรรถนะเครื่องตบ่น้ำที่พบว่าเมื่อความสูงส่งเพิ่มขึ้น อัตราการไหลน้ำส่งมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (สุธรรม โรจนเมฆา, พิทยา สุขจินดา, สันติ ไทยยีนวงษ์ และ รมกร เทพวงษ์, 2563)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบที่ H_d คงที่ พบว่า Q_d เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อ H_s เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่นที่ H_d เท่ากับ 4 เมตร ค่า Q_d เพิ่มจาก 2.57 (เมื่อ H_s เท่ากับ 1 เมตร) เป็น 6.06 (เมื่อ H_s เท่ากับ 2 เมตร) และ 9.55 ลิตรต่อนาที (เมื่อ H_s เท่ากับ 3 เมตร) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า H_s ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานขับเคลื่อนของระบบ โดย H_s ที่สูงขึ้นเพิ่มพลังงานศักย์ของน้ำ และเอื้อต่อการเกิดแรงดันกระชากในท่อส่งน้ำเข้าทำให้สามารถผลักดันน้ำเข้าสู่ถังแรงดันและส่งต่อไปยังท่อส่งน้ำออกได้มากขึ้น กลไกดังกล่าวสอดคล้องกับงานที่ชี้ว่า องค์ประกอบและการทำงานของวาล์วทั้งน้ำและลื่นทั้งน้ำ รวมถึงเงื่อนไขของความต่างระดับของน้ำต้นทางเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดอัตราการสูบและอัตราการไหลน้ำส่งของเครื่องตะบันน้ำ (ภูวดล พรหมชา และคณะ, 2565)

โดยสรุป ผลการทดลองในรูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยน (trade-off) ระหว่าง H_d และ Q_d กล่าวคือ การเพิ่ม H_d ทำให้ Q_d ลดลง ขณะที่การเพิ่ม H_s ทำให้ Q_d เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการออกแบบหรือกำหนดเงื่อนไขการใช้งานของชุดสชาติ ควรเลือกช่วง H_s - H_d ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การสชาติ การใช้งาน และควบคุมเงื่อนไขการทำงานของวาล์วให้คงที่เพื่อให้ผลสะท้อนพฤติกรรมเชิงวิศวกรรมได้ชัดเจน (พยัพ สลับศรี และ คณะ, 2566)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงส่ง (H_d) และสัดส่วนน้ำทิ้ง (R_w) ภายใต้ความสูงต้นน้ำ (H_s) ต่างระดับ



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงส่งและสัดส่วนน้ำทิ้ง ภายใต้ความสูงต้นน้ำต่างระดับ

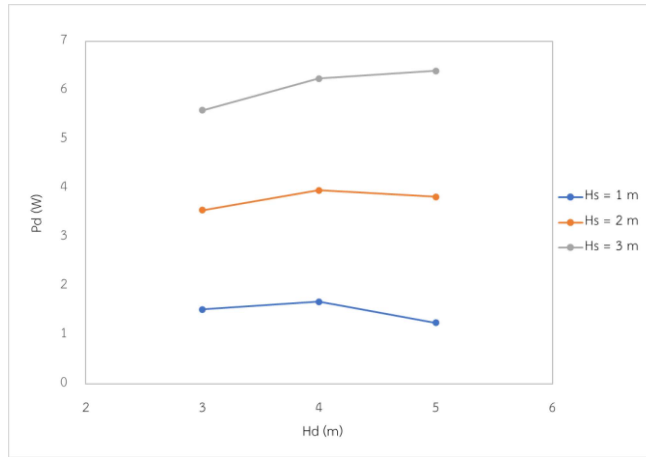
จากรูปที่ 5 พบว่า สัดส่วนน้ำทิ้ง (R_w) มีค่าอยู่ในช่วงสูงประมาณ 95.02–98.85% และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงส่ง (H_d) เพิ่มขึ้นในทุกระดับความสูงต้นน้ำ (H_s) กล่าวคือ ที่ H_s เท่ากับ 1 เมตร ค่า R_w เพิ่มจาก 97.67% เป็น 98.07% และ 98.85% เมื่อ H_d เท่ากับ 3, 4, และ 5 เมตร ตามลำดับ ขณะที่ H_s เท่ากับ 2 เมตร ค่า R_w เพิ่มจาก 96.12% เป็น 96.76% และ 97.50% และ H_s เท่ากับ 3 เมตร ค่า R_w เพิ่มจาก 95.02% เป็น 95.83% และ 96.58% แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนว่า เมื่อเพิ่ม H_d ภาระงานของระบบสูงขึ้น ทำให้การส่งน้ำขึ้นปลายทางยากขึ้น ในเชิงพลังงานและการสูญเสียในระบบ ส่งผลให้สัดส่วนของน้ำที่ถูกระบายทิ้งผ่านวาล์วทั้งน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำที่สามารถส่งได้จริง

เมื่อเปรียบเทียบที่ H_d คงที่ พบว่า R_w มีแนวโน้ม ลดลงเมื่อ H_s เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น ที่ H_d เท่ากับ 3 เมตร H_d ลดลงจาก 97.67% เป็น 96.12% และ 95.02% เมื่อ H_s เท่ากับ 1, 2, และ 3 เมตร ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ความต่างระดับของน้ำต้นทางที่สูงขึ้นช่วยเพิ่มพลังงานขับของระบบ ทำให้ส่วนแบ่งพลังงานที่ถูกแปลงเป็นงานส่งน้ำมากขึ้น ส่งผลให้สัดส่วนน้ำทิ้งเมื่อเทียบกับน้ำรวมลดลง แม้ว่าปริมาณน้ำทิ้งเชิงปริมาตร (Q_w) จะยังมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการไหลรวมของระบบ ทั้งนี้ R_w ที่สูงเป็นลักษณะเฉพาะของเครื่องตะบันน้ำ ระบบสูบน้ำไม่ใช่ไฟฟ้าที่ต้องอาศัยการระบายทิ้งเพื่อสร้างแรงดันกระแทก (Water Hammer) ซึ่งสอดคล้องกับงานที่ศึกษาผลขององค์ประกอบวาล์วทั้งน้ำและลื่นทั้งน้ำต่ออัตราการสูบ โดยรายงานวาล์วทั้งน้ำเป็นตัวกำหนดสมดุล ระหว่างน้ำที่ถูกระบายทิ้งกับน้ำที่ถูกส่ง และการปรับโครงสร้างวาล์วสามารถทำให้สมรรถนะด้านอัตราการสูบและการสูญเสียเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีนัยสำคัญ (ภูวดล พรหมชา และคณะ, 2565)

ในเชิงตีความเพื่อการออกแบบชุดสชาติ ผลที่พบ (รูปที่ 5) ช่วยยืนยันว่า R_w เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่สะท้อนประสิทธิภาพเชิงน้ำของระบบ กล่าวคือ ค่า R_w ที่สูงหมายถึง การสูญเสียน้ำทิ้งมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่ผ่านระบบทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการทำงานของเครื่องตะบันน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีน้ำไหลต่อเนื่องมากกว่าพื้นที่ที่ต้องการประหยัดน้ำอย่างเข้มงวด นอกจากนี้ งานด้านการควบคุมตัวแปรเชิงความดันในระบบสูบน้ำยังสนับสนุนว่าเงื่อนไขความดัน/ภาระการส่ง

มีผลต่อสมรรถนะเชิงการสูบลและการสูญเสีย (พยัพ สลับศรี และคณะ, 2566) ดังนั้น การกำหนดช่วง $H_s - H_d$ และการตั้งค่า วาล์วทิ้งให้เหมาะสมจึงเป็นประเด็นสำคัญทั้งในมุมมองการสาคิหลักการและการประยุกต์ใช้จริง

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงส่ง (H_d) และกำลังไฮดรอลิกของน้ำส่ง (P_d) ภายใต้ความสูงต้นน้ำ (H_s) ต่างระดับ



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงส่งและกำลังไฮดรอลิกของน้ำส่งภายใต้ความสูงต้นน้ำต่างระดับ

จากรูปที่ 6 พบว่า กำลังไฮดรอลิกของน้ำส่ง (P_d) มีค่าอยู่ในช่วง 1.251–6.401 วัตต์ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อความสูงต้นน้ำ (H_s) เพิ่มขึ้น กล่าวคือที่ H_d เท่ากับ 3 เมตร ค่า P_d เพิ่มขึ้นจาก 1.521 วัตต์ (H_s เท่ากับ 1 เมตร) เป็น 3.556 วัตต์ (H_s เท่ากับ 2 เมตร) และ 5.592 วัตต์ (H_s เท่ากับ 3 เมตร) แนวโน้มดังกล่าว สามารถอธิบายได้จากสมการกำลังไฮดรอลิก ซึ่งว่า ค่า P_d แปรตามอัตราการไหลน้ำส่ง (Q_d) และความสูงส่ง (H_d) เมื่อ H_s สูงขึ้น พลังงานศักย์ของน้ำต้นทางมากขึ้น ส่งผลให้ระบบสร้างแรงดันกระชาก (Water Hammer) ได้มีประสิทธิภาพขึ้นและทำให้ Q_d สูงขึ้น จึงทำให้ P_d เพิ่มขึ้นไปด้วย ผลที่พบสอดคล้องกับแนวคิดในงานด้านระบบสูบน้ำที่ชี้ให้เห็นว่า ภาวะความดัน/หัวต่างระดับและอัตราการไหลเป็นตัวกำหนดสมรรถนะเชิงพลังงานของการสูบน้ำ และการปรับเงื่อนไขการทำงานที่เกี่ยวข้องกับความดันส่งผลต่อสมรรถนะของระบบสูบน้ำ (พยัพ สลับศรี และ คณะ, 2566; วิวัฒน์ อ่อนนาคกล้า, 2568)

เมื่อพิจารณาผลของความสูงส่ง (H_d) ภายใต้ H_s คงที่ พบว่า แนวโน้มของ P_d ไม่ได้เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรงเสมอไป โดย H_s เท่ากับ 1 เมตร ค่า P_d เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 1.521 วัตต์ (H_d เท่ากับ 3 เมตร) เป็น 1.681 วัตต์ (H_d เท่ากับ 4 เมตร) ก่อนลดลงเป็น 1.251 วัตต์ (H_d เท่ากับ 5 เมตร) ขณะที่ H_s เท่ากับ 2 เมตร ค่า P_d เพิ่มขึ้นจาก 3.556 วัตต์ เป็น 3.963 วัตต์ แล้วลดเล็กน้อยเป็น 3.826 วัตต์ ส่วน H_s เท่ากับ 3 เมตร ค่า P_d เพิ่มขึ้นเนื่องจาก 5.592 วัตต์ เป็น 6.246 วัตต์ และ 6.401 วัตต์ ทั้งนี้เป็นผลจากความสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยน ระหว่าง H_d และ Q_d กล่าวคือ เมื่อ H_d เพิ่มขึ้น ระบบต้องส่งน้ำขึ้นสูงขึ้นทำให้ Q_d มีแนวโน้มลดลง

ในเชิงการออกแบบและการสาคิ ผลลัพธ์นี้ชี้ว่า P_d เป็นตัวชี้วัดที่เหมาะสมสำหรับสื่อสารมิติพลังงานของการส่งน้ำ ควบคู่กับตัวชี้วัดด้านอัตราการไหล โดยเฉพาะเมื่อใช้เปรียบเทียบผลของการเพิ่ม H_s ซึ่งให้ผลเด่นชัดต่อการเพิ่ม P_d ในทุกระดับ H_d ขณะเดียวกัน การที่ P_d ไม่เพิ่มตาม H_d อย่างเป็นเชิงเส้นในบางกรณี ยังสะท้อนข้อจำกัดเชิงระบบของการสูบน้ำ และการสูญเสียในท่อ อุปกรณ์ ซึ่งเป็นประเด็นที่มักถูกนำมาพิจารณาในการออกแบบระบบสูบน้ำให้มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน (วิวัฒน์ อ่อนนาคกล้า, 2568) นอกจากนี้ งานที่ศึกษาองค์ประกอบวาล์วทิ้งน้ำของเครื่องตะบันน้ำยังสนับสนุนว่าการปรับการระบายทิ้งและพฤติกรรมวาล์วมีผลต่ออัตราการสูบลและสมรรถนะโดยรวม ซึ่งย่อมสะท้อนมายัง Q_d และ P_d ด้วย (ภูวดล พรหมชา และ คณะ, 2565) ดังนั้น การกำหนดช่วง $H_s - H_d$ และการตั้งค่าวาล์วให้เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญของการออกแบบชุดสาคิให้แสดงผลเชิงวิศวกรรม

สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดสาคิเครื่องแรงดันน้ำโดยไม่ใช้ไฟฟ้าโดยประยุกต์หลักการแรงกระแทกของน้ำ (water hammer) และประเมินสมรรถนะภายใต้ $H_s = 1-3$ เมตร และ $H_d = 3-5$ เมตร ผลการทดลอง พบว่า Q_d อยู่ในช่วง 1.53–11.40 ลิตรต่อวินาที

โดยเพิ่มขึ้นตามการเพิ่ม H_s และลดลงเมื่อ H_d เพิ่มขึ้น ขณะที่ R_w อยู่ในช่วง 95.02–98.85% สะท้อนลักษณะการทำงานที่มีน้ำทิ้งสูงของระบบตะบันน้ำ โดย R_w เพิ่มขึ้นเมื่อ H_d เพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยเมื่อ H_s เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ P_d อยู่ในช่วง 1.251–6.401 วัตต์ เพิ่มขึ้นเด่นชัดเมื่อ H_s เพิ่มขึ้น และแปรผันตามผลคูณของ Q_d และ H_d โดยภาพรวมชุดสาธิตสามารถใช้แสดงความสัมพันธ์เชิงวิศวกรรมระหว่างหัวต่างระดับ อัตราการไหลและตัวชี้วัดเชิงพลังงานของน้ำส่ง (กำลังไฮดรอลิก, P_d) ได้อย่างเป็นระบบเหมาะสำหรับการเรียนการสอนและการสาธิตในบริบทพื้นที่ที่เข้าถึงพลังงานจำกัด

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาตัวแปรด้านการออกแบบที่มีผลต่อสมรรถนะ โดยเสนอให้ทดสอบการปรับตั้งวาล์วทั้ง วาล์วก้นกลับ และปริมาตรถังแรงดัน เพื่อประเมินผลต่ออัตรา การไหลน้ำส่ง ความเสถียรการทำงาน และสัดส่วนน้ำทิ้ง
2. ขยายช่วงเงื่อนไขการใช้งานและตัวชี้วัดเพื่อการประยุกต์ใช้จริง ได้แก่ การเพิ่มช่วง H_s - H_d และทดลองความยาว ขนาดท่อ รวมถึงรายงานตัวชี้วัดเชิงประสิทธิภาพเพิ่มเติม เช่น อัตราส่วนการส่งน้ำ เพื่อใช้เปรียบเทียบและสื่อสารผลได้ชัดเจนขึ้น
3. ควรมีการทดสอบเปรียบเทียบกับปั้มน้ำไฟฟ้าภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน เพื่อประเมินการใช้พลังงานและต้นทุนเชิงปริมาณในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- ชัชฎาพร อินทรสุวรรณ และ กวิน ตันติเสวี. (2565). การจัดการกำลังผลสำหรับงานติดตั้งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ในหลายสถานที่ทำงาน. ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27* (จังหวัดเชียงราย).
- ชิตพงษ์ ชินสันติ. (2554). *การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินธุรกิจการผลิตเครื่องสูบน้ำประเภทท่อสูบน้ำการเกษตร แบบปรับความยาวได้* (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, สำนักหอสมุด.
- ดำรงศักดิ์ ชักกะโร, รชต สุขลพานิคม, เวชน์ วรุมต, พงศกร อนันตรทิวากร, ณัฐกร สุขมานนท์ และ ธงชาติ เกิดผล. (2568). การออกแบบระบบสูบและกักเก็บน้ำจากพลังงานสะอาดสำหรับการเกษตรบนพื้นที่ราบสูง. *Thailand Electrical Engineering Journal*, 5(3), 1–7.
- นิมิตร ศรียามัย, อารังศักดิ์ หมินน้ำหิรม และ ยุวดี มณีจารุบวร. (2567). เครื่องควบคุมระบบการจ่ายน้ำเพื่อการเกษตรสื่อสารระยะไกล. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา*, 8(2), 51–56.
- ปรัชญา มุขตา, อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก, ขวัญชัย หนาแน่น, ภาคย์ พรหมณ์แก้ว, อภิรัตน์ วงศ์ศุภชาติ และ ช่างชัย ชูปวา. (2565). เครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่. *วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี*, 3(3), 39–47.
- พยัพ สลับศรี, จิรวัดน์ สิตรานนท์, กิตติศักดิ์ วิธินันท์กิตต์, กรณัญญ์ นาคภิบาล และ ภาณุศักดิ์ มูลศรี. (2566). การศึกษาการควบคุมความดันเกจที่ส่งผลต่อการสูบน้ำของระบบสูบน้ำด้วยไอน้ำแบบอัตโนมัติ. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม*, 5(2), 223–238.
- ภูวดล พรหมชา, บุชริน เบ็ญใจ, สิทธิพันธ์ คล้ายแท้ และ ธิติวัฒน์ จินจรรยา. (2565). การศึกษาจำนวนลิ้นทิ้งน้ำที่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการสูบของเครื่องตะบันน้ำ. ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27* (จังหวัดเชียงราย).
- วิวัฒน์ อ่อนนาคกล้า. (2568). เปรียบเทียบการใช้พลังงานสำหรับการเดินเครื่องสูบน้ำชนิดปรับความเร็วรอบได้ร่วมกับเครื่องสูบน้ำชนิดความเร็วรอบคงที่ในระบบสูบน้ำดิบ. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และการวิจัยเชิงนวัตกรรม*, 3(2), 25–35.
- สุธรรม โรจนเมฆา, พิทยา สุขจินดา, สันติ ไทยยีนวงษ์ และ รณกร เทพวงษ์. (2563). เครื่องสาธิตการทดสอบตะบันน้ำขนาดเล็ก. *Rattanakosin Journal of Science and Technology*, 3(1), 49–57.